



UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

Vicerrectoría Académica

Escuela de Ciencias Exactas y Naturales

Sistema de Estudios de Posgrado

Maestría Profesional en Valuación

Modalidad Proyecto Profesional

VALUACIÓN ECONÓMICA DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO POR EL INCENDIO FORESTAL EN EL SECTOR POCOSOL, PARQUE NACIONAL GUANACASTE, ÁREA DE CONSERVACIÓN GUANACASTE, AÑO 2021

Presentado en cumplimiento del requisito para optar por el título de Magister en
Valuación

Alejandro José Campos Bogantes

San José, Costa Rica

Diciembre, 2021

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este trabajo final de graduación Valuación económica del daño ambiental ocasionado por el Incendio Forestal en el sector Pocosal, Parque Nacional Guanacaste, Área de Conservación Guanacaste, año 2021, fue aprobado por el tribunal examinador de la Maestría Profesional en Valuación, según lo estipula el Reglamento General Estudiantil (2012, artículo 105) y el Reglamento de Estudios de Posgrado (2013, artículo 59) como requisito para optar por el grado de:

MAGÍSTER EN VALUACIÓN

Dra. Mari Cruz Corrales Mora _____] _____
Dirección del Sistema de Estudios de Posgrado

M.Ag. Jeffrey Barrantes Gutiérrez _____] _____
Dirección de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales

M.V. Mainor Herrera Chavarría _____] _____
Coordinación de la Maestría en Valuación

M.V. William Murillo Montero _____] _____
Persona directora del Comité Asesor del Trabajo Final de Graduación

M.V. Bernal Alvarado Sánchez _____] _____
Persona Lector

M.Sc. Edwin Vega Araya _____] _____
Persona Lector

San José, diciembre, 2021

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Alejandro José Campos Bogantes, con número de cédula de identidad 2-0546-0932, estudiante de la Maestría Profesional en Valuación declaro bajo juramento que soy autor intelectual del presente trabajo final de graduación Valuación Económica del Daño Ambiental Ocasionado por el Incendio Forestal en el Sector Pocosol, Parque Nacional Guanacaste, Área de Conservación Guanacaste, año 2021, y no hay copia ni duplicación de material intelectual procedente de medios impresos, digitales o audiovisuales que se presente como de mi autoría.

Toda palabra dicha o escrita por otra persona consignada en este trabajo, está debidamente referenciada.

Alejandro José Campos Bogantes

Cédula 205460932

DEDICATORIA

A mis padres, Eduardo y Lidieth, quienes con su esfuerzo, enseñanzas, ejemplo y sobre todo, amor, me han permitido ser la persona y el profesional que hoy concluye esta meta.

A mi pareja Natalia, por todo su apoyo y soporte a lo largo de este proceso.

Alejandro José

AGRADECIMIENTOS

Al Maestro Valuador William Murillo Montero, director de este trabajo final de graduación, quien me acompañó durante todo este proceso, y es gracias a su dirección y valiosos aportes, que hoy lo concluyo satisfactoriamente.

Al Maestro Valuador Mainor Herrera Chavarría, Coordinador de la Maestría en Valuación, por su apoyo y colaboración brindada, para concluir exitosamente este proceso.

A los Maestros Bernal Alvarado Sánchez y Edwin Vega Araya, por su tiempo dedicado a la lectura del documento y sus aportes en el desarrollo del trabajo.

Al Personal del Programa de Manejo de Fuego del Área de Conservación Guanacaste: Julio Díaz, Didi Guadamuz, Sergio Cascante, María Luisa, Junior, por su amplia colaboración y facilidades que brindaron para realizar este proyecto de investigación. Gracias a todos por su importante labor.

A todo el personal del ACG – SINAC, involucrado en diferentes etapas del proyecto que, con su buena disposición, mística y sensibilidad por su trabajo, facilitaron los procesos que llevaron a la conclusión exitosa del trabajo.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ABREVIATURAS	
AM	Antes meridiano
°C	Grados Celsius
ha	Hectáreas
km ²	Kilómetros cuadrados
m	Metros
mm	Milímetros
PM	Pasado meridiano
ACRÓNIMOS	
ACA	Área de Conservación Arenal
ACAHN	Área de Conservación Huetar Norte
ACG	Área de Conservación Guanacaste
ACT	Área de Conservación Tempisque
APANAJUCA	Asociación para el Desarrollo del Parque Nacional Juan Castro Blanco
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
BCCR	Banco Central de Costa Rica
CAPM	Cost Assets Pricing Model
CCT	Centro Científico Tropical
DDP	Disposición de Pago
EMBI	Indicador de Bonos de Mercados Emergentes (siglas en inglés)
GEF	Fondo Global para el Medio Ambiente
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
IPS	Instituto de Políticas para la Sostenibilidad
IPC	Índice de precios al consumidor
MINAE	Ministerio Nacional de Ambiente y Energía
OIJ	Organismo de Investigación Judicial
OSD	Otras Sociedades de Depósito
PMF	Programa de Manejo del Fuego
PNG	Parque Nacional Guanacaste
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNSR	Parque Nacional Santa Rosa
PNPV	Parque Nacional Palo Verde
PSA	Pago por Servicios Ambientales

RNVSCN	Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro
RENA's	Recursos Naturales y Ambientales
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SIG	Sistema de Información Geográfica
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SIRI	Sistema de Información del Registro Inmobiliario
SNIT	Sistema Nacional de Información Territorial
TBP	Tasa Básica Pasiva
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (siglas en inglés)
USA	United States of América
VAN	Valor Actual Neto
VET	Valor Económico Total
EPE	Evaluación del Potencial Ecológico

RESUMEN

El Área de Conservación Guanacaste (ACG), comprende un gran bloque geográfico de área protegida que va del Océano Pacífico hasta las tierras bajas del Caribe costarricense, integrando cuatro ecosistemas tropicales, ubicados en áreas bajo diferentes modalidades de protección.

El Parque Nacional Guanacaste (PNG), conjuntamente con el Parque Nacional Santa Rosa (PNSR), alberga el mayor hábitat de bosque seco de la región, y que representa la única oportunidad que tendrá la humanidad, de conocer y aprovechar un ecosistema de bosque seco, como el que existía en Mesoamérica, antes de la llegada de los españoles.

Actualmente y desde su creación, una de las principales amenazas en el Área de Conservación Guanacaste, son los incendios forestales; como el ocurrido en el Sector Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, en abril del 2021, donde el fuego afectó 679,80 hectáreas (ha) del parque.

En el presente estudio valuatorio, al igual que en cualquier otra valoración económica de bienes y servicios ambientales, se encuentra la particularidad que estos tienen precios reflejados en el mercado, por lo que, para su estimación, se recurre a métodos indirectos de valoración. Habiendo realizado una investigación documental de estudios de valoración relacionados con la valoración económica de daños ambientales en Costa Rica y de las diferentes metodologías aplicadas; se seleccionó la Metodología de Costos Biofísicos y Sociales, de G. Barrantes, IPS, como base para la evaluación económica de los daños causados por el incendio forestal en el sector Pocosol del PNG.

En el proceso de investigación, se demostró la existencia del daño ambiental, y se estableció la magnitud de la afectación al ecosistema bosque seco del Parque Nacional Guanacaste, atribuible al incendio forestal ocurrido en marzo del 2021. Por lo que el causante del daño, deberá compensar económicamente sobre este nivel del daño estimado, y cuyo valor monetario está determinado por el costo de restaurar el recurso hasta el nivel en que se encontraba antes del incendio; más el costo social por los servicios ecosistémicos perdidos durante el tiempo de recuperación; más los costos de atención del siniestro.

El costo de restauración del ecosistema; se estimó basado en el precepto que lo óptimo para recuperar el bosque seco del Parque Nacional Guanacaste, es evitar que sea quemado nuevamente; por lo que los rubros calculados, corresponden a las acciones de protección y los insumos humanos y financieros para lograrlo. Resultando en un monto para la restauración de los recursos afectados, por un monto de \$246 620,00

Para la estimación de los costos sociales, por los servicios ecosistémicos que la sociedad dejará de percibir, durante el tiempo de recuperación de los recursos; se aplicó la metodología de estimación indirecta del valor, denominada “transferencia del valor” o “trasferencia de beneficios”. El costo social por los beneficios perdidos a causa de incendio forestal en marzo del 2021, se estimó en \$74 639,00.

Los costos asociados con la atención del incendio, y que son imputables al causante del daño; incluyó para su estimación, todos los gastos en los que se incurrió para la atención del siniestro; resultando en un monto estimado en \$24 815,00

Finalmente, se estimó el costo económico total, por el daño ambiental ocasionado por el incendio forestal ocurrido en el Parque Nacional Guanacaste, en marzo del 2021, que incluye el costo de restauración del ecosistema afectado, más el costo social por los servicios ecosistémicos perdidos durante el tiempo de recuperación del recurso, más los costos de gestión del incendio; resultando en un total estimado en \$346 074,00

Con la valoración económica del daño causado por el incendio ocurrido en marzo del 2021; se monetiza la afectación causada por el incendio, con lo que se contribuye a la mejora en la gestión ambiental del Área de Conservación Guanacaste, ayudando a lograr un mayor entendimiento de las implicaciones económicas que representa la destrucción o alteración de un Área Silvestre Protegida (ASP), como es el Parque Nacional Guanacaste.

PALABRAS CLAVE: Incendios forestales, ecosistema bosque seco, evaluación económica del daño ambiental, metodología de valoración, Parque Nacional Guanacaste, Área de Conservación Guanacaste, incendio forestal, recursos naturales, costos biofísicos, costo social.

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL EXAMINADOR	i
DECLARACIÓN JURADA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iii
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	iv
RESUMEN	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xvi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.1. Antecedentes	7
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo General	8
1.2.2. Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Parques Nacionales	9
2.1.1. Ley de creación	9
2.1.2. Parque Nacional Guanacaste	9
2.1.3. Posicionamiento ambiental	14
2.1.4. Importancia estratégica	15
2.1.5. Riesgos	18
2.2. Marco legal de la tutela del uso de los bosques en Costa Rica	22
2.2.1. Ley Forestal N°7575	23
2.2.2. Valoración de los servicios ambientales de los bosques en Costa Rica	24
2.3. Conceptos y fórmulas financieras, aplicables en la valoración económica relacionada con la cuantificación del daño ambiental	25

CAPÍTULO III.....	29
MARCO CONTEXTUAL.....	29
3.1 Caracterización de la zona de estudio	29
3.1.1 Parque Nacional Guanacaste	29
3.1.2 Sector Pocosol.....	33
3.1.3 Caracterización ecológica	34
3.1.4 Bosque Seco Tropical.....	37
3.1.5 Sucesión Natural del Bosque Seco.....	37
3.1.6 Incendio en el Sector Pocosol.....	39
3.1.6.1 Vulnerabilidad del Sector Pocosol.....	44
3.1.6.2 Amenazas asociadas al Sector Pocosol	45
3.2 Enfoques	47
3.2.1 Enfoque teórico de la economía ambiental	47
3.2.1.1 Evaluación económica ambiental.....	47
3.2.1.2 La economía circular.....	48
3.2.1.3 Bienes sin precio en el mercado	48
3.2.1.4 El precio, la utilidad y la preferencia.....	49
3.2.2 Enfoque de la valoración económica del daño	50
3.2.2.1 Caracterización de los bienes de biodiversidad	50
3.2.2.2 El valor económico de los bienes y servicios ambientales	50
3.2.2.3 Ecuación del Valor Económico Total (VET)	51
3.2.3 Marco de definición de los servicios ecosistémicos.....	54
3.3 Clasificación de los métodos de valoración económica de los bienes y servicios ambientales.....	56
3.3.1 Métodos de valoración directa	57
3.3.2 Métodos de valoración indirecta (valores sustitutivos de mercado)	58
3.4 Estudios que documentan sobre métodos de valoración del daño ambiental aplicados en Costa Rica	59
3.4.1 Evaluación económica del daño ambiental causado por los incendios forestales en Costa Rica, E. Vega, 2004.....	59
3.4.2 La valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad: la experiencia de Costa Rica, Moreno, 2005	60

3.4.3	Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los RENA's, Moreno, 2020	63
3.4.4	Los estudios presentados y el método más comúnmente utilizado	64
3.5	Selección de las metodologías por utilizar en el trabajo de investigación	64
3.5.1	Selección de metodología en flujograma	65
3.5.2	Análisis y justificación técnica en la selección de las metodologías por utilizar en la investigación	66
3.5.3	Metodología para la evaluación económica de daños ambientales, Barrantes, 2011	67
3.5.3.1	Transferencia de valor o transferencia de beneficios, aplicado para el costo social en la “Metodología para la evaluación económica de daños ambientales”, Barrantes, 2011	71
CAPÍTULO IV.....		74
MARCO METODOLÓGICO		74
4.1.	Paradigma	74
4.2.	Enfoque de la investigación	75
4.3.	Tipo de investigación	75
4.4.	Fuentes de información	76
4.4.1.	Información primaria	76
4.4.2.	Información secundaria.....	77
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de información	78
4.6.	Validación de instrumentos	82
4.7.	Procedimientos de recolección de información	82
4.7.1.	Desglose analítico de variables.....	82
4.8.	Procedimientos de análisis de información	87
4.8.1.	Descripción del proceso de investigación	88
4.8.1.1.	Etapa 1. Evaluación del nivel de daño ocasionado	88
4.8.1.2.	Etapa 2. Evaluación económica del daño ambiental	92
CAPÍTULO V.....		95
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		95
5.1.	Resultados alcanzados.....	95

5.1.1.	Evaluación del nivel del daño ocasionado.....	95
5.1.1.1.	Determinación de los criterios que describen la importancia del sitio donde ocurrió el incendio	95
5.1.1.2.	Identificación evaluación y análisis de los recursos naturales afectados por el incendio	96
5.1.1.3.	Identificación de los beneficios sociales aportados, por cada uno de los recursos naturales afectados por el incendio en el PNG	101
5.1.1.3.1.	Definición de indicadores para evaluar el estado de conservación ...	104
5.1.1.3.2.	Ponderación de los indicadores seleccionados.....	106
5.1.1.3.3.	Evaluación y cálculo del estado de conservación inicial del recurso ..	107
5.1.1.4.	Índice de afectación de la zona de estudio	111
5.1.1.5.	Evaluación y análisis del nivel del daño ocasionado, visto como la diferencia entre los estados de conservación inicial y final.....	113
5.1.2.	Cantidad de tiempo estimado para la restauración	117
5.1.3.	Acciones necesarias para la restauración.....	118
5.1.4.	Evaluación económica del daño ambiental	120
5.1.4.1.	Evaluación económica del daño ambiental - aspectos biofísicos	120
5.1.4.1.1.	Estimación del costo de restauración del ambiente afectado	121
5.1.4.2.	Evaluación económica del daño ambiental – aspecto social	128
5.1.4.2.1.	Estimación del costo social	128
5.1.4.3.	Evaluación económica del daño ambiental – otros costos (gastos de gestión del incendio)	140
5.1.4.4.	Estimación del Costo Total	143
5.2.	Análisis de razonabilidad de los resultados obtenidos	144
5.2.1.	Cuadro comparativo con otros estudios de valoración	144
5.2.2.	Análisis del cuadro comparativo.....	145
CAPÍTULO VI.....		150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		150
6.1.	Conclusiones	150
6.2.	Recomendaciones	152
CAPÍTULO VII.....		154
PROPUESTA DE VALORACIÓN.....		154

7.1.	Esquema y descripción de la propuesta.....	154
7.2.	Objetivo general.....	154
7.2.1.	Flujograma del modelo	155
	Bibliografía	158
	Apartado de anexos	162
	Anexo 1. Modelo de valoración para la evaluación económica del daño ambiental ocasionado por un incendio forestal en el ACG.....	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del ACG en el mapa de Costa Rica.	2
Figura 2: Visita realizada al sector Pocosol del PNG, afectada por el incendio forestal ocurrido en marzo del 2021.	4
Figura 3: Mapa que muestra en puntos la propuesta para ampliar el bosque seco.	11
Figura 4: Mapa del PNG, creado con Decreto 20516-MINEREM del 9 de julio de 1991.	12
Figura 5: Estructura organizacional del ACG.	13
Figura 6: Mapa que muestra el ACG como bloque administrativo y de manejo.	14
Figura 7: Ecosistemas del ACG.	15
Figura 8: Mapa de la distribución del bosque seco en el Pacífico Mesoamericano.	17
Figura 9: Ocurrencia - Recurrencia de incendios en el ACG, período 1997-2017.	21
Figura 10: Número de incendios por sectores en el ACG, período 1997-2017.	22
Figura 11: Fórmula del Valor Actual Neto (VAN).	26
Figura 12: Fórmula de la tasa de descuento seleccionada.	27
Figura 13: Linderos del Parque Nacional Guanacaste, definidos en el Decreto N°20516-MINEREM.	30
Figura 14: Parque Nacional Guanacaste (en color verde limón), división política por distritos.	31
Figura 15: División por sectores del Área de Conservación Guanacaste.	32
Figura 16: Ubicación del sector Pocosol en la Cartografía a escala 1:50 000.	34
Figura 17: Área del incendio y contorno del PNG, sobre la Cartografía a escala 1: 50 000.	40
Figura 18: Visita realizada al sector afectado por el incendio forestal.	44
Figura 19: Fórmula del Valor Económico Total.	52
Figura 20: Valor Económico Total (VET).	53
Figura 21: Diagrama de flujo de la valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales.	57
Figura 22: Flujograma 1. Selección de metodología en diagrama de flujo de la valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales.	65
Figura 23: Flujograma 2. Selección del método en diagrama de clasificación de las metodologías de valoración económica de RENA's.	66
Figura 24: Fórmula matemática que expresa el daño ocasionado al recurso.	69
Figura 25: Gráfico que muestra la diferencia entre la evolución del medio ambiente “sin” y “con” la acción humana.	70
Figura 26: Lista de expertos consultados, detalle y contacto.	80
Figura 27: Formulario 1. Importancia relativa de los indicadores, para la evaluación global del recurso.	80
Figura 28: Formulario 2. Importancia relativa de los indicadores, asignándole su respectivo valor porcentual.	80
Figura 29: Formulario 3. Valoración del estado de conservación del sitio, antes de la afectación.	81

Figura 30: Formulario 4. Valoración del índice de afectación del sitio.....	81
Figura 31: Formulario 5. Estados de conservación inicial y final, e índice de afectación. ..	81
Figura 32: Formulario 6. Estimación del tiempo de restauración.	82
Figura 33: Fórmula del Costo Total.	94
Figura 34: Listado y definición de los beneficios que se derivan de los recursos naturales	101
Figura 35: Calificación de la importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso.	106
Figura 36: Ponderación de los indicadores seleccionados en la evaluación del recurso.	107
Figura 37: Resultado de la ponderación de los indicadores seleccionados para la evaluación del recurso.....	107
Figura 38: Fórmula de valoración promedio del estado de conservación inicial para el indicador j.	108
Figura 39: Fórmula del estado de conservación inicial del recurso natural.	108
Figura 40: Evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes del incendio.	109
Figura 41: Resultado de la evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes del incendio.	110
Figura 42: Grafico valoración del estado de conservación inicial antes de la intervención.	111
Figura 43: Fórmula de la valoración promedio del índice de afectación para el indicador j.	112
Figura 44: Fórmula de la evaluación del nivel de afectación del recurso natural r.	112
Figura 45: Valoración del índice de afectación del ecosistema bosque seco del PNG.....	113
Figura 46: Resultados de la evaluación del índice de afectación al ecosistema bosque seco del PNG.....	113
Figura 47: Fórmula del estado de conservación final del recurso natural.	114
Figura 48: Resultados del estado de conservación inicial, final e índice de afectación. ...	114
Figura 49: Gráfico del estado de conservación final del sitio afectado.....	115
Figura 50: Fórmula del daño ambiental ocasionado.	115
Figura 51: Gráfico de la evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes, y después del incendio.....	116
Figura 52: Formulario del tiempo de restauración de los indicadores.	117
Figura 53: Tiempos estimados de restauración.	118
Figura 54: Área efectiva, donde las labores de vigilancia y protección, influyen en el control del fuego en Sector Pocosol, PNG.	123
Figura 55: Tabla de costos de las acciones e insumos requeridos para la restauración del ecosistema afectado.	127
Figura 56: Fórmula de la compensación social por el daño sufrido.	129
Figura 57: Fórmula del Valor Presente.	135
Figura 58: Valor de los servicios ecosistémicos por año para cada una de las coberturas.	138

Figura 59: Costos sociales por año y valor presente total.....	139
Figura 60: Hoja de cálculo, para el estimado económico del desgaste de los vehículos y maquinaria en la atención del incendio.....	142
Figura 61: Tabla de cálculo de los costos asociados a la gestión del incendio.....	143
Figura 62: Flujograma del modelo de valoración.....	157
Figura 63: Formulario propuesto para el levantamiento de información en sitio.....	163
Figura 64: Formulario propuesto para levantar la lista de expertos para la sesión de trabajo.....	164
Figura 65: Tabla propuesta para presentar los criterios que le dan relevancia al sitio afectado.....	164
Figura 66: Tabla propuesta para identificar los aportes del capital natural para cada uno de los recursos afectados.....	166
Figura 67: Tabla propuesta para presentar los servicios ecosistémicos que aporta el recurso global evaluado.....	166
Figura 68: Tabla propuesta para la ponderación de los indicadores en la sesión de trabajo con los expertos.....	167
Figura 69: Tabla propuesta para presentar los resultados de la ponderación de los indicadores.....	168
Figura 70: Tabla propuesta para la valoración del estado de conservación del sitio, antes de la afectación.....	169
Figura 71: Tabla propuesta para presentar los resultados de la valoración del estado del sitio, antes de la afectación.....	170
Figura 72: Tabla propuesta para la valoración del índice de afectación.....	171
Figura 73: Tabla propuesta para presentar los resultados de la valoración del índice de afectación.....	172
Figura 74: Tabla propuesta para presentar los resultados de la evaluación de los estados de conservación inicial y final.....	172
Figura 75: Tabla propuesta para la estimación de los tiempos de restauración de los recursos afectados.....	173
Figura 76: Tabla propuesta para presentar los resultados de los tiempos estimados de restauración para cada indicador.....	174
Figura 77: Tabla propuesta para el cálculo de los gastos de gestión al incendio.....	177

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Humedales existentes en el Sector Pocosol del PNG.	36
Cuadro 2: Área afectada por tipo de vegetación.....	41
Cuadro 3: Humedales existentes en el Sector Pocosol del PNG.	42
Cuadro 4: Área afectada por tipo de vegetación (incluye humedales).	42
Cuadro 5: Personal participante en la atención del incendio.	43
Cuadro 6: Equipo y herramientas utilizados.....	43
Cuadro 7: Síntesis de Evaluación del daño ambiental del incendio de abril 2004 en el Parque Nacional Palo Verde, (Vega, 2004).....	60
Cuadro 8: Síntesis de métodos empleados en procesos de valoración relacionados con la cuantificación del daño ambiental, (Moreno M., 2005).....	61
Cuadro 9: Síntesis de metodologías recomendadas en el Protocolo de valoración económica del daño ambiental (para la Cuantificación del Daño Ambiental), SINAC, 2014.	63
Cuadro 10: Síntesis desglose analítico de variables.....	83
Cuadro 11: Criterios que describen la importancia del sitio.	95
Cuadro 12: Relación entre la acción humana Quemadas e Incendios, y los recursos naturales posiblemente afectados.	97
Cuadro 13: Síntesis de los grupos y recursos posiblemente afectados por el incendio.	97
Cuadro 14: Recursos naturales afectados por el incendio.....	100
Cuadro 15: Beneficios sociales aportados por el capital natural por cada recurso natural afectado.....	102
Cuadro 16: Identificación de los beneficios sociales aportados por el ecosistema Bosque Seco del PNG, Sector Pocosol.....	102
Cuadro 17: Identificadores definidos para la evaluación del estado de conservación.....	104
Cuadro 18: Acciones necesarias para la restauración.....	119
Cuadro 19: Áreas efectivas, donde las labores de vigilancia y protección influyen directamente en el control del fuego del Sector Pocosol, PNG.	122
Cuadro 20: Valor estimado en el estudio original, para bosques primarios, bosque secundario y pastizales, al año de validación del estudio.	134
Cuadro 21: Valor por hectárea, deflactado al año base por IPC.	136
Cuadro 22: Monto por restar a los valores obtenidos, que simboliza la recuperación del recurso por año.....	137
Cuadro 23: Acciones ejecutadas e insumos utilizados en la gestión del incendio.....	140
Cuadro 24: Comparativo con otros estudios de valoración de daño ambiental por incendios forestales.....	144

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

En Costa Rica, las áreas silvestres protegidas y los recursos forestales en general, se ven amenazados por diversas actividades, tales como la cacería, los incendios forestales, la invasión, la tala legal y la extracción de recursos (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021).

El incendio forestal, entendido como el fuego que se propaga sin control, en cualquier tipo de ecosistema, producto de la acción humana o natural, ocasionando daños ecológicos, climáticos, económicos y sociales; ha sido y es una de las principales amenazas del Área de Conservación Guanacaste (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021). A efectos de ubicar al lector respecto a la localización geográfica del sitio en estudio, en la Figura 1, se muestra la ubicación de las áreas que componen el ACG en el mapa de Costa Rica.

Los primeros esfuerzos del país, para el control de incendios forestales, data del año 1978, en el Parque Nacional Santa Rosa, con el apoyo de voluntarios del Cuerpo de Paz (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021). Posteriormente, en la década de los ochenta, la Dirección General Forestal (DGF), llevó a cabo procesos de capacitación y formación de personal, a nivel nacional e internacional, en el manejo del fuego.

Consecuentemente, dados estos procesos formativos y a la experiencia adquirida, se estableció mecanismos de protección en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP), que han logrado la disminución de las superficies afectadas por incendios forestales en los últimos años.

Actualmente el trabajo del manejo del fuego en Costa Rica se rige por la “Estrategia Nacional de Manejo del Fuego”, que dicta la pauta por seguir, en lo referente a planificación, seguimiento y evaluación de las diferentes acciones en la materia; oficializada esta, por el Decreto Ejecutivo N°29149-MINAE.

Durante la época seca, los incendios son uno de los principales problemas de las ASP en Costa Rica, y no es la excepción para el Parque Nacional Guanacaste en el ACG; fuegos

que son, mayoritariamente, producto de actividades humanas, de manera involuntaria o en forma premeditada. Son estos, el resultado, muchas veces, de una problemática de desigualdad social, carencia de tenencia de tierra, ausencia de una cultura de conservación, cultura de uso del fuego, desinformación, desconocimiento, políticas mal orientadas o desconocidas, proyectos y propuestas ambientales fuera de contexto en la realidad socioeconómica nacional (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021).

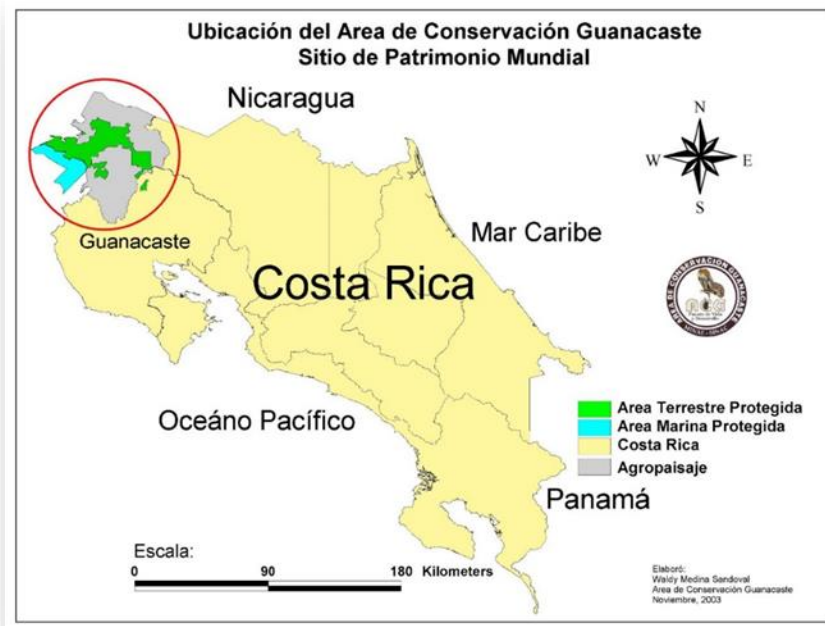


Figura 1: Ubicación del ACG en el mapa de Costa Rica.

Fuente: Tomado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

Estos incendios, afectan de forma negativa las áreas de conservación a nivel nacional, ocasionando daños y efectos adversos, entre otros: en el suelo, la salud humana, la calidad y disponibilidad del agua, la vegetación, la fauna silvestre, calidad del aire, el clima, etc.

Las riquezas naturales de Costa Rica, la han colocado ante los ojos del mundo en una situación privilegiada. Hechos, como el representar un área terrestre en el mundo de apenas un 0,03 %, y aun así poseer alrededor del 4 % de la biodiversidad mundial (Área de Conservación Guanacaste, 2021), sitúa al país como uno de los destinos naturales regionales por excelencia, dadas sus características de seguridad, facilidades, biofísicas, naturales y de belleza escénica.

Lo anterior evidencia la importancia, que la conservación implica en las políticas y procesos de marca país ante el mundo, por lo que la recurrencia de estos eventos siniestros, en los bosques secos de Guanacaste, lesionan la imagen conservacionista, protectora y verde, que el país muestra como marca a nivel mundial.

1.2. Delimitación de la investigación

La temporada de incendios 2021, a nivel nacional presentó un comportamiento muy favorable, en términos de una disminución en la cantidad de área afectada dentro de las ASP; siendo que en la temporada que recién finalizó el día 15 de junio, el SINAC obtuvo el menor registro en cuanto área afectada en las últimas 24 temporadas, con una afectación de 845 ha dentro de las ASP administradas por el SINAC-MINAE, presentando una reducción de 526 ha., basándose en el registro de área afectada en la temporada anterior 2020, de 1371 ha (Presidencia, 2021).

Para el Parque Nacional Guanacaste, la situación no es diferente; en la finalizada temporada de incendios 2021, el PMF, registró ante el PNMF-SINAC únicamente dos incendios en el Parque Nacional Guanacaste: Uno en el sitio “*Genova – Límite Bolaños*”, en el sector El Hacha, ocurrido el día 19 de febrero del 2021, con 52,94 ha afectadas, y el segundo ocurrido en el Sector Pocosol con fecha de inicio el día 04 de marzo del 2021, con una afectación de 679,80 ha (PMF-ACG, informe interno, junio, 2021).

Esta reducción en la cantidad de eventos, en parte, debido a las lluvias atípicas del mes de abril del año en curso, contribuyeron para que, en uno de los meses más críticos en la ocurrencia de incendios, el riesgo fuera bajo (Presidencia, 2021). Sin dejar de lado, por supuesto, el trabajo de los bomberos forestales del SINAC y las brigadas de voluntarios, quienes con su compromiso y esfuerzo, lograron la oportuna detección y atención de los siniestros ocurridos, así como las labores preventivas ejecutadas.

Dada la fecha de inicio para la presente investigación, ya había pasado algún tiempo posterior al evento del sector El Hacha, y por las características propias de los ecosistemas de bosque seco tropical, que los hace muy cambiante con las lluvias; las condiciones no eran las idóneas para la recolección de información de campo.

Es en el evento ocurrido en marzo del 2021, en el sector de Pocosol, cuando se logra documentar oportunamente, y de forma adecuada, la afectación en el ecosistema por el incendio ocurrido, y sus manifestaciones e impactos biofísicos visibles (ver figura 2).



Figura 2: Visita realizada al sector Pocosol del PNG, afectada por el incendio forestal ocurrido en marzo del 2021.

Fuente: Fotografías tomadas el día 2 de abril del 2021.

El sector Pocosol, tiene una alta representatividad respecto al resto del Parque Nacional Guanacaste, por su ecosistema de bosque seco, sus diferentes tipos de cobertura (pastos, pastos arbolados, charral, bosque, humedales), y el estado sucesional del bosque existente (bosque secundario); característica que hace de este sector, un referente idóneo, para efectos del análisis de los daños causados por los incendios forestales en el Parque Nacional Guanacaste.

Por tanto, el presente trabajo de investigación, se enmarca y limita, específicamente, al evento ocurrido en el Sector Pocosol del PNG, en marzo del 2021.

1.3. Planteamiento del problema

El Área de Conservación Guanacaste, es donde se ubica la mayor extensión de bosque seco de Costa Rica; la presencia de este ecosistema que, bajo condiciones de estrés hídrico durante la época seca, resulta particularmente propensa a los incendios forestales.

El reporte de la Temporada de Incendios Forestales 2021, emitido por el SINAC, brinda interesantes datos estadísticos obtenidos en la temporada que finalizó el 15 de junio del 2021, siendo procedente destacar alguna información de importancia para la presente investigación.

Los funcionarios del SINAC-MINAE, brigadas y voluntarios atendieron 88 incendios forestales en la temporada 2021, 23 de los cuales se controlaron dentro de las ASP y 65 incendios forestales en otro tipo de áreas, tales como propiedades privadas, terrenos Patrimonio Natural del Estado, territorios indígenas y zona marítimo terrestre (Presidencia, 2021).

Las Áreas de Conservación de Guanacaste (ACG), Área de Conservación Tempisque (ACT) y el Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT), todas pertenecientes a la Región Chorotega, presentaron el mayor número de hectáreas afectadas por los incendios forestales (dentro de las ASP y fuera de ellas), para un total de 22 048 ha dañadas, que corresponde al 97 % del total de áreas afectadas a nivel nacional para la temporada de incendios 2021 (Presidencia, 2021).

Tomando como referencia las mismas Áreas de Conservación (ACG, ACT, ACAT), pero respecto a las áreas afectadas por los incendios forestales, dentro de las Áreas Silvestres Protegidas, sumaron un total de 774,00 ha, representando el 92 % del total de áreas afectadas a nivel nacional, para la temporada de incendios 2021 (Presidencia, 2021).

Precisamente, el incendio en el Sector Pocosol del PNG, afectó un total de 679,80 ha, tendríamos que este único evento en el Parque Nacional Guanacaste, representó el 81 % del total de afectación en Áreas Silvestres Protegidas a nivel nacional para la temporada 2021 (Estimación propia, a partir de los datos suministrados en el Reporte de la Temporada de Incendios 2021, SINAC).

El mismo informe, anota sobre las causas por las cuales iniciaron los incendios forestales: vandalismo, venganza y actividades de caza, el 34 % del total de los incendios atendidos; quemas agropecuarias y de pastos, el 31 %; cambio de uso de suelo (eliminación de vegetación para dar paso a área de pastos y agricultura) el 13 %; quema de residuos forestales, el 8 %; y otros, el 14 % (Presidencia, 2021).

El informe emitido por el SINAC, sobre los incendios ocurridos en el año 2021, muestra que fue la provincia de Guanacaste, la más afectada por los incendios forestales de la temporada, y evidencia el riesgo presente en el ACG cada año, dadas sus características biológicas y climáticas, que la hacen particularmente propensa al fuego.

Recuerda también el informe, sobre la importancia y trascendencia de los esfuerzos en la tarea que llevan a cabo los bomberos forestales, tanto funcionarios, como brigadas de refuerzo y voluntarios involucrados, así como de las acciones de prevención y educativas realizadas por el personal del SINAC.

Si bien una parte de la población no reconoce el valor económico y social de la preservación de las áreas protegidas, pero en general, y dado el auge mundial en temas como turismo ecológico, la conservación, el cambio climático; a la hora de presentarse un incendio forestal en un ASP, se encienden las alarmas del colectivo, y se percibe un reconocimiento a nivel nacional, sobre el valor de proteger o conservar nuestras áreas protegidas. Un reconocimiento, no solo del daño biofísico más apreciable, sino también de ese daño a la sociedad, luego del daño causado por el incendio y la afectación del recurso, en este caso, el Área Silvestre Protegida.

Es precisamente, mediante la valoración económica del daño causado por el incendio forestal, que se puede monetizar esta afectación y así contribuir a mejorar la gestión ambiental de las Áreas de Conservación nacionales, ayudando a lograr así un mayor entendimiento de las implicaciones económicas que representa la destrucción o alteración de un ASP, como el Parque Nacional Guanacaste.

El día 4 de marzo del 2021, funcionarios del Programa de Manejo del Fuego del ACG detectan e intervienen cinco puntos de fuego dentro del Parque Nacional Guanacaste, específicamente, en el sector conocido como Pocosol, conformado por pastos nativos, charral y bosque secundario en proceso de restauración natural. Luego de 36 horas de trabajo continuo, y la intervención de más de 70 personas distribuidas entre combate del fuego, logística y planificación, logran contener el incendio (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

La afectación por el siniestro resultó en un total de 679,80 ha quemadas, lo que constituye un importante retroceso en la restauración natural de algunas zonas del Parque Nacional Guanacaste, que tenían más de 20 años de no verse impactadas por incendios (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

Los indicios encontrados en sitio e información con la que cuenta el PMF del ACG, apuntan a que el inicio del fuego fue provocado intencionalmente, en contravención a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, N°7317 de 1998; por lo que el ACG procedió con la

denuncia correspondiente ante el OIJ, donde actualmente se desarrolla el proceso judicial (D. Guadamuz, PMF-ACG, comunicación personal, abril, 2021).

El ACG, desconoced, actualmente, el valor económico del daño ambiental en el Parque Nacional Guanacaste (sector Pocosal), provocado por el incendio forestal ocurrido en marzo del 2021. Para calcular y obtener un valor que se aproxime a lo real, se analizará las diferentes metodologías de valoración económica ecológica normalmente utilizadas en Costa Rica, en este tipo de eventos, y aplicándose la metodología propuesta, se sistematizará y cuantificará el valor económico del daño ocasionado por el incendio en el PNG.

Este estudio será de aplicación por parte del ACG en diferentes procesos, tales como: sensibilización, capacitación, educación, divulgación, legales, y la réplica de la metodología, que servirá de instrumento técnico, aplicable en futuros procesos valuatorios, tanto por funcionarios del ACG, como de otros técnicos que se desempeñan en el área de la valoración económica ecológica.

1.1. Antecedentes

El PNG, creado en el año 1971, es el primer parque nacional para la conservación de remanentes de un bosque seco; parte de lo hoy conocemos como el ACG. El ACG es el único transecto conservado en América, que integra cuatro ecosistemas tropicales: marino/costero, bosque seco, bosque nuboso y bosque lluvioso, desde el Océano Pacífico hasta las tierras bajas del caribe costarricense. Actualmente, inscrito en la lista de Patrimonio Mundial de Valor Universal Excepcional, declarado así por la UNESCO (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021).

El mayor hábitat de bosque seco tropical de la región, se ubica en el ACG, este representa, conjuntamente con el ACT, más bosque seco conservado que todo el resto de Centroamérica y México, y a nivel mundial, es únicamente superado en dimensiones por el parque Kakadu en Australia (Sistema Nacional de Área de Conservación, 2021).

Es el ACG, por tanto; la única oportunidad que tendrá la humanidad en sus futuras generaciones, de conocer y aprovechar un ecosistema de bosque seco, como el que existía en Mesoamérica antes de la llegada de los españoles, hace ya más de 500 años (Janzen D., 1986).

El proceso de restauración, se retrasa en su reconstitución de bosque, con el embate de los incendios forestales presentes cada año en los meses secos. Estos fuegos representan una de las principales perturbaciones que afectan el ecosistema de bosque y desacelera su regeneración. La zona de Guanacaste y sus áreas de conservación, son las más afectadas por los incendios, tal y como se refleja en el informe de la temporada 2021, por parte del Programa Nacional de Manejo del Fuego – SINAC – MINAE.

Con los datos arrojados en el citado informe, se puede apreciar que el incendio ocurrido en marzo 2021 en el PNG, representó el 81 % del total de afectación en Áreas Silvestres Protegidas a nivel nacional para ese año.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el daño ambiental ocasionado por los incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste, utilizando como referente el siniestro de marzo 2021, en el sector de Pocosol del Parque Nacional Guanacaste.

1.2.2. Objetivos Específicos

- i.** Analizar las metodologías de valoración económica ecológica más comúnmente utilizadas en Costa Rica, seleccionando la que mejor de ajuste al caso de estudio.
- ii.** Determinar el alcance del daño ambiental ocasionado, como resultado del incendio forestal en el sector Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, ocurrido en el mes de marzo del año 2021.
- iii.** Estimar el valor económico del daño ambiental ocasionado por el incendio forestal en el sector Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, ocurrido en el mes de marzo del año 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se hace una breve reseña de la histórica del “Servicio de Parques Nacionales” en Costa Rica, así como del origen y creación del Parque Nacional Santa Rosa, Parque Nacional Guanacaste y el Área de Conservación Guanacaste. Se describe sobre los criterios y contexto, que fundamentaron su creación y actual categoría de protección.

El PNG y el ACG, gozan de una importancia reconocida mundialmente, por su papel en la conservación y restauración de la mayor área de bosque seco protegido en la región. El ecosistema de bosque seco tropical del PNG, actualmente, continúa en riesgo, debido a las acciones humanas, sobre todo, el fuego, por lo que se describe en el presente capítulo, sobre las características biofísicas, riesgos y vulnerabilidades de este ecosistema, en relación con los incendios forestales.

2.1. Parques Nacionales

2.1.1. Ley de creación

En el año 1977 se promulga la Ley del Servicio de Parques Nacionales N°6084, que crea el Servicio de Parques Nacionales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Ley N°7152 del 5 de junio de 1990, traslada el Servicio de Parques Nacionales al Ministerio de Ambiente y Energía), con la función específica del desarrollo y administración de los parques nacionales para la conservación del patrimonio natural de Costa Rica.

Sin embargo, anterior a la Ley N°6084; era la Ley Forestal N°4465 del 25 de noviembre de 1969, que sustentaba la creación y desarrollo de los parques nacionales; reformada luego esta mediante Ley N°7174 del 28 de junio de 1990, que en su artículo 10, inciso i) señala: “Es competencia de la Dirección General Forestal lo siguiente: i) Establecer reservas forestales, zonas protectoras, refugios de fauna silvestre y otras categorías de uso que sea necesario definir”.

2.1.2. Parque Nacional Guanacaste

Durante el año 1966, el Gobierno de Costa Rica expropió la Casona Santa Rosa y las 1000 ha a su alrededor, a su dueño Anastasio Somoza, en ese momento, dictador de

Nicaragua (Janzen & Hallwachs, 2016), con el objetivo de convertirlo en un Monumento Nacional, dado el evento histórico ocurrido en el marco de la Campaña Nacional 1856-1857, “La Batalla de Santa Rosa”, que enfrentó Costa Rica para combatir a William Walker y sus filibusteros el 20 de marzo de 1856. Oficializado vía decreto en el año de 1966, el Monumento Nacional de la Casona de Santa Rosa. Posteriormente, en 1971, con el Decreto No. 1562, se crea el Parque Nacional Santa Rosa, siendo el primer parque nacional para la conservación de remanentes de un bosque seco tropical (Janzen & Hallwachs, 2016).

En el año 1966, el Gobierno de Costa Rica expropió la Casona Santa Rosa y las 1000ha a su alrededor, a su dueño Anastasio Somoza, en ese momento dictador de Nicaragua (Janzen & Hallwachs, 2016), con el objetivo de convertirlo en un Monumento Nacional, dado el evento histórico ocurrido en el marco de la Campaña Nacional 1856-1857; “La Batalla de Santa Rosa”, que enfrentó Costa Rica para combatir a William Walker y sus filibusteros el 20 de marzo de 1856. Oficializado vía decreto en el año de 1966, el Monumento Nacional de la Casona de Santa Rosa.

Posteriormente, en 1971, con el Decreto No. 1562, se crea el Parque Nacional Santa Rosa, siendo el primer parque nacional para la conservación de remanentes de un bosque seco tropical (Janzen & Hallwachs, 2016).

En el año 1986, Daniel Janzen y su esposa Winnie Hallwachs, presentan la propuesta de ampliación de Santa Rosa (Ver Figura 3), y con el apoyo de autoridades gubernamentales, se da inicio a un nuevo modelo de manejo, restauración y conservación de áreas protegidas de bosque seco y su conexión con los otros ecosistemas relacionados.

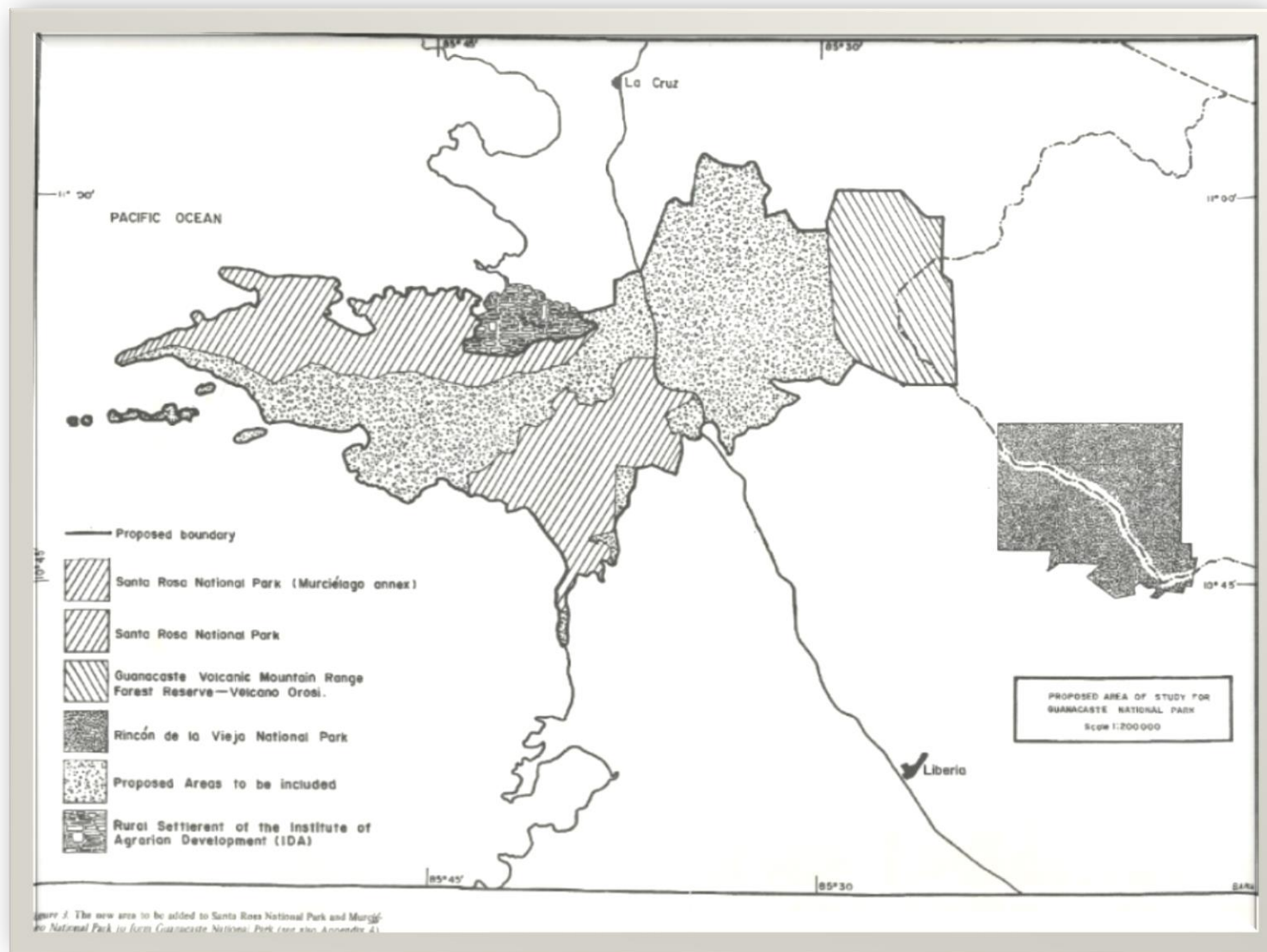
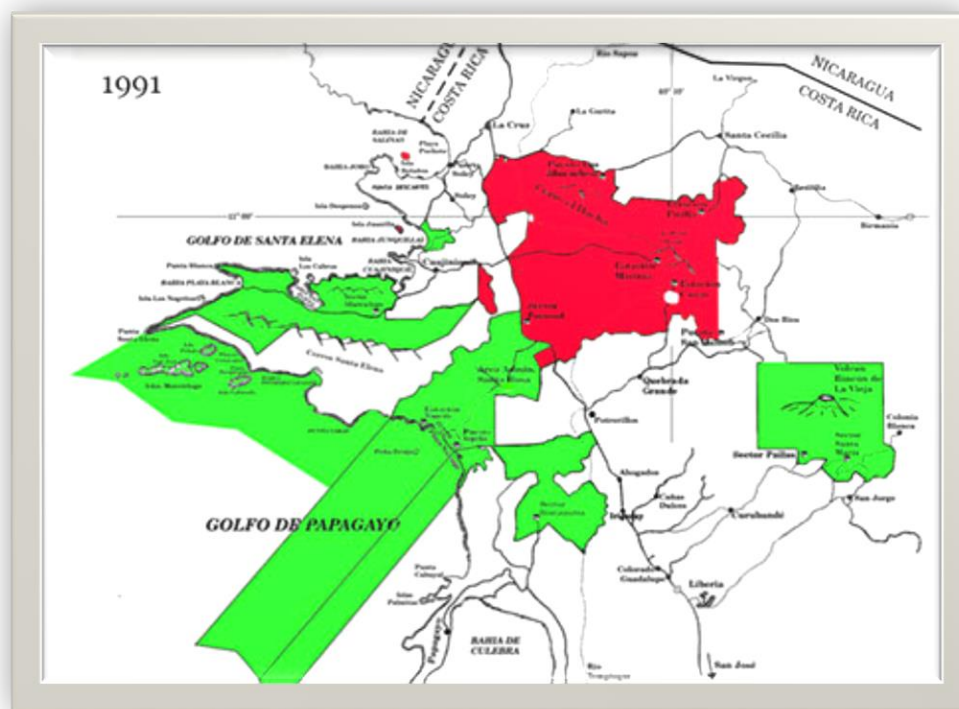


Figura 3: Mapa que muestra en puntos la propuesta para ampliar el bosque seco.
Fuente: Tomado de Janzen D., 1986.

En el año 1991, el ACG ya había adquirido los terrenos que conectan el Parque Nacional Santa Rosa con las Reservas Forestales Orosi y Cacao (Área de Conservación Guanacaste, 2021), y dada la consideración por parte del Poder Ejecutivo, sobre la alteración ecológica de la Región Pacífico Norte y la necesidad de recuperar en ella una porción de vegetación natural, como parte del proceso de restauración de la biodiversidad, característica del ecosistema bosque seco, mediante el Decreto Ejecutivo 20516-MINEREM del 9 de julio de 1991, se formaliza la creación del Parque Nacional Guanacaste.

Adquiere así el PNG, estatus de protección y conservación, pasando a formar parte del ACG (ver figura 4), con un manejo y administración únicos, indistintamente del Parque Nacional al que corresponda, y bajo una organización con base en programas y departamentos especializados en las distintas áreas de gestión (ver figura 5).



Nota: PNG, señalado en color rojo en mapa.

Figura 4: Mapa del PNG, creado con Decreto 20516-MINEREM del 9 de julio de 1991.

Fuente: Tomado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

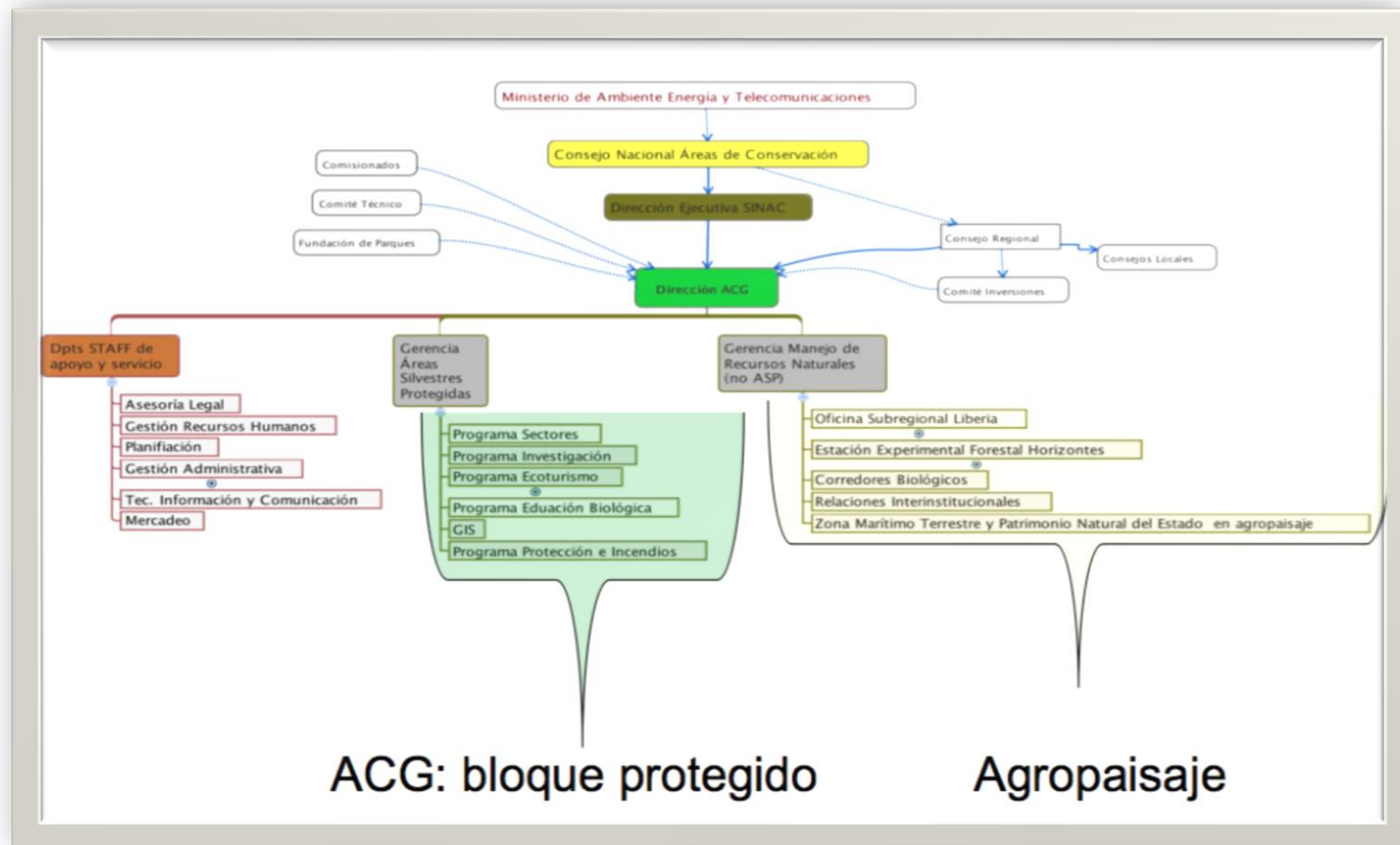
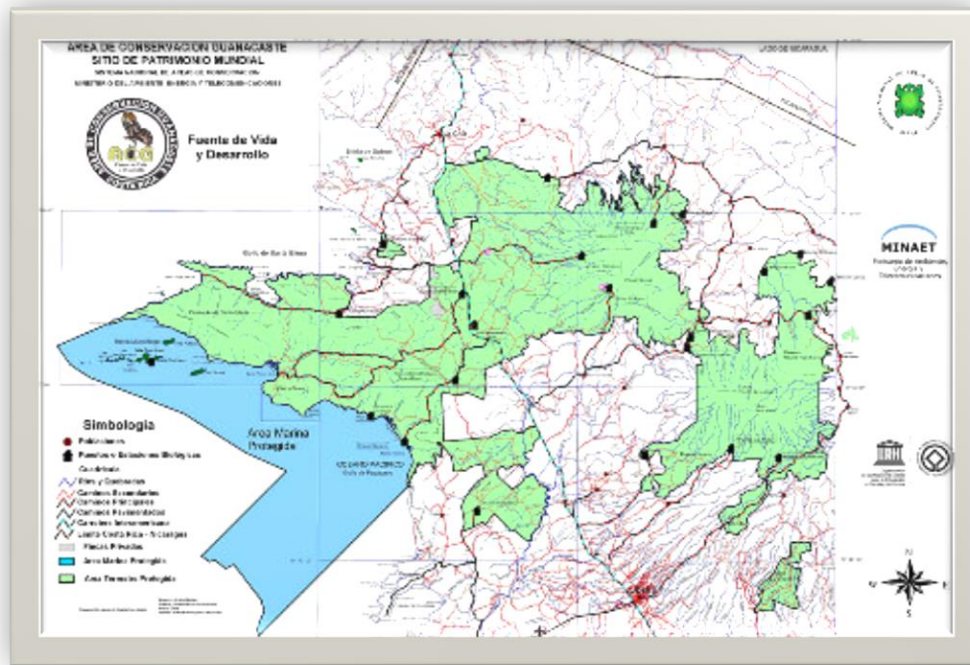


Figura 5: Estructura organizacional del ACG.
Fuente: Tomado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

2.1.3. Posicionamiento ambiental

A lo largo de su proceso de ampliación y consolidación como bloque protegido, el ACG ha agregado áreas protegidas en diferentes categorías de protección como son: Refugio de Vida Silvestre Corredor Fronterizo, Estación Experimental Forestal Horizontes, Refugio de Vida Silvestre Junquillal, Parque Nacional Rincón de la Vieja y Áreas Silvestres Protegidas Anexas.

Hoy, el ACG comprende un bloque bio-geográfico de área silvestre protegida con un área de 163 000 hectáreas (ver figura 6), territorio que comprende desde el sector marino costero en los alrededores de las islas Murciélago en el Océano Pacífico, pasa por la Meseta de Santa Rosa, y continúa hasta los Volcanes Orosi, Cacao y Rincón de la Vieja, y de ahí hasta las tierras bajas en el sector caribe de Costa Rica (Área de Conservación Guanacaste, 2021).



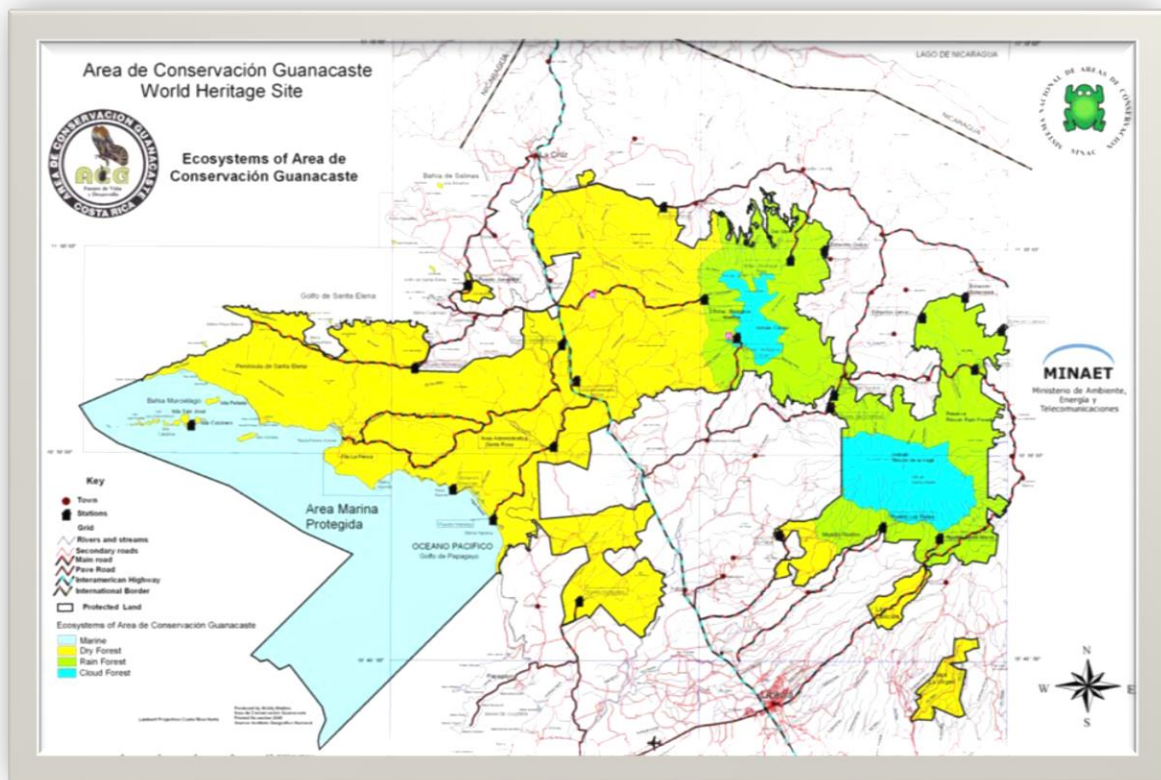
Nota: Área marina (celeste), área terrestre (verde).

Figura 6: Mapa que muestra el ACG como bloque administrativo y de manejo.

Fuente: Tomado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

2.1.4. Importancia estratégica

El ACG, integra en su área, cuatro ecosistemas tropicales: marino/costero, bosque seco, bosque nuboso y bosque lluvioso (ver Figura 7), representando en América, el único transecto conservado con estas características (Área de Conservación Guanacaste, 2021). Constituyendo así y contribuyendo a conservar un área protegida desde el Pacífico hasta el Caribe, que incluye el mayor hábitat de bosque seco de la región (Janzen D., 1986).



Nota: Ecosistema marino (celeste), bosque seco (amarillo), bosque lluvioso (verde), bosque nuboso (azul).

Figura 7: Ecosistemas del ACG.

Fuente: Tomado de Janzen & Hallwachs, 2016.

Juntos, el ACG y el ACT, representan más bosque seco conservado y en proceso de restauración que en el resto de Centroamérica y México. A nivel mundial, el único parque nacional de bosque seco tropical, que es más grande que las áreas conservadas en Costa Rica, es el Parque Nacional Kakadu en el norte tropical de Australia (Janzen D., 1986).

Desde el año 1999 y gracias a la gestión de diferentes actores nacionales e internacionales, el ACG se encuentra inscrita en la lista de Patrimonio Mundial de Valor Universal Excepcional, declarado así por la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), referencia 928 bis, criterios (IX) y (X), resaltando con el acto su importancia mundial.

El área de conservación posee hábitats naturales importantes para la preservación de la diversidad biológica. Entre ellos figuran los mejores hábitats de bosque seco de toda la región que se extiende desde Centroamérica al norte de México, así como otros que son esenciales para la conservación de especies animales y vegetales, raras o en peligro de extinción. En este sitio tienen lugar procesos ecológicos de gran importancia, tanto en el medio ambiente terrestre como en el costero y marino. (UNESCO, 2021)

El PNG como área geográfica, se ubica en lo que antes de la llegada de los españoles hace más de 500 años (previo a su llegada existió ocupación indígena en ciertos sectores del ACG, como en Santa Elena), comprendía parte del ecosistema de bosque seco tropical Mesoamericano, que se extendía por la vertiente pacífica, desde Mazatlán, México, hasta el Istmo de Panamá (con una interrupción en la Península de Osa), y que cubría un área aproximada de 550 000 km² (ver figura 8) (Janzen D., 1986).

Para entonces, una cuarta parte de los bosques de Costa Rica eran bosque seco (Lugo, 1986), pero tras más de cuatro siglos de ocupación, el bosque seco mesoamericano, al igual que en el resto del mundo, ha sido llevado casi a la extinción; para el año 1986 en Mesoamérica, menos de un 2 % de bosque seco existía en áreas relativamente inalteradas y apenas un 0,08 % como parque nacional o bajo algún tipo de protección (Janzen D., 1986). Lo anterior, en buena parte, se debe a las características particulares de estos ecosistemas, que han facilitado los procesos de colonización humana, con fines agropecuarios, principalmente.

Como ejemplo de lo anterior se tiene la presencia de una larga estación seca, bien definida, de cinco a siete meses, y una estación lluviosa, igualmente, de cinco a siete meses, con una corta estación seca intermedia entre los meses de julio y agosto; una precipitación anual de 900 mm a 2400 mm; una temperatura promedio de 24°C con extremos de entre 17°C y 40°C; sumado a lo anterior, la facilidad para talarlo e, igualmente, fácil es su “mantenimiento”, mediante el desmonte y quemas, para evitar el resurgimiento

del bosque; la posibilidad de almacenamiento de cosechas y comestibles por más tiempo sin su descomposición; y el menor grado de fomento de enfermedades humanas (Janzen D., 1986).

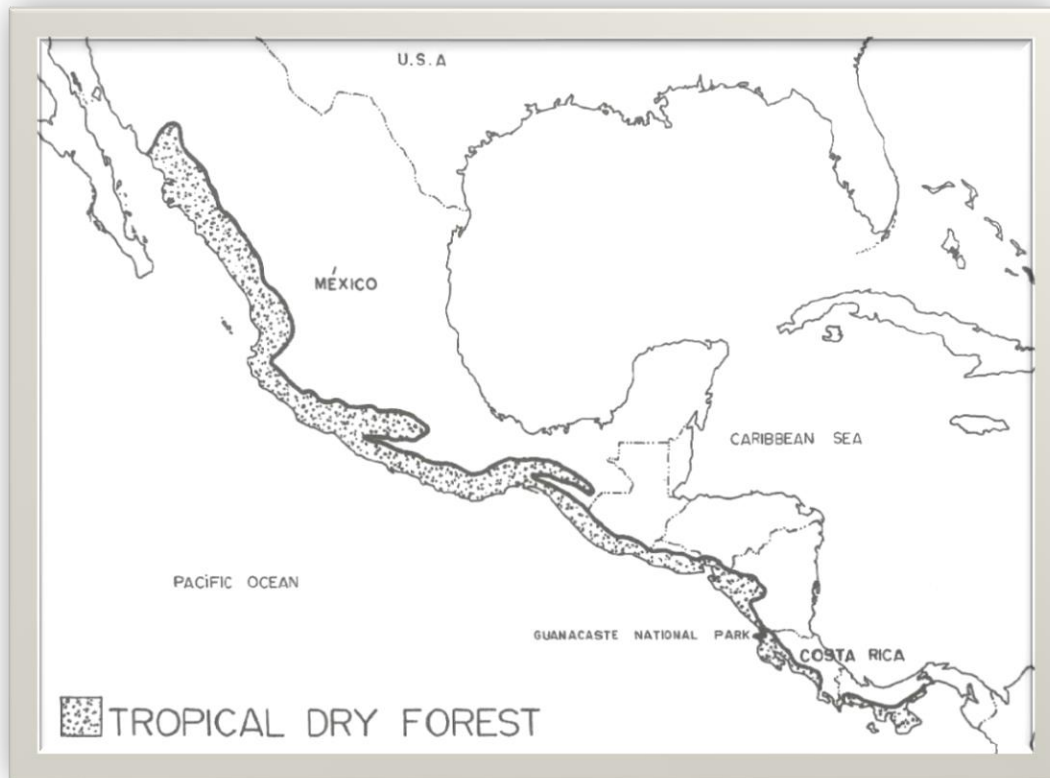


Figura 8: Mapa de la distribución del bosque seco en el Pacífico Mesoamericano.

Fuente: Tomado de Janzen D., 1986.

Con la transformación de la agricultura que da inicio en los años cincuenta y el desarrollo nacional de la actividad ganadera de los años cincuenta a setenta, trajo consigo la deforestación y transformación de bosque a pastizales, en mucho por medio del uso del fuego; diezmando así los últimos remanentes del bosque seco mesoamericano (Picado & Cruz, 2014).

Un sistema de pastizal era fácilmente mantenido libre de vegetación leñosa con quemas anuales o semestrales durante la larga estación seca. El pasto *jaragua* (*Hyparrhenia rufa*), es un pasto procedente de África, introducido en Costa Rica en la década de los años veinte y, de igual forma, en la Hacienda Santa Rosa y zonas aledañas

en la década de los años cuarenta, dada su resistencia a las altas temperaturas y mayor rendimiento en el clima seco; el cuidado en este tipo de pastos, consistía en quemarlo durante la estación seca, y así “empujar” el bosque para ampliar el pastizal.

Sin embargo, estas extensas áreas de pastizal de la ganadería extensiva, eran bastante ricas en la biodiversidad, que aún sobrevivía en los retazos que no se quemaban por sus características más húmedas, y contener menores cantidades de material combustible herbáceo que el ganado ya había consumido (Janzen & Hallwachs, 2016).

Hoy, el único bosque seco original existente y relativamente intacto, lo constituyen secciones o pedazos dispersos en el ACG: aproximadamente, 20 ha en la Meseta Santa Rosa y laderas del Cerro El Hacha, y 2000 ha en el sector más occidental de la península Santa Elena dando hacia el mar (Janzen & Hallwachs, 2016).

Con el establecimiento de Parque Nacional Santa Rosa (PNSR) en 1971, se procura el resguardo y conservación de porciones fragmentadas de bosque seco a esa fecha; es en el año 1986, con la integración del PNSR a la propuesta y proyecto “Parque Nacional Guanacaste” (hoy ACG), que se gestó el concepto de restauración del bosque seco tropical, e incremento de su extensión y variedad, de forma que fuera posible mantener a perpetuidad los hábitats y las especies que originalmente ocuparon en la región.

Una de las principales acciones para la restauración en el ACG, consiste en el control y manejo de los incendios, de forma que se le permita y sea la naturaleza misma la que se encargue de la repoblación de especies, poblaciones y hábitats, transformando los parches de pastos y potreros en vegetación boscosa, y así empiece a aproximarse a la estructura completa del bosque seco original; partiendo como premisa que, es el ACG la única oportunidad que tendrá la humanidad, de conservar, y aprovechar de un ecosistema de bosque seco como el existente en Mesoamérica hace más de 500 años (Janzen, D., 1986).

2.1.5. Riesgos

Sin duda, es el fuego la mayor amenaza en el ACG. Los incendios en el bosque seco del ACG, no necesariamente son “incendios forestales” en el sentido popular de la expresión, ya que presentan, igualmente, en los potreros, pastos y pastos arbolados; destruyendo tanto los pastizales como la vegetación boscosa (Janzen, D., 1986).

Las áreas de pastos o zacatales, representan zonas de particular cuidado; los zacatales más peligrosos son los formados por las macollas del pasto *jaragua* (*Hyparrhenia rufa*) que pueden alcanzar hasta 2 m de altura, sin embargo, los pastos nativos, más bajos y menos densos, igualmente constituyen una amenaza importante de incendio, dado que, por tratarse de un área protegida, no son arralados por el ganado, y generan una gran cantidad de material combustible para la temporada de incendios.

Con el fin de ampliar el entendimiento, sobre la alta incidencia y la gravedad del impacto que los incendios ocasionan en el ecosistema de boque seco, se procede a explicar sobre el comportamiento del fuego en el bosque del ACG. Cuando se quema una zona de pastos y árboles jóvenes, se retrasa el día en que la vegetación reconstituya el bosque, en una proporción suficiente, para que, por sí mismo, no vuelva a ser susceptible a quemarse (Janzen D., 1986).

Señala Janzen, D. (1986):

Si bien los incendios que se producen en los pajonales rastreros, pareciera que no causan más que la destrucción de pequeños arbolitos ocasionales, en realidad provocan daños muy severos, pero que no se ven. Cuando el fuego quema los pajonales que se han acumulado en la base de los árboles grandes, el calor generado mata el cambium en pequeñas áreas que no son visibles en ese momento. Si se produce otro incendio rastrero en los próximos 5 a 20 años, tiempo requerido para que el tejido del árbol vuelva a crecer sobre esta herida, el fuego encontrará un acceso directo y rápido al corazón del tronco a través de la parte muerta y el corpulento árbol queda trozado en su base. El mismo proceso ocurre con los potreros en los que árboles que son suficientemente tolerantes al calor como para poder sobrevivir por décadas a los ligeros incendios de pastos arralados por el pastoreo, resultan con sus bases dañadas y luego trozadas por los fuertes incendios de material combustible formado por pastos no controlados por el pastoreo. (p.81)

Un incendio en un bosque seco, principalmente de sucesión secundaria, produce la muerte de árboles pequeños y quema las copas de los árboles grandes, permitiendo con esto, que llegue más luz a nivel del suelo durante las estación lluviosa siguiente, lo que provoca una densa cubierta de hierba y pastos, que cuando se añade a los troncos secos que quedaron del incendio anterior, el sitio se vuelve particularmente susceptible a un

incendio de grandes proporciones que produciría un gran claro, invadido luego por el pasto dentro del bosque (Janzen D., 1986).

Como ya se ha mencionado, una de las principales medidas tomadas, en pro de la protección y restauración del bosque seco en el ACG, fue la supresión del fuego por medio de la creación del Programa de Manejo del Fuego. Sin embargo, los incendios continúan y representan una de las principales perturbaciones que afectan este ecosistema.

En el artículo “Dinámica de incendios en el Área de Conservación Guanacaste 1997-2017: perspectivas ecológicas para el manejo integral del fuego”, G. Jones, B. Álvarez, 2018; los autores se refieren a algunos puntos importantes, respecto a la dinámica del fuego en el ACG, a los que se hace referencia de seguido. La fuente de información utilizada en el citado artículo del 2018, corresponde a la base de datos del ACG, aportada por el Programa de Manejo y Control de Incendios.

En el periodo estudiado 1997-2017, asociado a incendios forestales, se han visto afectadas 26 584,85 ha del ACG; siendo el sector con la mayor afectación Pocosol con un área total de 5367,97 ha (Jones & Álvarez, 2018). En lo que refiere a la ocurrencia y recurrencia de los eventos, en el periodo 1997-2017, se ha presentado al menos un incendio, en 13 de los 17 sectores que conforman el ACG, es decir, en un 76 % del área, especialmente en los sitios con la presencia de bosque seco.

Señala el mismo estudio sobre la recurrencia y su asociación a sectores aledaños a carreteras o poblados, de donde se inician algunos fuegos que luego se convierten en incendios forestales dentro de los distintos sectores. Los sectores con la mayor recurrencia de incendios en el periodo en estudio son: El Hacha, Murciélagos, Santa Elena, Horizontes, Santa Rosa, Pocosol y Santa María (ver figuras 9 y 10).

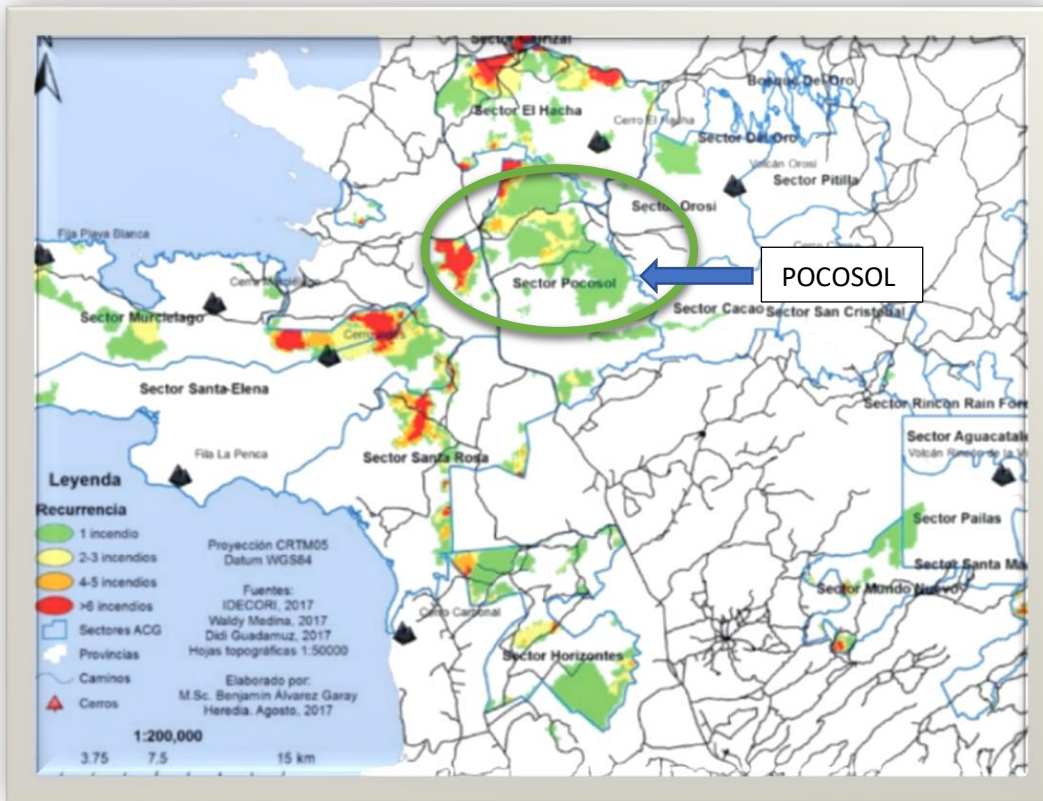


Figura 9: Ocurrencia - Recurrencia de incendios en el ACG, periodo 1997-2017.

Fuente: Modificado de Jones & Álvarez, 2018.

Sectores	Frecuencia de incendios
Aguacatales	0
Cacao	2
Carrizal	9
Del Oro	0
El Hacha	20
Horizontes	16
Mundo Nuevo	10
Murciélago	18
Orosi	4
Pailas	2
Pitilla	2
Pocosol	11
Rincón Rain Forest	0
San Cristóbal	1
Santa Elena	17
Santa María	11
Santa Rosa	15

Figura 10: Número de incendios por sectores en el ACG, Periodo 1997-2017.

Fuente: Modificado de Jones & Álvarez, 2018.

En los sectores de mayor recurrencia de incendios, como es el caso de Pocosol en el PNG, se evidencia dos aspectos compartidos:

- ✓ Cercanía a carreteras, poblados y áreas productivas; consideradas estas, como áreas de alto riesgo para la iniciación de fuego.
- ✓ Presencia de vegetación de bosque seco, en estados sucesionales tempranos y áreas de sabana.

2.2. Marco legal de la tutela del uso de los bosques en Costa Rica

El marco legal para tutelar el uso de los bosques naturales en Costa Rica, se sustenta en los artículos 21, 28, 45, 46, y 47 de la Constitución Política, la Ley Orgánica del Ambiente N°7554 y la Ley Forestal N°7575.

2.2.1. Ley Forestal N°7575

La Ley Forestal N°7575, de 1996, cita una serie de servicios ambientales provistos por los bosques, e introduce el concepto de pago por servicios ambientales; reconociendo con esto, que el bosque brinda servicios ambientales por los cuales hay que retribuir su propietario. A continuación, se procede a citar los artículos de la Ley, que resultan relevantes en el presente estudio.

Artículo 3, inciso K “Servicios ambientales: Los que brindan el bosque y las plantaciones forestales, y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente. Son los siguientes:

1. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción).
2. Protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico.
3. Protección de la biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético.
4. Protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

El inciso K de la Ley Forestal, define los servicios ambientales que generan los bosques, sujetos a una valoración económica, y a partir de la cual, se determinaría los pagos que el Estado realizaría a las siguientes actividades:

- Certificado para la Conservación de Bosque (CCB): a la conservación de bosques (artículo 22, Ley 7575) y a regeneración de terrenos de aptitud forestal desnudados (artículo 24, Ley 7575).
- Pago por Servicios Ambientales (PSA): a los bosques productivos, bosques secundarios y plantaciones forestales (artículo 69, Ley 7575).

Artículo 22: Certificado para la Conservación de Bosque. Se crea el Certificado para la Conservación de Bosque (CCB), con el propósito de retribuir, al propietario o poseedor, por los servicios ambientales generados al conservar su bosque, mientras no haya existido aprovechamiento maderable en los dos años anteriores a la solicitud del certificado ni durante su vigencia, la cual no podrá ser inferior a veinte años.

Los CCB se diseñaron para propietarios y poseedores de bosque que, por su ubicación estratégica y aptitud exclusivamente forestal, no hace viable económicamente el cambio de uso del suelo y la extracción de productos provenientes del bosque (Carranza, Aylward, Echeverría & Mejías, 1996).

Artículo 69: Apoyo a programas de compensación. De los montos recaudados por el impuesto selectivo de consumo de los combustibles y otros hidrocarburos, anualmente se destinará un tercio a los programas de compensación a los propietarios de bosques y plantaciones forestales, por los servicios ambientales de mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero y por la protección y el desarrollo de la biodiversidad, que generan las actividades de protección, conservación y manejo de bosques naturales y plantaciones forestales. Estos programas serán promovidos por el Ministerio del Ambiente y Energía.

El artículo 69, destina recursos específicos, el impuesto selectivo de consumo de los combustibles, al financiamiento de “Pago por Servicios Ambientales”, para los propietarios de bosques productivos y plantaciones.

2.2.2. Valoración de los servicios ambientales de los bosques en Costa Rica

El estudio “Valoración de los servicios ambientales de los bosques en Costa Rica” de 1996, se realizó a solicitud del SINAC, dependencia del MINAE, dirigido a operar la Ley Forestal N° 7575, del 5 de febrero de 1996, en los artículos 3 inciso k, artículos 19, 29, 22, 24 y 69, con el objetivo de servir de insumo a la administración, tanto de la redacción del reglamento a la ley, como en la estimación de los costos del programa de pagos del Certificado de Conservación de Bosque creado en la citada ley.

La metodología de valoración aplicada en el citado estudio: basado en la revisión de literatura atinente, señala el estudio sobre las distintas mediciones realizadas, mediante diferentes métodos de valoración de las reservas físicas de biomasa, suelos y la biodiversidad, de los que se deriva, a manera de flujos físicos, los servicios ambientales.

Seguidamente se realiza una tabulación de los rangos encontrados en la literatura, determinando el monto por hectárea de Certificado de Conservación de Bosque (CCB) y

del Pago por Servicios Ambientales (PSA), para los distintos tipos de bosque y se comparó con el costo de oportunidad de otros usos alternativos. Se realizó en el mismo estudio, una estimación de costos para el Estado, frente a distintos escenarios como: variación de tipos de bosque, diferentes valoraciones monetarias de los servicios ambientales, compensación a los bosques productivos y plantaciones forestales (Carranza, Aylward, Echeverría & Mejías, 1996).

En el estudio se propone el pago de US\$ 58,00 por hectárea por año por el CCB, para la conservación de bosque primario intervenido y no intervenido; pago que podría reducirse a US\$ 41,76 para el caso de los bosques secundarios, por su menor capacidad de proveer servicios ambientales.

Para el caso de los PSA o compensación a los propietarios de bosques y plantaciones forestales por los servicios de fijación de carbono y protección de la biodiversidad que generan las actividades de protección, conservación y manejo de sus bosques, propone un pago de US\$48,00 por hectárea por año (Carranza, Aylward, Echeverría & Mejías, 1996).

El primer monto pagado por PSA en Costa Rica en 1997, se basó en este estudio. En los años siguientes, este ha sido uno de los estudios utilizados para ajustar el reconocimiento de los PSA, indexándolo mediante el IPC. Los montos del PSA en Costa Rica, se han utilizado como referencia en la región (Moreno M. , 2005).

2.3. Conceptos y fórmulas financieras, aplicables en la valoración económica relacionada con la cuantificación del daño ambiental

La evaluación económica por desarrollar en este trabajo conlleva a la aplicación de diferentes técnicas y métodos financieros (se desarrollará más adelante), por lo que se procede a definir algunos conceptos financieros, que serán de uso en los cálculos, análisis y procesos por desarrollar en el presente trabajo:

- ✓ Tasa de Riesgo País o Indicador de Bonos de Mercados Emergentes (EMBI) (siglas en inglés).
- ✓ El “*Emerging Markets Bonds Index*” (EMBI) o Indicador de Bonos de Mercados Emergentes, corresponde al principal indicador de “riesgo país” y está calculado por la empresa financiera con sede central en New York “*JP Morgan Chase*”. Se define como la diferencia entre las tasas de interés que pagan los bonos

denominados en dólares, emitidos por países subdesarrollados, y los Bonos del Tesoro de Estados Unidos, que se consideran “libres de riesgo” (Invenómica, 2021).

Se basa el comportamiento de la deuda externa emitida por cada país. Mientras menor certeza de que el país honrará sus obligaciones, más alto será el EMBI de dicho país, y viceversa (Invenómica, 2021).

(Tasa bonos del tesoro de Estados Unidos + EMBI de un país determinado) = la tasa mínima que exigiría un inversionista para invertir en ese país.

- ✓ Tasa de Bonos del Tesoro de Estados Unidos.

Tasa de interés que pagan los Bonos del Tesoro de Estados Unidos (considerada como libre de riesgo); tomando como referencia, para nuestro caso, la “nota del tesoro a 5 años”.

- ✓ Índice de Precios al Consumidor (IPC).

El IPC mide la tasa de variación, entre dos períodos, de los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del patrón de consumo final de los hogares residentes en el país (Banco Central de Costa Rica, 2021).

- ✓ Técnica financiera del Valor Actual Neto (VAN).

También conocida como “valor presente”; técnica que trae todos los flujos de caja en el momento presente, descontándolos a un tipo de interés determinado.

Fórmula de Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Figura 11: Fórmula del Valor Actual Neto (VAN).

Fuente: www.economipedia.com, 2021.

Donde:

F_t = flujos de dinero en cada período t

I_0 = inversión realizada en el momento inicial t_0

$n = \text{números de períodos de tiempo}$

$k = \text{tasa de descuento}$

Para el cálculo de la tasa de descuento k , se utiliza la siguiente fórmula:

$$k = Tlr + Rp$$

Figura 12: Fórmula de la tasa de descuento seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Tlr = Tasa libre de riesgo, que corresponde al rendimiento de los bonos del tesoro de USA, tomando como referencia la “nota del tesoro a 5 años”. Datos tomados de la página del BCCR, para el día 19 de noviembre del 2021 (1.22) (Banco Central de Costa Rica, 2021).

Rp = Tasa de riesgo país o indicador de Bonos de Mercados Emergentes (EMBI) (siglas en inglés). Datos calculados por la financiera *JP Morgan Chase* (Invenómica, 2021); tomando como fecha de referencia el 19 de noviembre del 2021 (4.96).

Criterios de selección para la tasa de descuento (k):

- ✓ Entendida la tasa de descuento como costo de oportunidad del capital; se analiza hipotéticamente, de dónde provendrían los fondos para costear la restauración del recurso dañado por el incendio y compensar socialmente por los servicios ecosistémicos perdidos, si el Estado Costarricense tuviera que financiarlo. Resultado de este análisis hipotético, se resuelve que la tasa más adecuada en dólares, corresponde a una que represente el endeudamiento en esta moneda (tasa activa en dólares), es decir, una que refleje de la mejor forma, el costo de oportunidad del capital en dólares.
- ✓ Dado que análisis y cálculos realizados en el presente estudio son en dólares norteamericanos; la tasa de descuento seleccionada, utiliza la tasa de riesgo país (EMBI), que aplica para tasas en dólares, y se le adiciona la tasa libre de riesgo, que corresponde a la tasa de bonos del tesoro de Estados Unidos de América.

Sustituyendo con datos tomados al 19 de noviembre del 2021:

$$Tlr = 1,22$$

$$Rp = 4,96$$

Sustituyendo en Figura 12:

$$k = 1,22 + 4,96$$

Por tanto:

$$k = \textit{tasa de descuento}$$

$$k = 6,18 \% \quad \text{Redondeado:}$$

$$k = 6,00 \%$$

CAPÍTULO III

MARCO CONTEXTUAL

En este apartado, se caracteriza el sitio estudiado a nivel histórico, político, administrativo, geográfico, social y ecológico. Posteriormente, se detalla sobre el incendio objeto de la evaluación y de las amenazas asociadas con el sitio afectado.

Refiere también el capítulo, sobre el enfoque teórico, que enmarca y sustenta el proceso de valoración económica ecológica llevado a cabo en la investigación. Se describe los métodos de valoración económica, para los bienes y servicios ambientales, dependiendo sus características particulares.

Se sintetiza la información documental recopilada, que refiere sobre métodos de valoración económica de daño ambiental aplicados en Costa Rica. Al final, se analiza y justifica, técnicamente, sobre las metodologías seleccionadas, para aplicar en el caso de estudio, las cuales se describe y detalla.

3.1 Caracterización de la zona de estudio

3.1.1 Parque Nacional Guanacaste

El Decreto Ejecutivo N°20516-MINEREM, publicado en periódico oficial La Gaceta N°129, del 9 de julio de 1991, crea el Parque Nacional Guanacaste. En este Decreto se define el área que comprende el parque y linderos que lo definen, a partir de un listado de coordenadas y descripción detallada de sitios, basándose en las Hojas Cartográficas Murciélagos, Orosi y Bahía Salinas, a escala 1:50 000 elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional (ver figura 13).

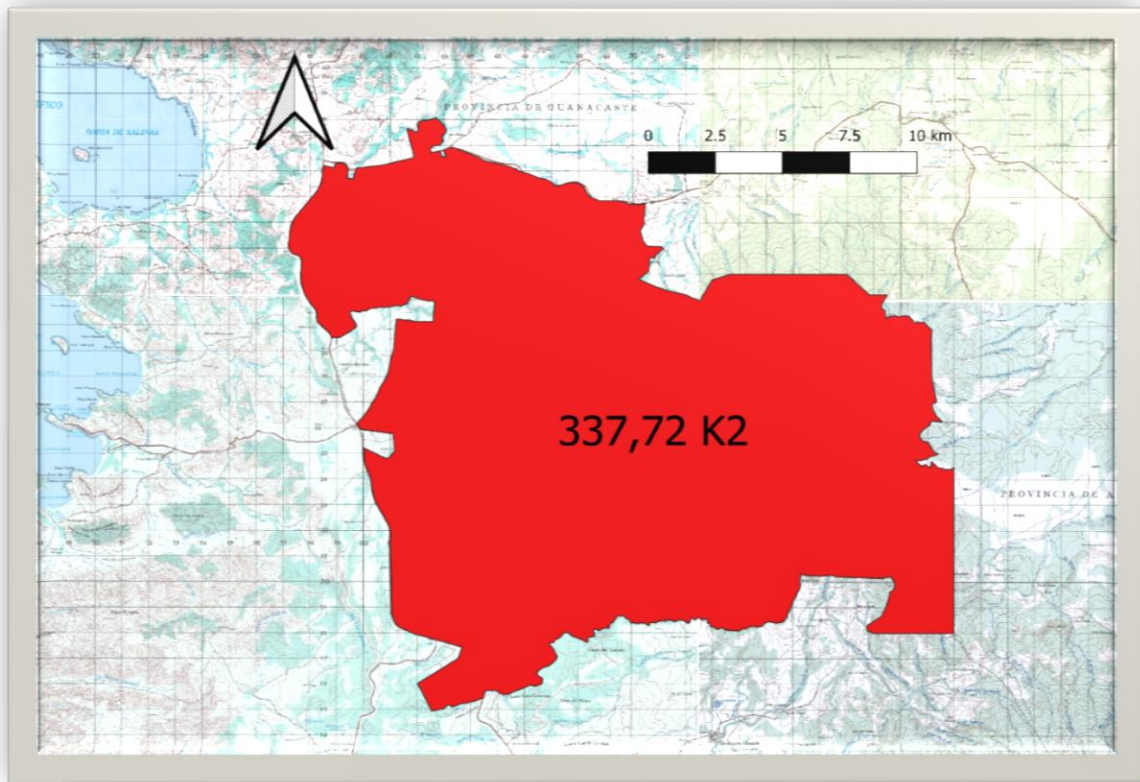


Figura 13: Linderos del Parque Nacional Guanacaste, definidos en el Decreto N°20516-MINEREM.

Fuente: Elaboración propia, utilizando el Sistema de Información del Registro Inmobiliario -SIRI, 2021.

El Parque Nacional Guanacaste, comprende un área total de 33 775,00 ha, es decir 337,75 km², y abarca porciones de territorio, tanto en la Provincia de Guanacaste (distritos La Cruz, La Garita, Santa Cecilia y Santa Elena del cantón de La Cruz, distrito Mayorga del cantón de Liberia) como de la provincia de Alajuela (distrito Dos Ríos del cantón de Upala) (ver figura 14).

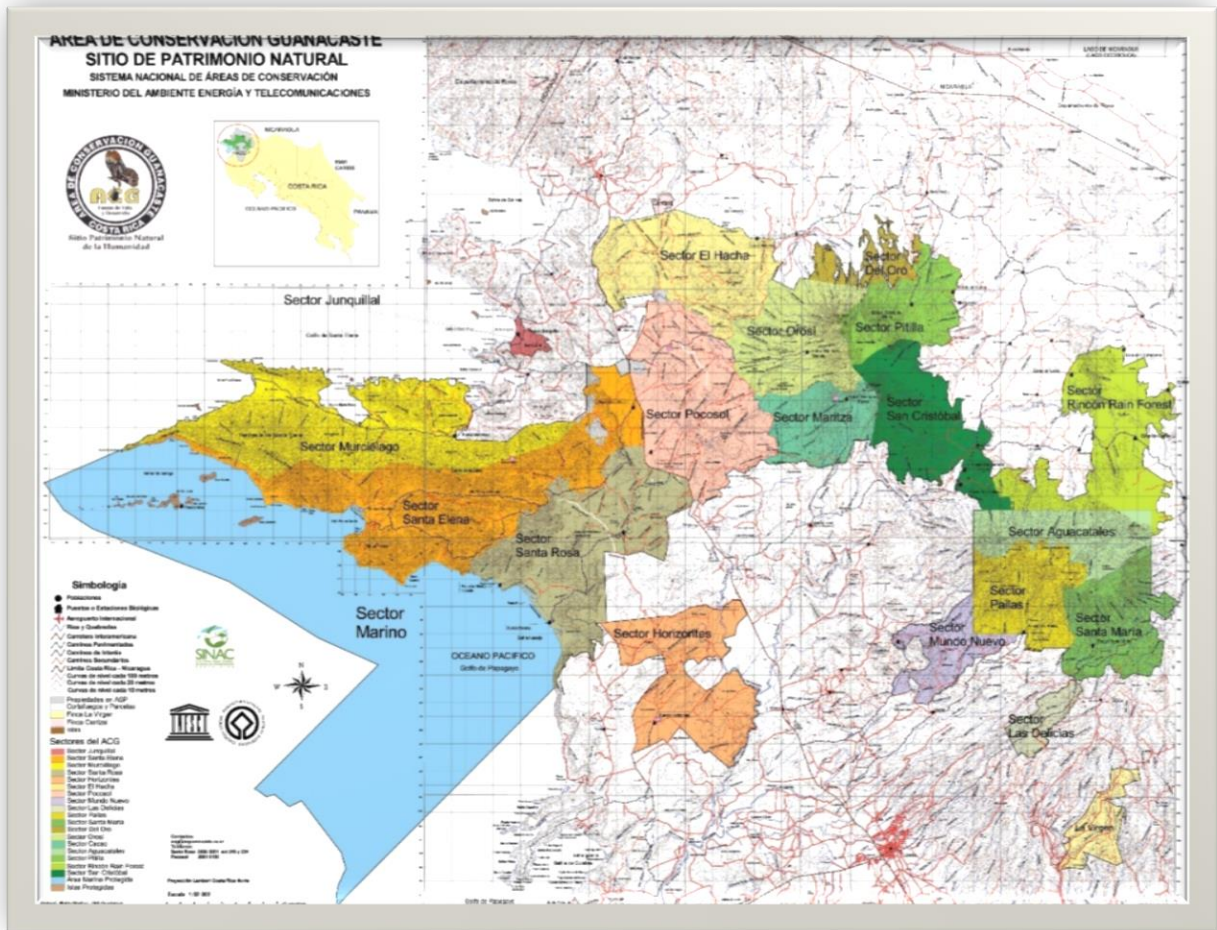


Figura 15: División por sectores del Área de Conservación Guanacaste.

Fuente: Tomado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

Los diferentes sectores, cuentan con uno o más puestos operativos, donde se ubica la infraestructura para uso de los funcionarios destacados en cada uno de estos, y de otros usuarios en distintas actividades propias del ACG, tales como investigación, visitación, educación y otros.

Las funciones y labores para cada unidad territorial, son particulares de cada uno, existiendo sectores con la función de reafirmar la ocupación y uso para conservación de la biodiversidad; otros sectores tienen la finalidad de dar las condiciones mínimas para desarrollar las actividades de investigación científica, y atención de grupos especializados de universidades nacionales e internacionales; y están los que se enfocan en la atención de visitantes nacionales e internacionales, interesados en conocer y disfrutar de belleza escénica del ACG.

3.1.2 Sector Pocosol

Considerado una extensión de la meseta del sector Santa Rosa y zona de transición entre el bosque seco y el bosque lluvioso; esta unidad geográfica se extiende desde la Carretera Interamericana Norte, hasta las faldas de los volcanes Orosí y Cacao al este, el río Espavelar como límite norte, el asentamiento de Colonia Bolaños al noroeste y una finca agropecuaria privada al sur (ver figura 16).

Corresponde a una masa de bosque seco de diferentes edades de regeneración y zonas abiertas de pastos (potreros), comprendiendo un área de aproximadamente 9 848,00 ha (ACG, 2021). En este sector se ubica la infraestructura de las oficinas administrativas del Programa Control de Incendios y el Programa Sectores, instalaciones acondicionadas para el pernoctado de funcionarios, investigadores y estudiantes, así como instalaciones varias de uso operativo.

Previo a la adquisición de las tierras, como parte de la propuesta de creación del Parque Nacional Guanacaste presentada en 1986 por Daniel H. Janzen, la zona la conformaban una serie de fincas privadas, entre las que se encontraba la Hacienda Pocosol (junto a finca Garzal), que le da el nombre al sector y adquirida a la familia Burgos que la había poseído por alrededor de 40 años (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

Dada la práctica que se sostenía en la zona para la renovación de pastos para el ganado, y la eliminación de plantas leñosas de los potreros mediante la quema; en el

momento de la adquisición de las fincas para el plan de conservación y regeneración, ya se había consumido una buena parte del bosque seco.

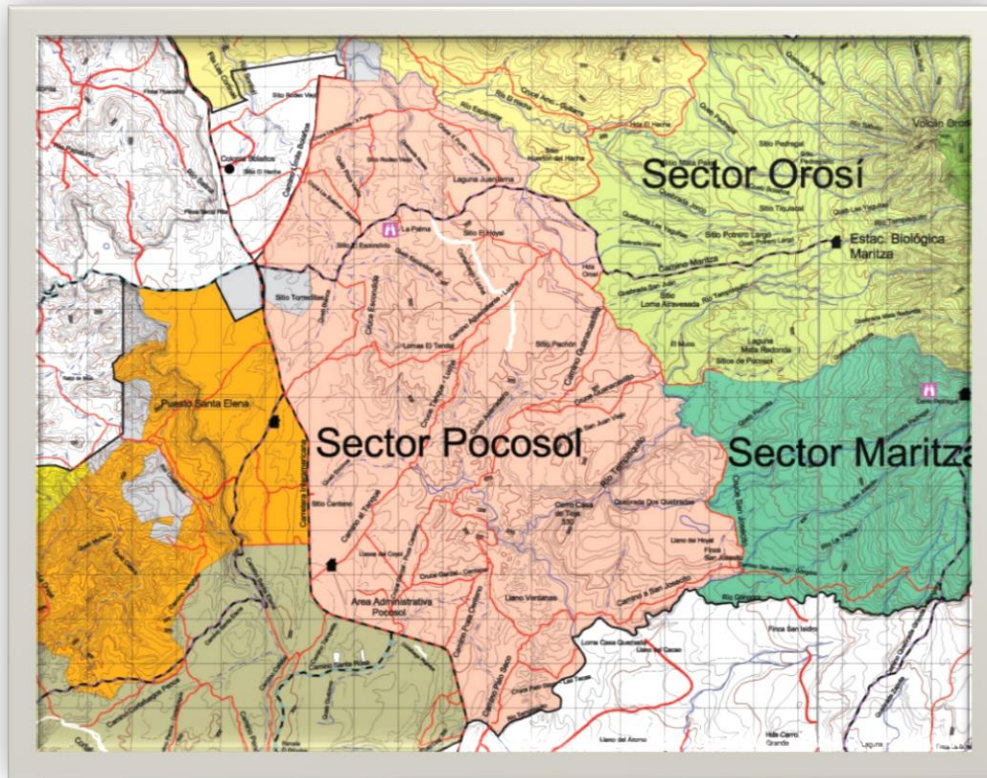


Figura 16: Ubicación sector Pocoso en la Cartografía a escala 1:50 000

Fuente: Modificado de Área de Conservación Guanacaste, 2021.

3.1.3 Caracterización ecológica

Pocosol no es un sector enfocado en la visitación turística, más bien, corresponde a un área que conjuga diferentes estados de restauración y coberturas, con un alto valor ecológico por su bosque seco y transición con el bosque húmedo.

Zonas de Vida Holdrige: se clasifica como Bosque Húmedo Premontano Transición a Basal (bh-PV). Suelos de origen volcánico de la Formación Bagaces (sedimentos lacustres y fluvio lacustres, lavas columnares e ignimbritas dacíticas); inceptisol; profundo, bajo en bases, seco por más de 90 días al año, asociado con suelos arcillosos poco profundos pedregosos; en terrenos montañosos y terrazas antiguas (latosol con planosol) (Capas en formato “shape” aportadas por el PMF-ACG, 2021).

Capacidad y uso del suelo: son de tipo VIII, tierras aptas para la preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica, con bajas pendientes de 3 % a 8 %, limitantes de profundidad efectiva y pedregosidad, suelos erosionables. Con un clima subhúmedo húmedo, muy caliente, con una estación seca muy larga (Mapa Base Topográfico del IGN: Capacidad de Uso de la Tierra, Clases Forestales. Edición 1-1995, Fundación Neotrópica, CEAP, 1995).

Aguas superficiales: Pocosol es parte de las cuencas Lago de Nicaragua y cuenca Río Tempisque; con quebradas y ríos de flujo estacional intermitente como: Quebrada Poza Verde, Quebrada Rodeo, Quebrada Escondida, Quebrada Blanca, Quebrada Limonal, Quebrada San Juan, Quebrada Encinos, Quebrada Aserradero, Quebrada Guácimo, Quebrada Dos Quebradas, río Espavelar y río Tempisquito.

Humedales: El inventario Nacional de Humedales MINAET, SINAC, PNUD, GEF del 2018, identifica una serie de humedales palustres con superficies relativamente pequeñas y alterados por acciones antrópicas, pero fundamentales para la regulación hídrica y recarga de acuíferos (Veas, y otros, 2018).

Ubicados según el estudio, en la “Unidad Santa Rosa”, que contiene los humedales presentes en el Parque Nacional Santa Rosa y Parque Nacional Guanacaste, así como lo sitios Ramsar Laguna Respingue, el Humedal Potrero Grande y otros humedales pequeños ubicados fuera de las áreas protegidas.

En Cuadro 1 se detalla los humedales ubicados el sector Pocosol del PNG:

Cuadro 1: *Humedales existentes en el Sector Pocosol del PNG*

NOMBRE	TIPO	CLASE	ÁREA (ha)	CUENCA
Cruce Juanilama por Punto	Palustre	Pantano Herbáceo	0,35	Lago de Nicaragua
Juanilama	Palustre	Pantano Herbáceo	14,31	Lago de Nicaragua
Rodeo Viejo	Palustre	Pantano Herbáceo	3,94	Lago de Nicaragua
Poza Verde	Palustre	Pantano Herbáceo	1,40	Lago de Nicaragua
Tendido Eléctrico	Palustre	Pantano Herbáceo	8,79	Lago de Nicaragua
Detrás del Hacha Evangelística.	Palustre	Pantano Arbustivo	1,30	Lago de Nicaragua
El Escondido	Palustre	Pantano Herbáceo	4,15	Lago de Nicaragua
Cruce Maritza – El Escondido	Palustre	Pantano Herbáceo	0,08	Lago de Nicaragua
Cruce Camino La Palma	Palustre	Pantano Arbustivo	0,20	Río Tempisque
Camino El Tanque Oeste	Palustre	Pantano Herbáceo	0,07	Río Tempisque
Laguna Mata Redonda	Palustre	Laguna	7,78	Río Tempisque

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de la información digital suministrada por el PMF-ACG, 2021.

Entre las características de la Unidad Santa Rosa (comprende al Sector Pocosol), se destaca su diversidad biológica presente de 36 especies de flora y 48 especies de fauna (Veas, y otros, 2018).

Cobertura del suelo: corresponde a un mosaico de áreas, de las que se puede citar: pasto, pastos arbolados, tacotales, y bosque secundario. El tipo de vegetación del bosque, se caracteriza como Bosque Deciduo de Bajura, sobre formas de origen volcánico (Meseta de Santa Rosa), topografía plana o plano-ondulada.

Suelos inceptisoles: *typic ustropept*, *typic distrandept*, *lithic ustropept*, *ustic dystropept*. Los latosoles son profundos, bien drenados, en sitios asociados a depósitos volcánicos como tobas, y arcillas derivadas poco permeables. Suelos secos por más de 90 días al año (Mapas de Tipos de Vegetación, ACG, 2021).

3.1.4 Bosque Seco Tropical

Entendido como un bosque natural creciendo en las tierras bajas del trópico, en sitios donde el clima tiene una definida estación seca casi libre de lluvia, de entre 4 a 8 meses de duración, pero que, en los restantes meses de lluvia, recibe suficiente agua para sostener un bosque, entendido este como muchas plantas leñosas con un dosel leñoso cerrado. (Janzen & Hallwachs, 2016).

Actualmente, en sector de Pocosol, al igual que en el resto del Parque Nacional Guanacaste, ocurre una restauración a nivel de paisaje, acorde con su plan original (Janzen D. , 1986), con el objetivo de conservar bloques de bosque seco de un tamaño suficiente, que mantengan la biodiversidad. Proceso de restauración, con bloques del ecosistema bosque seco, que aún contienen poblaciones significativas de la mayoría de sus especies, permitiendo una restauración natural (Janzen & Hallwachs, 2016).

3.1.5 Sucesión Natural del Bosque Seco

Para efectos de un mejor entendimiento sobre el funcionamiento del plan original de creación del Parque Nacional Guanacaste, hoy ACG, es importante conocer sobre el proceso de sucesión natural del ecosistema bosque seco, para las distintas coberturas de suelo, en diferentes estados sucesionales, y de su comportamiento ante la supresión de los fuegos en el área protegida.

A medida que se han ido eliminando, principalmente los incendios, se ha permitido a los fragmentos de población silvestre, volver a ocupar sus áreas originales; favorecido este proceso por los semilleros existentes, pues a pesar del alto grado de degradación antrópica en el ACG, en 1985, la Meseta de Santa Rosa y alrededores, contenía fragmentos de poblaciones silvestres con hasta un 99 % de las especies originales, entremezcladas en mosaico de edades y estados de conservación (Janzen & Hallwachs, 2016).

El proceso de sucesión de la vegetación leñosa y la “invasión” a los pastizales del PNG, se posibilita con ayuda de cuatro factores característicos del bosque seco que lo diferencian de otros ecosistemas (Janzen & Hallwachs, 2016).

1. Más de 100 especies de árboles, bejucos y arbustos del bosque seco del PNG; presentan semillas dispersadas por el viento, provenientes de los adultos dispersos en los bordes de los pastizales.

2. Los vertebrados del bosque seco, casi todos se alimentan de frutas (frugívoros) y, por tanto, recipientes y dispersadores de semillas, ya sea defecadas, escupidas o enterradas.
3. Las plántulas de plantas leñosas, se encuentran con las especies de hongos micorrizas con los que establecen una relación simbiótica favorable para ambos.
4. A diferencia con las del bosque lluvioso, las plantas leñosas juveniles del bosque seco que están intentando establecerse en un pastizal, se encuentra con retos climáticos severos (pleno sol, calor y sequía), pero que no son tan distintos de los restos normales.

Dada la incidencia que tienen los estados sucesionales del bosque, sobre los períodos de recuperación en las distintas coberturas de suelo en el área afectada; se recurre a sintetizar al esquema utilizado por Jorge Fallas, en el documento Ecorregiones y Ecosistemas de Costa Rica: Un enfoque Ecosistémico, 2011; donde caracteriza las fases sucesionales para el ecosistema de bosque seco (Fallas, 2011):

- ✓ Primera fase de vegetación boscosa de crecimiento inicial o pionera: Primera etapa en el proceso de sucesión, con una duración de entre 1 y 5 años; denominada para Costa Rica como “charral” o pastizal abandonado cuya principal fuente de semillas es acarreada por el viento. Comunidad vegetal caracterizada por la presencia de especies pioneras (herbáceas y arbustos) que pueden sobrevivir en suelos degradados o poco fértiles. Proceso de sucesión más lentos, por lo que la vegetación leñosa puede alcanzar un máximo de altura de 3 a 5 metros, con un único estrato dominante con copa abiertas, y los bejucos espinosos pueden ser abundantes (Fallas, 2011, p. 31).
- ✓ Segunda fase de vegetación boscosa de crecimiento secundario temprano e intermedio: El proceso de sucesión ha transcurrido por un período de 15 a 20 años; secundario temprano, denominada para Costa Rica como Tacotales. Con dominio de especies pioneras entre 20-35 años (secundario intermedio) con especies persistentes de rápido crecimiento. Conforme la comunidad vegetal avanza en edad, su composición y estructura tiende a parecerse más a una comunidad boscosa madura. Con una fisionomía de

la vegetación muy heterogénea, que incluye desde individuos en su etapa temprana de sucesión hasta árboles que han alcanzado su porte adulto. A esta categoría pertenecen la mayoría de los bosques secundarios de Costa Rica. Los árboles pueden alcanzar entre 11 y 20 metros de altura con dos estratos y un sotobosque poco denso, pero bien establecido (Fallas, 2011, p. 33).

- ✓ Tercera fase de bosque se crecimiento secundario avanzado o secundario tardío: Posee la apariencia y composición de especies de una comunidad madura, sin embargo, el bosque es el resultado de un proceso de sucesión que ha trascendido durante 35 y 75-80 años. Es probable que se presente aperturas o claros en el dosel por la caída de árboles maduros y que falten los árboles de dimensiones mayores de un bosque maduro, así como aquellas especies con densidades naturales muy bajas (especies raras) (Fallas, 2011, p. 34).

- ✓ Cuarta fase de bosque maduro: Corresponde a un bosque producto de un proceso de sucesión que se ha mantenido ininterrumpido durante 75-100 o más años. Puede estar exento de influencia antrópica, sin embargo, puede estar afectado por actividades extractivas de subsistencia. El estrato superior está formado por árboles maduros con alturas totales entre 20 y 30 metros, con troncos rectos y gruesos, con copas anchas y planas que constantemente no tienen contacto entre sí. Con una vegetación de decidua a semidecidua en la estación seca. En las riberas de los ríos es posible encontrar bosques siempre verdes. Con un estrato inferior formado por árboles retorcidos o inclinados con una altura de entre 10 y 20 metros. El sotobosque se conforma por vegetación leñosa con alturas de entre 2 y 5 metros, espinosos y con tallos múltiples (Fallas, 2011, p. 36).

3.1.6 Incendio en el Sector Pocosol

El día jueves 04 de marzo del 2021, al ser 06 horas de la mañana, funcionarios del Programa de Manejo del Fuego, detectan el primero de cinco puntos de incendio dentro del Parque Nacional Guanacaste, en el sitio conocido como Punto Altamira del Sector Pocosol (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

Al ser las 06:30 a.m., con la llegada de los primeros medios de atención, dio inicio el control del incendio forestal. Las brigadas de bomberos forestales aplicaron técnicas de apertura de líneas de defensa y combate directo al fuego, sin embargo, los fuertes vientos dificultaron la labor de contención y el incendio se extendió en uno de sus frentes, en dirección sureste hacia lo interno del parque, lo que requirió la aplicación de diferentes técnicas de combate para su contención. Otro de los frentes del incendio avanzó en dirección suroeste, cruzando la Carretera Interamericana y afectando diferentes fincas al margen de la Ruta 01; punto en el que fue contenido por las brigadas presentes (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

Las labores de combate al incendio, se extendieron de forma continua hasta el día viernes 05 de marzo del 2021 a las 05:00 p.m., que se da por contenido el incendio. Posteriormente, y durante la noche del viernes, el personal técnico mantuvo labores de vigilancia, con el fin de evitar posibles focos secundarios del fuego, y el día sábado 06 de junio, realizó operativos durante todo el día, con el objetivo de verificar y garantizar la liquidación del fuego y su contención total (Área de Conservación Guanacaste, 2021).

A continuación, se presenta una descripción gráfica del área afectada por el incendio dentro de los linderos del PNG (ver figura 17).

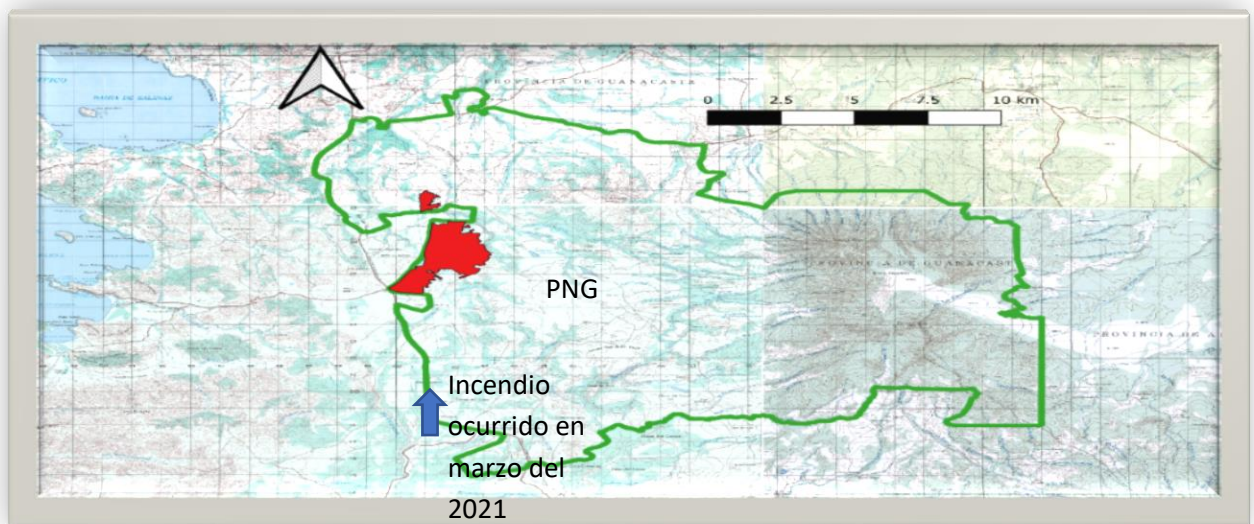


Figura 17: Área del incendio y contorno del PNG, sobre la Cartografía a escala 1: 50 000

Fuente: Elaboración propia, utilizando los archivos en formato “shp”, suministrados por el PMF-ACG, 2021.

En el “Informe del Incendio Forestal Atendido”, facilitado para el presente estudio, por parte del Programa de Manejo de Incendios del ACG, se detalla sobre varios puntos técnicos y administrativos del proceso de contención del incendio que nos ocupa, por lo que se procede a hacer referencia sobre varios puntos de interés para la investigación (D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021):

- ✓ Número de incendio: PMF-IIF-05-2021
- ✓ Nombre del incendio (Sector): X Punto – Alta Mira
- ✓ El sitio donde se presentó el incendio es reincidente, habiendo ocurrido otro incendio en el año 2018
- ✓ Nivel de atención máximo alcanzado: Nivel 3(*)
- ✓ Causa del Incendio: Actividades de Caza
- ✓ Área afectada por tipo de vegetación:

Cuadro 2: *Área afectada por tipo de vegetación*

TIPO DE VEGETACIÓN	ÁREA (ha)
Bosque Secundario	145,31
Tacotal	22,00
Pastos	22,59
Pasto Arbolado	489,90
Área total afectada	679,80

Fuente: Datos del informe del PMF-ACG.

D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

Se procede a realizarle ajustes pertinentes a la información de los tipos de coberturas afectadas por el incendio forestal, con el fin de diferenciar las áreas correspondientes a humedales palustres afectados por el siniestro.

Cuadro 3: *Humedales existentes en el Sector Pocosol del PNG*

NOMBRE	TIPO	CLASE	ÁREA (ha)	CUENCA
Rodeo Viejo	Palustre	Pantano Herbáceo	3,94	Lago de Nicaragua
Poza Verde	Palustre	Pantano Herbáceo	1,40	Lago de Nicaragua
Tendido Eléctrico	Palustre	Pantano Herbáceo	8,79	Lago de Nicaragua

Fuente: Elaboración propia, a partir de información digital, aportada por el PMF-ACG.

D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

Utilizando herramientas SIG, y empleando las capas aportadas por el PMF-ACG (coberturas del suelo, incendios 2021, registro nacional de humedales); se ubica los humedales incluidos dentro del área de afectación del incendio, y el tipo de cobertura que los incluye. El proceso anterior, concluye que los tres humedales palustres afectados, se encuentran incluidos en la cobertura “Pasto Arbolado”; por tanto, se ajusta en el cuadro de áreas en lo que corresponde:

Cuadro 4: *Área afectada por tipo de vegetación (incluye humedales)*

TIPO DE VEGETACIÓN	ÁREA (ha)
Bosque Secundario	145,31
Tacotal	22,00
Pastos	22,59
Pasto Arbolado	475,77
Humedales Palustres	14,13
Área total afectada	679,80

Fuente: Elaboración propia, a partir de información digital aportada por el PMF-ACG. D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

✓ Personal Participante

Cuadro 5: *Personal participante en la atención del incendio*

TIPO DE APOYO	N° DE PERSONAS	N° DE HORAS / PERSONA (*)	TOTAL DE HORAS
Funcionarios SINAC	34	59	2006
Bomberos Forestales Voluntarios	8	20	160
Bombero Forestal Contratado (BRIF)	25	50	1250
Cuerpo de Bomberos	3	6	18
TOTAL	70	135	3434

(*) Tiempo real en las labores de extinción, control o liquidación.

Fuente: Datos tomados del informe del PMF-ACG. D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

✓ Equipo y Herramientas Utilizados

Cuadro 6: *Equipo y herramientas utilizados*

TIPO	CANTIDAD
Transporte	
Vehículos	8
Vehículos extintores SINAC-MINAE	1
Vehículos extintores Cuerpo de Bomberos	1
Conjunto Pick-Up	2
Tractor oruga	1
Tractor de llantas	1
Herramientas	
Machete	57
Equipo	
Sopladora de motor	10
Quemador de goteo	3
Bomba de espalda	5
Radiocomunicación	

Radio Base	7
Radios móviles	14

Fuente: Datos tomados del informe del PMF-ACG.

D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

- ✓ Efecto sobre la vida silvestre: Pasajero.
- ✓ Riesgo de erosión: Moderado.
- ✓ Alteración del paisaje: Pasajero.
- ✓ Valoración daño ambiental: No hay información de la valoración económica del daño ambiental.

El día 02 de abril del 2021, en compañía de funcionarios del PMF-ACG, se realizó la primera gira de campo y levantamiento de información en el sitio afectado por el incendio forestal (figura 18).



Figura 18: Visita realizada al sector afectado por el incendio forestal.

Fuente: Fotografías tomadas el día 2 de abril del 2021.

3.1.6.1 Vulnerabilidad del Sector Pocosol

La zona afectada por el incendio de marzo del 2021, sufrió ya un atraso en su proceso de regeneración y restauración de los ecosistemas presentes. Ahora, estas áreas presentan un alto grado de susceptibilidad a otro incendio.

Otros aspectos que hacen del Sector Pocosol del PNG, particularmente vulnerable a incendios, luego del evento registrado en marzo 2021, se debe a características propias del sitio:

- ✓ La larga estación seca: Se extiende por 6 a 7 meses, de noviembre a mayo, y recibe un promedio anual de precipitación, que oscila entre los 900 mm y los 2500 mm, rango que está muy por debajo de los promedios de lluvia que cae en otros tipos de bosque de Costa Rica.
- ✓ Altas temperaturas y vientos: Temperaturas con un promedio de 24°C y extremos que pueden llegar a un mínimo de 17°C y un máximo de 40°C. Es durante estos meses secos y calientes, que en PNG recibe la influencia de los vientos alisios del Caribe entre los meses de noviembre a marzo, y soplando continuamente.
- ✓ Grandes dimensiones de terreno: El gran bloque biogeográfico del ACG, con sus 163 000 ha de área silvestre protegida, que van desde el Océano Pacífico, hasta las tierras bajas en el sector Caribe del país. Corresponde a una gran extensión de terreno y con sectores de difícil acceso; a cuidado y resguardo de un grupo de funcionarios que, aunque altamente preparado y comprometido, es reducido, tanto en personal (cinco funcionarios), como en presupuesto y equipamiento.

3.1.6.2 Amenazas asociadas al Sector Pocosol

La mayoría de las amenazas al proceso de restauración en la zona afectada por el incendio, son de naturaleza antropogénica; siendo que los incendios del ACG, son de dos clases principalmente (Janzen D., 1986).

- ✓ Los iniciados en las fincas en los alrededores del ACG, que se propagan por tierra o por chispas impulsadas por el viento al interior del PNG.
- ✓ Los iniciados por personas a lo interno del área protegida.

Se detalla sobre las principales amenazas identificadas:

- ✓ Actividad de Caza: Acá se refiere a la cacería como una amenaza para el PNG, no solo en sí misma, sino por las acciones asociadas, como el supuesto que señalan los indicios encontrados en el sitio del evento del 2021, y anotados por los

funcionarios del PMF del ACG; asociado a un acto de venganza, por parte de cazadores que habían sido detenidos en el Parque Nacional.

- ✓ Colindancia con carreteras y centros poblados: Oeste con la Ruta 01 - Carretera Interamericana y cercanía a los poblados de Colonia Bolaños y La Garita, así como la actividad agropecuaria de las fincas adyacentes.
- ✓ Coberturas del suelo: Compuesta principalmente por bosque seco en estado sucesional temprano, pastos arbolados, pastos y sectores de charral; en el informe 2021 del PMF-SINAC-MINAE, se señala este tipo de coberturas vegetativas, como de común observancia en los sectores de mayor recurrencia de incendios. Sumado a lo anterior, hay sectores del PNG, que hace años no se ven afectadas por incendios forestales, por lo que se tiene una gran acumulación de biomasa que, en caso de la ocurrencia de un incendio, provocaría que las labores de extinción sean más complejas, y que más área se vea afectada por el evento.
- ✓ Cambio climático: En el mismo informe de resultado para la temporada de incendios 2021 (Presidencia, 2021), dado por el PMF-SINAC-MINAE, Luis Diego Román Madriz, Coordinador del Programa, manifiesta que: en los años venideros Costa Rica tendrá temporadas de incendios más críticas, debido al cambio climático, que está modificando la estructura y condiciones de desecación de la vegetación, teniendo mayor facilidad para que puedan arder, con un comportamiento extremo del fuego.
- ✓ Situación financiera nacional: El complicado estado financiero que atraviesa el país actualmente, ha provocado recortes presupuestarios al MINAE-SINAC este 2021, afectando todos sus Programas y el PMF no es excepción; estos recortes debilitan la operación y respuesta del Programa de Manejo del Fuego, para enfrentar las próximas temporadas de incendio.

3.2 Enfoques

3.2.1 Enfoque teórico de la economía ambiental

3.2.1.1 Evaluación económica ambiental

Existe una asociación entre la economía y el medio ambiente; un inadecuado desarrollo económico, frecuentemente provoca una degradación de los bienes y servicios ambientales (Barzev, 2002).

Acá es donde se recurre a las evaluaciones ambientales; donde estas incluyen en sus estudios; factores físicos, naturales, sociales y económicos que, mediante procesos de recopilación y análisis de la información, identifica y cuantifica los impactos de los eventos, suministrando así la información necesaria para los análisis económicos (Barzev, 2002).

Para el análisis económico del impacto del incendio en el PNG, se considera los postulados de la economía de bienestar y el trabajo multidisciplinario, que implica la formación de grupos de expertos para analizar los aspectos físico naturales (indicadores físicos) como socioeconómicos (indicadores económicos-ambientales), y así generar indicadores cuantitativos físicos, que son expresados luego en términos monetarios (Barzev, 2002).

En los postulados de la economía de bienestar, se considera el cambio en la calidad de vida de los individuos, como consecuencia de los cambios en la calidad del ambiente, luego este cambio es interpretado y cuantificado en términos económicos. Para estos fines, se recurre a las Metodologías de Valoración Económica, que permitan la cuantificación física y económica del medio ambiente, generando indicadores económicos-ambientales (Barzev, 2002).

Para la evaluación de los recursos naturales, se necesita, no solo del conocimiento de físico (indicadores físicos), sino también del conocimiento sobre su comportamiento en el mercado, donde se le asigna un valor económico (indicadores económicos o precios de mercado) (Barzev, 2002).

La economía ambiental, mediante sus métodos, trata de expandir el análisis económico tradicional, incluye en el sistema de mercado los bienes y servicios no

transables, como es el caso de los servicios ambientales, sin precio en el mercado y de las externalidades o impactos ambientales.

3.2.1.2 La economía circular

A diferencia de la economía tradicional, el concepto de la economía circular, involucra los bienes y servicios ambientales dentro del análisis económico, como insumos de cualquier sistema productivo, y también el receptor de los desechos generados por su uso (Barzev, 2002).

Para la economía circular, el uso sostenible de los recursos naturales, se logra cuando los beneficios económicos son mayores que los costos de producción, más los costos ambientales generados por la contaminación (Barzev, 2002).

3.2.1.3 Bienes sin precio en el mercado

El sistema económico que rige actualmente nuestra sociedad, es el de mercado que, en resumen, su funcionamiento es el siguiente: en un mercado idealmente competitivo, confluyen una serie de agentes económicos (productores, trabajadores, consumidores) que tratan de maximizar sus funciones – objetivo, previamente definido en el modelo, y que generan los precios por medio de su interacción; y son estos precios los que resuelven sobre la asignación de recursos. Los consumidores revelan sus preferencias a pagar por los bienes y servicios (Barzev, 2002).

La competencia entre las empresas, entre los consumidores y entre los oferentes de los servicios de los factores productivos, deberían garantizar un resultado óptimo, sin embargo, las cosas no resultan así, dadas las imperfecciones del mercado, como una competencia imperfecta en los mercados (monopolios, oligopolio, monopsonio, intervención del gobierno con impuestos, subsidios, control de precios); mercados incompletos y, por último, los bienes y servicios que carecen de un mercado donde intercambiarse, por lo que carecen de precios (bienes no transables) (Barzev, 2002).

Claro que, el hecho que ciertos bienes y servicios no tengan precios de mercado, no implica que no tengan valor. Según el tipo de valor que tengan, se debe estimar su precio, e incluirlos en el sistema de mercado, para su análisis.

Aquí se ubica los bienes públicos, cuyas principales características son: la no exclusión, es decir, que no se excluye a nadie de su consumo, aunque no pague por ello; y la no rivalidad, que implica que el uso del bien por una persona no reduce el consumo potencial de los demás.

Por otra parte, se encuentra los recursos comunes, caracterizados por la libertad de acceso, que implica que su uso y disfrute no tiene ningún costo, pero puede existir la rivalidad en el consumo.

Otro factor presente en el sistema son las externalidades, cuando una actividad de una persona o empresa, repercute sobre el bienestar de otra, o sobre su función de producción, sin que pueda cobrar un precio por ello. Es decir, que quien genera una externalidad negativa, a pesar del perjuicio causado, no paga por ello en el mercado; e igual, en el otro sentido, quien produce una externalidad positiva, no se ve compensado económicamente.

3.2.1.4 El precio, la utilidad y la preferencia

El precio, entendido como la cantidad de dinero que un comprador da a un vendedor a cambio de un bien o servicio; determinado este en el mercado, dentro del proceso de interacción entre la oferta y la demanda.

Dado que muchos de los recursos naturales no tienen precio, no pueden ser incluidos en el mercado, por lo que no hay información de estos bienes y servicios ambientales que se pueda analizar. Funcionan estos bienes en el mercado, como si carecieran de valor.

Lo anterior lleva a la necesidad de lograr conocer el valor para la población de un cambio determinado, luego de adoptar alguna medida que desmejora la calidad ambiental en un determinado entorno. Los cambios en la calidad del ambiente, generan cambios en el bienestar de los individuos.

Quien consume, desconoce sobre el valor económico de los cambios, lo que puede hacer, es identificar si se percibe mejor o peor después de cambio ocurrido en la calidad del ambiente. Por tanto, el consumidor reconoce si el nivel de utilidad es superior o inferior, producto de la mejora o deterioro de la calidad ambiental (Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales (Barzev, 2002).

3.2.2 Enfoque de la valoración económica del daño

Se resume en cuatro elementos principales:

- ✓ Indicadores físicos: Dada la interacción física entre los bienes y servicios ambientales, se va a generar identificadores físicos ambientales.
- ✓ Indicadores económicos: A partir de los indicadores físicos, y empleando métodos de valoración económica, se asignará precios de mercado a los bienes y servicios ambientales, obteniendo indicadores económicos ambientales.
- ✓ Evaluación física, económica y social: se hará una evaluación física, económica y social, para determinar el alcance del daño.
- ✓ Valoración económica del daño: se procederá a la estimación del valor económico del daño.

3.2.2.1 Caracterización de los bienes de biodiversidad

Para los bienes de biodiversidad existen usos actuales y usos potenciales, por lo que la siguiente caracterización permitirá expresar su valor en el mercado (Barzev, 2002).

- ✓ Funciones ecosistémicas: Son los flujos energéticos, entre los distintos elementos de un ecosistema.
- ✓ Bienes ambientales: Son los recursos tangibles, utilizados como insumos en la producción o en el consumo final (se gastan y se transforman en el proceso).
- ✓ Servicios ambientales: Su principal característica, es que no se gastan ni se transforman en el proceso, pero le generan indirectamente utilidad al consumidor; como podría ser, el paisaje que ofrece un bosque. Son las funciones ecosistémicas utilizadas por el ser humano, que le generan beneficios económicos.
- ✓ Impactos ambientales o externalidades: Son el efecto de la actividad económica de una persona, sobre el bienestar de otra.

3.2.2.2 El valor económico de los bienes y servicios ambientales

La necesidad de contar con las estimaciones de los valores monetarias para nuestros recursos naturales, se puede apreciar directamente en el cálculo de indemnizaciones por daños ocasionados al ambiente. Instituciones como el MINAE, administradora y depositaria

del cuidado de las áreas silvestres protegidas en Costa Rica, tiene la necesidad de contar con los indicadores que lo permitan. Estas estimaciones, requieren ser los más exacto posible, respecto al valor monetario del daño en el recurso y el costo de su restauración (Barzev, 2002).

Como se ha expuesto en el presente documento, las características propias de los bienes públicos, como la no exclusión, la no rivalidad, y por la naturaleza renovable de los recursos naturales, hacen que estos generalmente no sean transados en el mercado. Sin embargo, está claro que todos estos recursos constituyen directa o indirectamente beneficios para el ser humano, por lo que se podrían distinguir dos tipos de valores (Barzev, 2002).

- ✓ Valores de bienes de mercado.
- ✓ Valores de bienes de no mercado.

Otra categoría de división para los bienes y servicios ambientales; es según se determine su uso, como el directo, como ejemplo, se podría tener los beneficios recreacionales de un bosque (visitación); o alternativamente el disfrute de forma no directa de este, como podría ser el goce de una fotografía del lugar. Con esta diferenciación, se podría distinguir dos tipos de valores (Barzev, 2002).

- ✓ Valores de uso directo
- ✓ Valores de uso indirecto

Luego se tiene una división de los bienes y servicios ambientales, según se consuma el bien o no (Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales (Barzev, 2002).

- ✓ Valores de uso consuntivo.
- ✓ Valores de uso no-consuntivo.
- ✓ Valores de no-uso o de existencia.
- ✓ Valores opcionales.

3.2.2.3 Ecuación del Valor Económico Total (VET)

Uno de los conceptos que se ha desarrollado y utilizado de manera más amplia, es de la ecuación del Valor Económico Total (VET) (Aguilar, 2002).

Al marco de este enfoque, las preferencias individuales son el factor fundamental y determinante del valor, es decir, los recursos naturales y ambientales son considerados en términos monetarios, solo en la capacidad que tengan de solventar o satisfacer necesidades del ser humano y serán valorados, en tanto se encuentren dentro de las escalas de preferencia humanas (Barzev, 2002).

Cita Barsev (2002), que: el Valor Económico Total de un recurso o servicios ambiental, consiste en la suma del valor de uso (directo e indirecto), más el valor de no uso (opcional y de existencia). p.43

$$VET = VU + VNU$$

Donde:

$$VU = VUD + VUI$$

y

$$VNU = VO + VE$$

Por tanto:

$VET = (VUD + VUI) + VO + VE$

Figura 19: Fórmula del Valor Económico Total.

Fuente: (Barzev, 2002).

Donde:

VET	Valor Económico Total
VU	Valor de Uso
VNU	Valor de No Uso
VUD	Valor de Uso Directo
VUI	Valor de Uso Indirecto
VO	Valor de Opción
VE	Valor de Existencia

Para un mejor entendimiento sobre los valores de uso (directo e indirecto) y los valores de no uso (opcionales y de existencia), se presenta la siguiente figura con detalle y ejemplos de cada uno de estos (Ver Figura 20).

VALOR ECONÓMICO TOTAL DE LOS SERVICIOS AMBIENTALISTAS DE UN ECOSISTEMA			
Valor de Uso		Valor de No Uso	
Valor Uso Directo	Valor Uso Indirecto	Valor de Opción	Valor de Existencia
Madera/Leña	Suplidor Agua Subterránea	Especies	Especies en Extinción
Alimentos Vegetales	Control Inundaciones	Conservación de Hábitat	Estética
Alimentos Animales	Retención de Sedimentos	Protección de Biodiversidad	Conservación
Artesanía	Retención de Nutrientes	Potencial Farmacéutico	Consumo de Videos
Agua Potable	Mantenimiento Calidad del Agua	Potencial Turístico	
Agua para la Agricultura	Soporte a Biodiversidad		
Agua para la Industria	Producción de O2		
Turismo/Recreación	Secuestro CO2		
Farmacéuticos	Belleza Escénica		
Construcción	Protección Cuenca		
Materia Prima	Polinización		
Investigación	Reproducción Especies		
Educación			
Reproducción Especies			
Biomasa			
Plantas Medicinales			
Plantas Ornamentales			

Figura 20: Valor Económico Total (VET).

Fuente: Tomado de Barzev, 2002, 43.

El instrumento permite clasificar sistemáticamente los diferentes servicios ambientales. Los servicios se clasifican en dos grupos principales: directos e indirectos.

Los Valores Directos (VD) se relacionan con el consumo del servicio y la existencia de capital. Los Valores Indirectos (VI) se relacionan con cambios en el bienestar humano que no se originan del consumo físico y reconocen el valor intrínseco de la naturaleza (Aguilar, 2002).

Los Valores Indirectos pueden dividirse en Valores de Opción (VO) y Valores de Existencia (VE) (Aguilar, 2002).

Los VO es un “seguro” para el acceso a futuros servicios ecosistémicos; justificado por la necesidad de valorar la incertidumbre sobre la oferta futura de ciertos servicios ambientales, y por la aversión al riesgo de no contar con estos. Se incluye dentro de estos Valores de Opción, el valor de los potenciales descubrimientos de bienes o servicios ambientales, que puedan aumentar el bienestar humano en el futuro (Aguilar, 2002).

El VE, corresponde al valor intrínseco, intangible y ético, de los bienes y servicios ambientales, que no se relaciona con el bienestar de los seres humanos; proviene este de un sentimiento de consideración por las otras entidades no humanas. Aunque su estimación no es necesaria y cuya inclusión en la ecuación, proviene de asumir una posición no exclusivamente utilitarista (Aguilar, 2002).

3.2.3 Marco de definición de los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos, entendidos como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas; se dividen en cuatro grandes grupos, según el *Millennium Ecosystem Assessment*, citado por Mary Luz Moreno, en la Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los recursos naturales, 2020:

- ✓ Servicios de soporte: Servicios esenciales para el mantenimiento de los otros tres servicios de los ecosistemas. Existen diferentes vínculos entre estos y los diferentes factores que determinan y componen el bienestar humano.
- ✓ Servicios de aprovisionamiento: La biodiversidad proporciona la sostenibilidad y recuperación de recursos básicos presentes en los diferentes ecosistemas y que son importantes para los medios de vida de las personas.
- ✓ Servicios de regulación: Beneficios obtenidos del control natural de los procesos ecosistémicos; como la purificación del aire y el agua, control de inundaciones o sequía, control del clima, control en la transmisión de enfermedades, regulación de la erosión del suelo.
- ✓ Servicios culturales o de información: Brindan al ser humano una interacción importante con la naturaleza; influye en aspectos estéticos, recreativos, educativos, culturales y espirituales.

A partir del año 2017, el *Multidisciplinary Expert Panel*, en conjunto con el Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, crea un nuevo marco conceptual, que clasifica los servicios ecosistémicos que brinda la naturaleza. Este nuevo marco conceptual, aunque basado en la clasificación del *Millennium Ecosystem Assessment*, ya no considera las cuatro categorías mencionadas, sino que señala tres grandes grupos y 18 categorías (Moreno, 2020).

Las tres grandes categorías de grupos de contribuciones de la naturaleza a las personas, que distingue el *Multidisciplinary Expert Panel*, en conjunto con el Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, son (Moreno, 2020).

- ✓ Contribuciones reguladoras: Contempla lo que el marco anterior eran los servicios de regulación.
- ✓ Contribuciones materiales: Refiriéndose a los elementos materiales de la naturaleza, que sostienen la existencia física e infraestructura de las personas, necesarios para la operación de una sociedad. Se enmarca dentro de este grupo, lo que en el marco anterior eran los servicios de provisión.
- ✓ Contribuciones no materiales: Refiere a las contribuciones de la naturaleza en la calidad de vida subjetiva o psicológica de las personas; siendo que los entes que proporcionan estas contribuciones podrían ser tangibles o intangibles. Este grupo considera muchos de los servicios ecosistémicos que en el marco anterior eran los servicios culturales.

La Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los recursos naturales, de Mary Luz Moreno (2020); traduce las 18 categorías de contribuciones de la naturaleza a las personas, indicadas en la nueva clasificación presentada por el Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, las cuales se presenta en un cuadro; se extrae y cita las categorías:

- 1) Creación y mantenimiento del hábitat, 2) Polinización y dispersión de semillas, 3) Regulación de la calidad del agua, 4) Regulación del clima, 5) Regulación de la acidificación de los océanos, 6) Regulación de la cantidad de agua dulce, ubicación y tiempo, 7) Regulación de la calidad del agua

dulce y costera, 8) Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos, 9) Regulación de riesgos y eventos extremos, 10) Regulación de organismos perjudiciales para los humanos, 11) Energía, 12) Alimentos, 13) Materiales y asistencia, 14) Recursos medicinales, bioquímicos y genéticos, 15) Aprendizaje e inspiración, 16) Experiencias físicas y psicológicas, 17) Identidades de apoyo, 18) Mantenimiento de opciones (Moreno M.L., 2020, pp.22-26).

3.3 Clasificación de los métodos de valoración económica de los bienes y servicios ambientales

Existen diferentes clasificaciones para los diferentes métodos de valoración económica. Según autores como (Dixon & Pagiola, 1998), las distintas metodologías se pueden clasificar de acuerdo con el origen y disponibilidad de la información en (Barzev, 2002).

- ✓ Métodos de valoración directos: usan valores directos de mercado o cambios de productividad.
- ✓ Métodos de valoración indirectos: usan valores de mercado de bienes o servicios complementarios o sustitutos.
- ✓ Métodos de valoración contingentes: usan valores determinados bajo condiciones hipotéticas (uso de encuestas).
- ✓ Otros métodos.

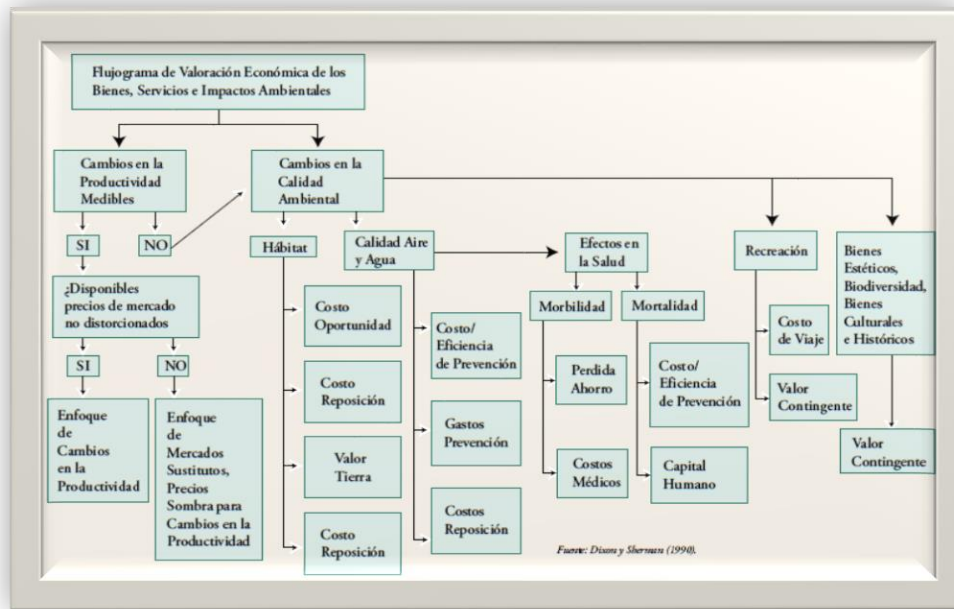


Figura 21: Diagrama de flujo de la valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales.

Fuente: Tomado de Barzev, 2002.

3.3.1 Métodos de valoración directa

Métodos basados en precios de mercado disponibles o en observación de cambios en la productividad y son de aplicación cuando un cambio en la calidad o disponibilidad de un bien o servicio ambiental, afecta la productividad (Barzev, 2002).

Métodos específicos de valoración directa (Barzev, 2002).

- ✓ Cambio de productividad: Análisis de costo-beneficio.
- ✓ Pérdidas de ganancia (efectos en la salud): Se valora cambios en la productividad humana, resultantes de efectos negativos sobre la salud humana resultante del algún proceso de degradación ambiental.
- ✓ Costo de Oportunidad: Estima los costos de usar un recurso para propósitos que no tienen precios de mercadeo, calculando el ingreso perdido por no usar el recurso en otros usos.

- ✓ Valores directos de gastos: Se usa precios de mercado para valorar costos efectivamente incurridos.
- ✓ Gastos defensivos o preventivos: Estima el valor de un daño ambiental mediante, por medio de los gastos realizados para prevenir o mitigar efectos ambientales indeseables o revertir daños ocurridos.

3.3.2 Métodos de valoración indirecta (valores sustitutivos de mercado)

Usados cuando los diversos aspectos o atributos de los recursos, bienes y servicios ambientales no tienen precios reflejados en el mercado. Su estimación de valor, se realiza mediante precios pagados por otros bienes o servicios en mercados establecidos sustitutivos (Barzev, 2002).

Algunos de los métodos específicos que se encuentra en esta clasificación son (Barzev, 2002).

- ✓ Valores de la propiedad (Precios Hedónicos): Basado en la determinación de los precios implícitos en ciertas características de una propiedad que determinan su valor.
- ✓ Costo de viaje: La estimación del valor de los bienes ambientales, por medio de los costos involucrados en el uso del bien o servicio. Mediante encuestas y estimaciones del costo de los turistas hasta el lugar turístico, se determina los precios implícitos para el uso de un lugar o amenidad.
- ✓ Costo de reposición o restauración: Se basa en la medición de los costos potenciales del daño, medidos por estimadores ingenieriles o contables ex – ante de los costos de reposición o restauración de un activo físico o recurso natural, si la contaminación tuviera lugar.
- ✓ Gastos preventivos o gastos de mitigación: Son los gastos efectivos realizados por individuos, empresas o gobiernos, para prevenir los efectos ambientales indeseables o para revertir los daños ocurridos. Establece el valor mínimo que las personas están dispuestas y pueden gastar en prevenir el daño en el ambiente.

- ✓ Proyectos o precios sombra: Basado en la reposición de los servicios ambientales perdidos por un daño ambiental, más que el recurso en sí. Se determina los costos de un proyecto equivalente, que ofrezca u servicio ambiental sustituto que compense la pérdida.
- ✓ Métodos de valoración contingente (mercados contruidos): Utilizados cuando no existe información de mercado ni valores sustitutivos sobre las preferencias de los individuos (disposición a pagar), respecto a ciertos bienes y servicios ambientales. Basado en la presentación de situaciones hipotéticas (contingentes a) ante los individuos y la pregunta sobre su posible reacción a tal situación. Entre las técnicas empleadas se puede encontrar los juegos de licitación, experimentos tómallo o déjalo, juegos de intercambio, elección de menor costo, técnica Dalphi.
- ✓ Técnica Delphi: Se entrevista a expertos en el tema ambiental de interés. Los expertos entrevistados, intentan establecer un valor al bien, determinado por un proceso interactivo. Luego de haber establecido el valor individual, se intenta llegar a una decisión grupal (Moreno, M.L., 2020).
- ✓ Método transferencia de valor: Consiste en “aplicar estimaciones de valores económicos de una locación a un lugar similar en otra locación” (Plummer, 2009). Generalmente utilizado cuando es muy caro y/o hay poco tiempo disponible para conducir un estudio original y se necesita la medida de algunos beneficios (Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017).

3.4 Estudios que documentan sobre métodos de valoración del daño ambiental aplicados en Costa Rica

3.4.1 Evaluación económica del daño ambiental causado por los incendios forestales en Costa Rica, E. Vega, 2004

Edwin Eduardo Vega Araya, Consultor del Centro de Integración de Economía y Ecología, publica un artículo en el 2004, donde analiza la experiencia de aplicación de la metodología de valoración económica de G. Barrantes y M.I. Di Mare, 2001, en la evaluación económica del daño ambiental causado por los incendios forestales en Costa Rica.

En el artículo, Vega presenta dos casos de valoración de daños por incendios forestales, donde se aplicó dicha metodología: RNVS Caño Negro (Vega, Vega & Barrantes, 2004) y PN Palo Verde (ACAT-SINAC, 2004).

Cuadro 7: Síntesis de Evaluación del daño ambiental del incendio de abril 2004 en el Parque Nacional Palo Verde, (Vega, 2004).

Estudio	Método	Descripción	Incidencia
Evaluación del daño ambiental del incendio de abril 2004 en el Parque Nacional Palo Verde. SINAC, ACA-T, 2004.	Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, G. Barrantes y Di Mare, 2001.	El PN Palo Verde, se encuentra incorporado a la Lista de Humedales de Importancia Internacional, sitio RAMSAR, en abril del 2004, debido a un fuego que inicia en una parea con fines agrícolas y posteriormente ingresa al interior del Parque Nacional, consumiendo 448.46 ha (bosque seco 102.3 ha, bosque Palma Real 55.2 ha, matorral 23ha, herbazal acuático 58.1ha, herbazal inundado 188.8ha, herbazal 11.9h, cultivos agrícolas 6.7 ha y cuerpos de agua 2.4 ha).	No se logra confirmar.

Fuente: Tomado de Vega, 2004.

3.4.2 La valoración económica de los servicios que brinda la biodiversidad: la experiencia de Costa Rica, Moreno, 2005

Mary Luz Moreno, investigadora de la Universidad Nacional, en un estudio del año 2005, documenta las experiencias y métodos empleados en Costa Rica a la fecha, en materia de valoración económica y daño ambiental. El estudio examinó 36 estudios diferentes, identificando las metodologías empleadas y clasificándolas, según el recurso natural valorado o al problema de valoración.

En la categorización realizada por Moreno en el 2005, específicamente, en la categoría definida como “Procesos de Valoración relacionados con la Cuantificación del Daño

Ambiental”, se puede ver tendencias de prevalencia en la selección de metodologías (Moreno M., 2005).

Cuadro 8: *Síntesis de métodos empleados en procesos de valoración relacionados con la cuantificación del daño ambiental (Moreno M., 2005).*

Estudio	Métodos	Descripción	Incidencia
Evaluación del daño ocasionado por la descarga de vinaza 44 en setiembre del 2001 en la cuenca baja de los ríos Tempisque y Bebedero. Barrantes G. y Vega E. 2004.	Costo de restauración. Incluye una evaluación biofísica y una evaluación económica del dalo ambiental, empleando la Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, G. Barrantes y Di Mare, 2002.	Descarga de 20 000,00m3 de vinaza en un área de afectación de 985ha que cubría la desembocadura del Río Bebedero hasta 4 km aguas arriba dentro del Refugio de Vida Silvestre Cipancí. Los efectos incluyeron la muerte de peces, camarones, y la afectación en la producción y reproducción de peces.	Documento presentado ante la Comisión para la Valoración del Daño Ambiental de los Ríos Tempisque y Bebedero. De aplicación principalmente didáctica.
Evaluación económica del daño ocasionado por la contaminación de los sectores Canal Batán, Barra del Pacuare, Lagunas Madre de Dios y Santa Marta, ocurrido en enero del 2003. Barrantes G., Villalobos A., Sáenz E., Di Mare M, Vega E.	Con la Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, G. Barrantes y Di Mare, 2002, se establecen las principales variables por evaluar, para luego realizar la evaluación del daño basado en la metodología de Costo de Restauración.	Contaminación de los sectores Canal Batán, Barra del Pacuare, Lagunas Madre de Dios y Santa Marta, y la ocurrencia de una alta mortalidad de peces y otros organismos acuáticos. La zona afectada la comprende un sistema de cuerpos de agua interconectados y en interacción con el mar, que alberga una gran cantidad de fauna que mantiene las actividades locales de extracción, consumo y turísticas.	Sirvió de insumo para que el Tribunal Ambiental Administrativo castigará al causante y se llevará a cabo acciones relacionadas con la recuperación y compensación del daño.
Valoración del daño ambiental por apertura de camino en Cortezal, Fila Costera, Osa, Puntarenas en julio-agosto 2004. Vega E, González J, Ruiz G, Bonilla J, Vega M, Méndez A, Barrantes G.	Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, G. Barrantes y Di Mare, 2002, y la valoración del daño por medio de la metodología de Costo de restauración.	La apertura de un camino para vehículos automotores, causó daño en un sitio de importancia por tratarse de una zona de recarga acuífera, 20 ha de bosque primario poco intervenido, de una importante riqueza de fauna e influencia en al	Estudio preparado por la Comisión Evaluadora integrada por el Área de Conservación Osa subregión Diquis del SINAC y el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad y presentado ante el Tribunal Ambiental Administrativo como un

		Parque Nacional Marino Ballena donde afectó corales y otros ecosistemas marinos.	insumo para realizar investigaciones y considerar la inclusión de acciones relacionadas con la recuperación, compensación o mitigación del daño.
Valoración del daño ambiental en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro por el incendio en el 2003. Vega E., Vega M., y Barrantes G, 2004.	Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, G. Barrantes y Di Mare, 2002, y la valoración del daño por medio de la metodología de Costo de Restauración.	El Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, es un humedal declarado sitio RAMSAR (reconocimiento a nivel internacional), que alberga una importante riqueza de fauna (principalmente aves, peces y reptiles), además de ser un punto turístico y espiritual. En el estudio se realizó una evaluación económica del grupo de incendios ocurridos en la temporada 2003.	El estudio fue elaborado para el Área de Conservación Arenal Huetar Norte, el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro y la Asociación para el Desarrollo del Parque Nacional Juan Castro Blanco, con el fin de generar recomendaciones sobre las actividades pertinentes para el control y protección, repoblación, monitoreo de áreas quemadas e infraestructura preventiva para restaurar recursos. Los resultados son un insumo técnico, en caso de que se llegue a una resolución de compensación y se requiera determinar el monto por pagar por los daños causados.
Valoración Económica del daño ambiental ocasionado por el Proyecto Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, Coyol de Alajuela. Espinoza S., Fernández F., Villalobos A., Barrantes G., Vega E., Vega M., 2001.	Mediante la metodología de Costos de Mantenimiento, mediante el cálculo de los costos de tratamiento (costos adicionales para la empresa, los cuales se afrontan para reducir las repercusiones en el ambiente). También se utilizó la metodología de Gastos Preventivos.	Debido a problemas en el sistema de aguas residuales en la planta de la empresa, la Quebrada Siquirres se vio afectada y modificada por los afluentes de grasa, sólidos lácteos, espumas y otros contaminantes, que provocaron daños biológicos y sociales sobre la calidad de las aguas y calidad de vida de los vecinos.	El estudio fue una colaboración de Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS) a la SETENA, para la toma de decisiones ante la denuncia por el daño causado y para el cálculo de las medidas compensatorias. El tribunal Ambiental dictó resolución respecto al caso, basándose en la valoración realizada.

Fuente: Tomado de Moreno, M. L., 2005.

3.4.3 Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los RENA's, Moreno, 2020

Con el fin de crear un instrumento que ayude y sea de uso, por parte al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) como apoyo en su gestión en el Patrimonio Natural del Estado (PNE), el SINAC – CIMPE – UNA, generan la Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los recursos naturales, elaborada en el año 2020, por Mary Luz Moreno Díaz y comisión de apoyo MINAE-SINAC.

En lo que refiere al apartado sobre los métodos de valoración económica para la cuantificación del daño ambiental, la guía hace referencia al “Protocolo de valoración económica del daño ambiental”, SINAC, 2014, que propone cuatro metodologías que cuentan con un respaldo institucional, a fin de que los evaluadores las utilicen y así homogenizar los criterios y técnicas de evaluación económica del daño a nivel del SINAC (SINAC, 2014) citado por (Moreno, M. L., 2020).

Cuadro 9: Síntesis de metodologías recomendadas en el Protocolo de valoración económica del daño ambiental (para la Cuantificación del Daño Ambiental), SINAC, 2014

Método	Descripción	Recomendada
Metodología de valoración económica del daño ambiental, Alfredo Zeledón Noguera, 1999.	La metodología incluye “la pérdida de la biodiversidad, la cual se encuentra asociada con ecosistemas, la pérdida por la no incorporación de carbono (CO ₂), la pérdida en la producción de oxígeno (O ₂); costos de oportunidad, servicios ambientales, valores paisajísticos, daño social, entre otros” (SINAC, 2014).	Recomendada para afectaciones por corta de árboles en terrenos, tanto de uso agropecuario como áreas protegidas. También recomendada en caso de drenajes artificiales o caminos forestales no autorizados (Moreno M. L., 2020).
Metodología de valoración del daño ambiental, Gerardo Barrantes, 2002.	En esta metodología se “establece la ponderación de indicadores para graficar el estado de afectación de los elementos de biodiversidad” (SINAC, 2014).	Recomendada para casos donde se presentan incendios forestales, afectación de humedales, cambios de uso en el suelo. Sin embargo, su utilización puede ser de forma generalizada (Moreno M. L., 2020).
Metodología de valoración económica para la cuantificación del daño a consecuencia de delitos ambientales contra la vida	La metodología utiliza parámetros como tablas de vida, obtenidas de publicaciones o resultado de consulta, para luego desarrollar cálculos lineales, aplicando tasas de descuento y porcentajes de ajuste. Se presenta en formato de hojas de cálculo en Excel y tablas formuladas que permiten obtener el valor comercial,	Recomendada en escenarios como: extracción de productos y subproductos de vida silvestre, destrucción de nidos, comercialización de flora y fauna, pesca ilegal y envenenamiento de aguas continentales (Moreno M. L., 2020).

silvestre, José Quirós Rodríguez, 2008.	valor de descendencia, valor ecológico y el valor de protección, para finalmente obtener el valor final (Moreno M. L., 2020).	
Metodología de valoración de daño ambiental del Área de Conservación Marina Isla del Coco, Edwin Vega Araya.	Se valoran tres beneficios sociales perdidos por la acción ilícita: Se calcula el valor comercial como producto de consumo, utilizando el valor comercial de las especies afectadas; el valor recreacional como atractivo turístico y el valor de seguridad de abastecimiento futuro (existencia). Se realiza una evaluación biofísica sin expresión monetaria (Moreno M. L., 2020).	Recomendada en daños ocasionados en ambientes marinos, especialmente pesca ilegal o actividades ilegales ambientales (Moreno M. L., 2020).

Fuente: Tomado de Moreno, M. L., 2020.

3.4.4 Los estudios presentados y el método más comúnmente utilizado

Analizando los documentos sobre las técnicas de valoración de datos ambientales, se puede apreciar la prevalencia en uso de la metodología Costos Biofísicos y Sociales, de Barrantes y Di Mare (2002), que se procede a hacer una referencia a esta:

En el año 2002, en un esfuerzo del SINAC, por uniformar y sistematizar los métodos de valoración económica de daños ambientales que implementarían sus funcionarios; el IPS desarrolla la “Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales”, Barrantes y Di Mare (2002).

La metodología consiste en dos grandes fases: 1) La identificación y determinación del alcance del daño, mediante la estimación del cambio en el estado de conservación de los recursos afectados y el tiempo estimado para su restauración; 2) La estimación del valor económico del daño, que mediante investigación documental, giras de campo y talleres de trabajo con expertos, se recaba de la información necesaria referente a las acciones e insumos necesarios para la restauración del ambiente afectado; los costos asociados con las acciones llevadas a cabo para la atención del evento causante; y los costos sociales, asociados con los beneficios dejados de percibir, durante el tiempo que tarde en restablecerse el ecosistema afectado.

3.5 Selección de las metodologías por utilizar en el trabajo de investigación

En este apartado, se explica sobre los criterios de selección empleados en el presente trabajo de investigación, en la escogencia de los métodos de valoración económica más

adecuados, para la valoración económica del daño ambiental ocasionado por el incendio ocurrido en el PNG.

3.5.1 Selección de metodología en flujograma

Con el fin de guiar en la selección de las metodologías más adecuadas y que mejor se ajusten al caso que en estudio, se recurre a dos flujogramas de clasificación de métodos, con los que se pretende ilustrar sobre la ruta más adecuada en la escogencia.

En el flujograma de la figura 22 y con las condiciones específicas del caso de investigación, donde se presenta cambios en la calidad ambiental de un hábitat (ecosistema bosque seco), dirige a una serie de metodologías, de donde se puede identificar el “Método del Costo de Reposición”.

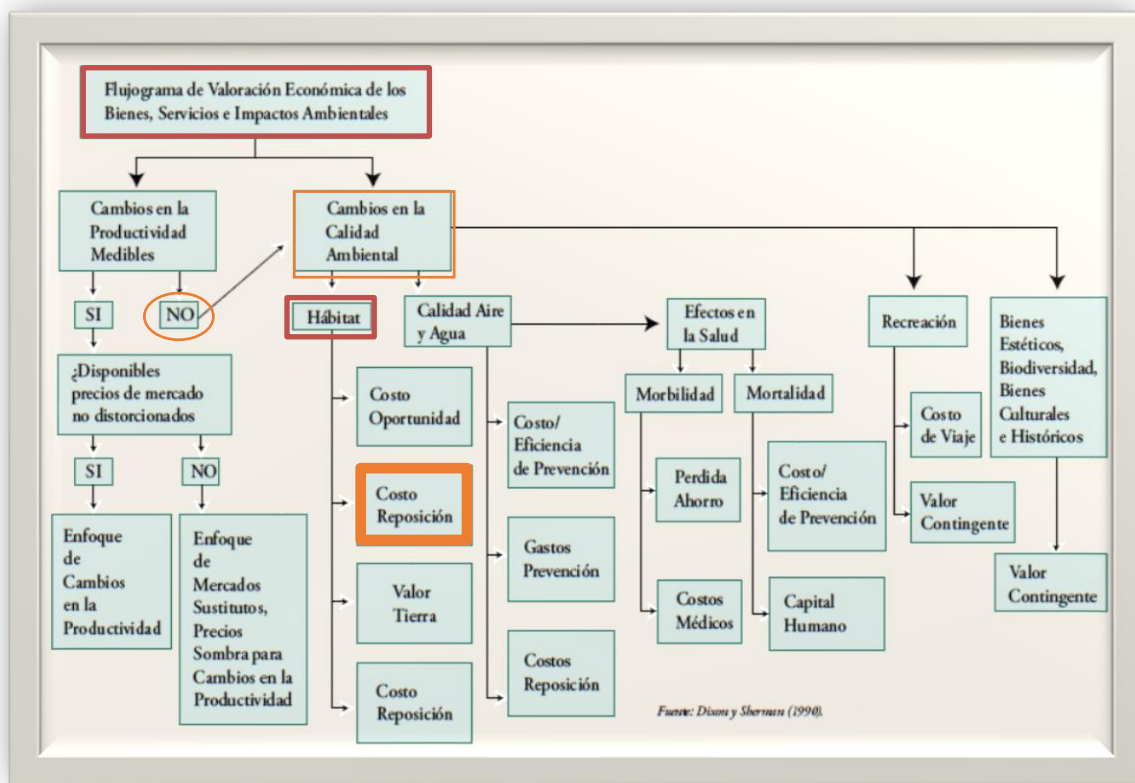


Figura 22: Flujograma 1. Selección de metodología en diagrama de flujo de la valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales.

Fuente: Modificado de Barzev, 2002.

En el flujograma de la figura 23 y con las condiciones específicas del caso de investigación, donde no se tiene valores de mercado para los servicios ambientales afectados por el incendio de marzo 2021; por lo que se recurre, tal y como se ilustra en el flujograma, a técnicas indirectas de valoración, dentro de las que se identifica el “Método de Costo de Reposición” y el “Método de Tránsito de Valor”.

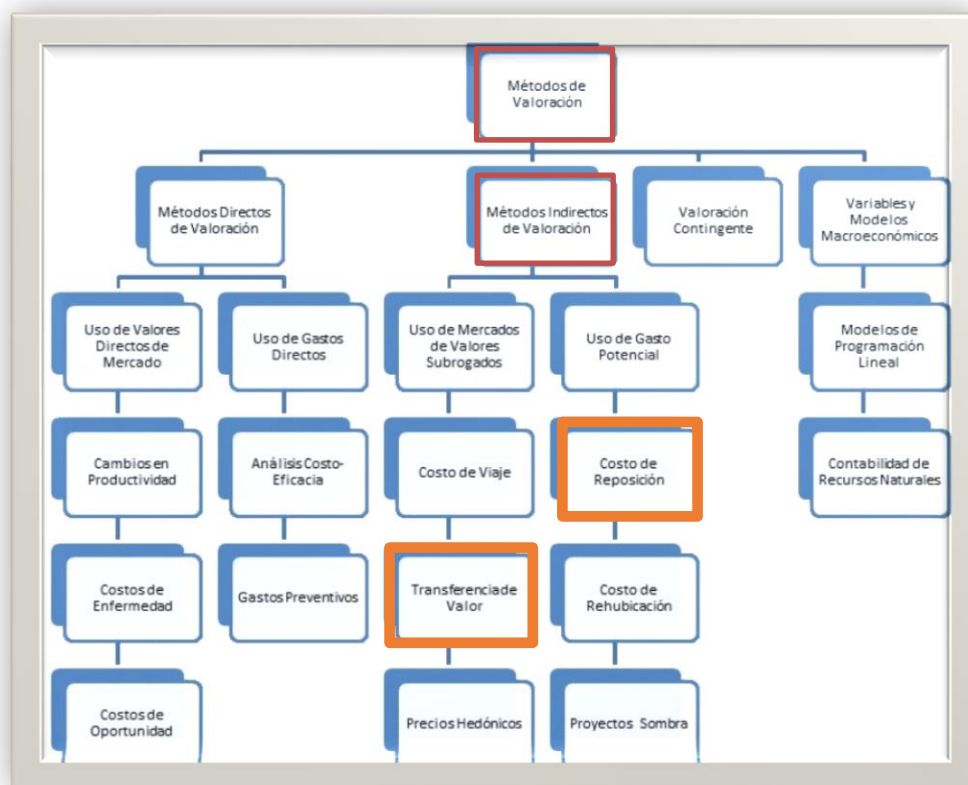


Figura 23: Flujograma 2. Selección del método en diagrama de clasificación de las metodologías de valoración económica de RENA's.

Fuente: Modificado por Veas y otros, 2018.

3.5.2 Análisis y justificación técnica en la selección de las metodologías por utilizar en la investigación

Una vez analizadas las tendencias de métodos empleados en Costa Rica, referente a los casos que atienden sobre la valoración económica de daño ambiental; se detecta la prevalencia en la selección, sobre la metodología de evaluación económica del daño ambiental desarrollada por Barrantes (2011), por medio de la estimación del costo de

restauración o costo de reposición. Adicionalmente, dicha metodología cuenta con el respaldo institucional por parte del SINAC.

El caso de estudio, corresponde al incendio forestal ocurrido en el PNG, en el año 2021, donde el citado evento, generó cambios en la calidad ambiental del hábitat bosque seco del ACG, característica que ya va direccionando en la selección de la metodología más apropiada. Una de las metodologías aplicables a estas circunstancias, corresponde al método de valoración indirecta del “costo de restauración o reposición”, que es precisamente una de las fases principales de la metodología (Barrantes & Di Mare, 2002).

El ecosistema en estudio (bosque seco del PNG), por sus características propias, al tratarse de un área protegida, los beneficios ofrecidos por el capital natural a la sociedad, carecen de precios en el mercado, lo que provoca complejidad en la estimación del valor del recurso natural, por lo que se debe acudir a estimaciones indirectas del valor.

La segunda fase de la metodología desarrollada por Barrantes (2011), refiere a los “costos sociales” del daño al ecosistema afectado (Barrantes, 2011); es acá donde se complementa la metodología con la técnica de estimación indirecta del valor, denominada “Transferencia de valor”, empleada para estimar el monto de compensación por los servicios ecosistémicos provistos por el ecosistema de bosque seco, a la sociedad, y que se vieron perdidos o disminuidos por el incendio forestal en estudio.

3.5.3 Metodología para la evaluación económica de daños ambientales, Barrantes, 2011

En el año 2001, en un esfuerzo por sistematizar la evaluación económica de daños, mediante una metodología que implementarán los funcionarios del SINAC; se desarrolló esta metodología, por parte de un equipo multidisciplinario del IPS, una fundación sin fines de lucro, que tiene como misión el análisis y formulación de políticas para el desarrollo y conservación (Barrantes, 2011).

La metodología consiste de dos fases:

1. Identificación y determinación del alcance del daño. Definido el daño como una acción o actividad que produce una alteración desfavorable en el medio natural, y que provoca un cambio en la condición de los recursos afectados y donde se podría estimar un tiempo de restauración (Barrantes, 2011).

2. Estimación del valor económico del daño. Utilizando como fuentes de información para esto; giras de campo, sesión de trabajo con expertos, revisión de documentos e investigaciones.

El costo total del daño está dado por:

- ✓ El costo de restauración del ambiente afectado.
- ✓ La compensación social por los beneficios perdidos. Durante el período que tarda la restauración del ambiente dañado.
- ✓ Otros costos asociados. Gastos de atención del siniestro, costos de laboratorios, estudios, etc.

Para la estimación del daño ambiental, se requiere conocer el estado de conservación del recurso, antes y después de la alteración. Definido el daño por cuatro elementos: manifestación, efectos, causas y agentes implicados; elementos que sirven de base para la metodología propuesta en la estimación del costo de restauración y del costo social (Barrantes, 2011).

Los componentes principales en la evaluación del daño ambiental son:

- ✓ Daño biofísico: Afectaciones en el medio natural que ocasionan un deterioro de las características del recurso (bienes y servicios). Para el establecimiento el daño biofísico, se determina el tipo de alteración ocasionada en el ecosistema, y su relación con los recursos afectados, tanto en el sitio afectado como en su área de influencia.
- ✓ Daño social: Afectaciones a la sociedad, manifiestas en la pérdida o disminución de beneficios derivados del recurso natural afectado (disfrute de los bienes y servicios). En el daño social, se determina los beneficios sociales que se dejaron de percibir con la afectación del recurso natural.

El método se divide en dos etapas:

1. Estimación del daño ocasionado: Se determina exactamente lo ocurrido y el área afectada, para lo que se recurre a revisión de documentación antecedente, expedientes, entrevistas, gira de campo, sesiones de trabajo – taller con expertos. Mediante la definición de indicadores apropiados y debidamente ponderados de acuerdo con su importancia; se evalúa el estado de conservación, tanto inicial (antes

de la alteración) como final (luego de la alteración). La diferencia entre el estado de conservación final y el estado de conservación inicial, determina el nivel de daño ocasionado.

En términos generales, “el daño ambiental representa la diferencia de la situación con y sin la intervención, lo que obliga a conocer la condición del factor antes y después de la afectación” (Barrantes, 2011, pág. 9).

Para ilustrar sobre el daño ambiental, la metodología de IPS recurre a un gráfico (Gómez-Orea, 1994), que muestra cómo se afecta el recurso natural (que en el gráfico se indica como factor ambiental), una vez que la acción que causa el daño ha iniciado actividad (Figura 25).

Se puede observar en el gráfico, cómo se considera un comportamiento decreciente del factor, es decir, que el recurso ha sido afectado por otras actividades humanas, independientes de la evaluada.

En términos matemáticos el daño se expresaría por DA_j , el que está dado por el área entre las curvas f_1 y f_2 a partir del inicio t_0 de modo que:

$$DA_j = \int_{t_0}^x [f_1(t) - f_2(t)] dt$$

Figura 24: Fórmula matemática que expresa el daño ocasionado al recurso.

Fuente: Gómez-Orea, 1994, citado por Barrantes, 2011.

Donde:

- DA: es del daño ocasionado al recurso natural j
- $f_1(t)$: explica el comportamiento del recurso natural (o factor ambiental), sin presencia de la actividad económica particular, (o sea, antes del daño).
- $f_2(t)$: explica el comportamiento del recurso natural una vez que entra en operación la actividad económica (o sea, después del daño).
- T: tiempo
- X: tiempo que perdura la afectación en el factor j

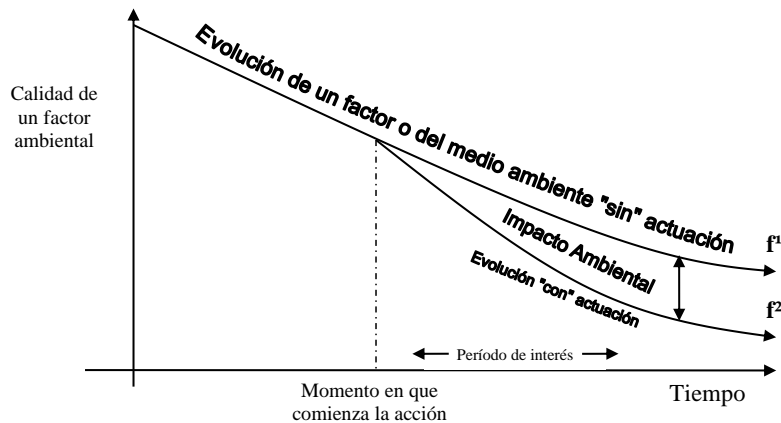


Figura 25: Gráfico que muestra la diferencia entre la evolución del medio ambiente “sin” y “con” la acción humana.

Fuente: Gómez-Orea, 1994, citado por Barrantes, 2011.

2. Valoración monetaria del daño ocasionado: Costo de restauración + Costo social + Otros Costos asociados (Gastos de gestión de la atención de incendio)

Costo de restauración del ambiente afectado: Cuantificación económica asociada con la restauración del ambiente hasta el nivel en que se encontraba antes de daño. Para esto, se identifica las actividades de restauración, los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para llevarlas a cabo, así como el tiempo requerido; luego se investiga sobre los precios para dichos procesos, y se procede con la determinación de los costos de cada actividad en valor presente.

Costo social: Dada la pérdida de beneficios o flujos de beneficios aprovechados por la sociedad para el mejoramiento de su bienestar, se debe establecer una compensación equivalente a esa pérdida ocasionada por la afectación del recurso; para esta estimación se identifica, de forma precisa, los beneficios sociales afectados por la alteración del recurso.

Para la estimación del daño social, debido a la alteración de los recursos naturales, la metodología propone cuatro agrupaciones de beneficios perdidos: materias primas y productos de consumo final, protección y seguridad en el abastecimiento de bienes y servicios finales, protección a la salud, esparcimiento y desarrollo espiritual (Barrantes, 2011).

Es importante señalar que; el método propuesto no excluye el uso de otras metodologías, al contrario, insta a su utilización para profundizar el algún aspecto particular, tanto como los recursos y el tiempo disponible lo permitan.

En este sentido, y específicamente en la estimación del “costo social” por la pérdida de beneficios o flujos de beneficios aprovechados por la sociedad para el mejoramiento de su bienestar, se recurre al “Método de Transferencia del Valor”, para determinar estos costos sociales, con base en los factores cuantificados para los servicios ambientales que brindaría un bosque seco o cobertura vegetal, determinados por el Centro Científico Tropical, 1996 en el documento: “Valoración de los Servicios Ambientales de los Bosques de Costa Rica” (Carranza C.F., Aylaward B., Echeverría J., Tosi J. y Mejías R., CCT, 1996).

3.5.3.1 Transferencia de valor o transferencia de beneficios, aplicado para el costo social en la “Metodología para la evaluación económica de daños ambientales”, Barrantes, 2011

El Método de Transferencia de Valor, se aplica cuando debido a restricciones de tiempo y presupuesto, no es posible realizar estudios originales / primarios para valorar económicamente los servicios ecosistémicos (Wilson & Hoehn, 2006) (Plummer, 2009), por tanto, recurriendo al uso de información secundaria (Richardson, Loomis, Kroeger & Casesy, 2015).

Resumidamente, la transferencia de valor consiste en “aplicar estimaciones de valores económicos de una locación a un lugar similar en otra locación en otra locación” (Plummer, 2009).

El sitio donde se recolecta y procesa la información primaria de llama “sitio de estudio” y el sitio al que se aplicará esta información se llama sitio de política (Plummer, 2009).

En el presente trabajo, la transferencia es espacial (diferentes sitios nacionales) y temporal (sitio de estudio y sitio de política se ubica en diferentes momentos en el tiempo) (Navrud & Ready, 2007).

Existen tres tipos principales de transferencia de valor: 1) Transferencia de valor unitario, 2) Transferencia de función de valor. 3) Transferencia de función de análisis de meta-regresión (Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017).

La aplicación del método se puede hacer siguiendo alguno de los siguientes tres enfoques (Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017).

- 1) Tomar un solo estudio en la literatura que es similar al sitio de política y transferir un único punto de estimación.
- 2) Tomar un valor promedio tomado de varios sitios de estudio al sitio de política.
- 3) Aplicar valores oficiales que han sido aprobados por un país o institución.

Dadas las limitaciones de información disponible y de tiempo, se aplicará la “Transferencia de valor unitario”. El enfoque seleccionado, consiste en la toma de un solo estudio de la documentación y literatura recolectada (“Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica” (Carranza C.F., Aylward B., Echeverría J., Tosi J. y Mejías R., CCT, 1996), que es similar al sitio de política y transferir un único punto de estimación, ajustado por el índice de precios al consumidor (IPC).

Como se explicó, la transferencia por aplicar es espacial y temporal. Es por esta amplia diferencia de tiempo entre el estudio original (1996) y nuestro estudio de política (2021), que se procede a ajustar esos valores del estudio de 1996, trayéndolos a valor actual, aplicando una técnica de descuento apropiada; eliminando así, el inconveniente de trabajar con valores estimados en periodos distintos.

Referente a los criterios para aplicar el método de transferencia de valor, se aclara que, aunque no existen criterios oficiales para su aplicación (Johnston & Rosenberger, 2010), diferentes autores han propuesto criterios con el objetivo de reducir las fuentes de error en su aplicación. Freeman, 1984, recomendó que el estudio de valoración original, debe estar basado en información adecuada, un método económico robusto y una correcta técnica empírica (Richardson, Loomis, Kroeger & Casey, 2015).

El documento “Valoración de los servicios ecosistémicos que ofrecen siete de los humedales protegidos de importancia internacional en Costa Rica”, CIMPE-UNA, 2017 (Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017), refiere a la revista “Water Resources Research (volumen 28, número 3, 1992)”, que en una edición exclusiva sobre el método transferencia de valor, varios autores definen los siguientes criterios para la selección de los estudios originales (Brouwer, 2000):

1. Criterios de Freeman, 1984, donde recomienda que el estudio de valoración original, debe estar basado en información adecuada, un método económico robusto y una correcta técnica empírica; más la inclusión de resultados de regresión que describen la función de disposición de pago (DDP).
2. La población en ambos sitios debe ser similar.
3. Los servicios ecosistémicos y el cambio en la provisión de niveles debe ser similar en los diferentes sitios.
4. Los sitios en los que los servicios ecosistémicos son provistos deben ser lo más similares posible.
5. Los mercados contruidos deben ser los mismos en cada sitio.

En el mismo documento “Valoración de los servicios ecosistémicos que ofrecen siete de los humedales protegidos de importancia internacional en Costa Rica”, CIMPE-UNA, 2017, los autores hacen la salvedad, que “cumplir con todos estos criterios es frecuentemente difícil y no es siempre posible tomarlos en consideración” (Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017, p. 23).

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Con las técnicas de aplicación metodológica previamente seleccionadas, se pretende evaluar el daño ambiental ocasionado por el incendio forestal ocurrido en el PNG, en marzo 2021. En este apartado, se detalla y fundamenta cada uno de los procesos, variables, técnicas, herramientas, y fuentes de información necesarios para el cumplimiento de este objetivo; adicionalmente, se complementa con una sistematización y descripción, de cada una de las etapas necesarias para lograr el objetivo planteado.

4.1. Paradigma

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación, se utiliza el sistema hipotético deductivo (paradigma positivista), que es el más adecuado, cuando la investigación se basa en las ciencias exactas o naturales.

Entre sus rasgos más destacados se encuentra su naturaleza cuantitativa para asegurar la precisión y el rigor que requiere la ciencia. Por eso al aplicarse a las ciencias sociales se busca que estas se conviertan en un conocimiento sistemático, comprobable y comparable, medible y replicable (Martínez, 2021, p.2).

Lo anterior, implica que solo sean objeto del estudio los fenómenos observables, medibles, pasables o contables. Entre los procedimientos aplicables, tenemos el control experimental, la observación sistemática y la correlación de variables (Martínez, 2021).

Partimos de las riquezas naturales como base principal del desarrollo social y económico la población. La sociedad recibe beneficios directos por disponer de una calidad ambiental dada, que le permite disfrutar de un nivel de bienestar determinado, cuando se altera alguno de los factores de esta calidad ambiental, el bienestar se ve afectado.

En el presente trabajo de investigación, se aborda la relación existente entre la calidad ambiental y el nivel de bienestar social; identificando los aspectos económicos asociados con los daños causados, para lo que se recurre a un marco metodológico que relacione los

factores biofísicos con variables económicas, que permita cuantificar en términos monetarios, el monto que significa el daño causado.

4.2. Enfoque de la investigación

El método de valoración aplicable en el presente Trabajo Final de Graduación, debe considerar el objetivo general propuesto de “Evaluar el daño ambiental ocasionado por los incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste, utilizando como referente el siniestro de marzo 2021, en el sector de Pocosal del Parque Nacional Guanacaste”.

El planteamiento de objetivos, ubica la investigación en el marco de las ciencias exactas o naturales, por lo que el tipo de investigación seleccionado y utilizado es el método cuantitativo, el más adecuado para estos casos. La investigación cuantitativa emplea la lógica o el razonamiento deductivo y un planteamiento específico de lo que se va a investigar, delimitado desde el inicio del estudio” (Barrantes Echavarría, 2012).

Dentro del enfoque se emplea técnicas de conteo, medición y de razonamiento abstracto, de una forma fiable y objetiva, con datos sólidos y repetibles.

4.3. Tipo de investigación

La presente investigación se puede clasificar, como de tipo no experimental, dado que corresponde a una indagación empírica y sistemática en la que no se tiene control directo sobre las variables, al ya haber ocurrido o no ser manipulables (Barrantes Echavarría, 2012).

El alcance del trabajo investigativo se ubica como descriptivo, cuyo objetivo principal es la descripción del fenómeno, situándose en un primer nivel del conocimiento científico, empleando para esto, la observación, estudios correlacionales y de desarrollo (Barrantes Echavarría, 2012).

La recopilación de los datos se realizará por medio del levantamiento de información en campo, entrevistas a expertos, testigos y de fuentes documentales; resultando con esto, una investigación de tipo mixta.

4.4. Fuentes de información

Las fuentes de información se cataloga como los diversos tipos de documentos de información necesarios para completar una investigación determinada (Ulate, 2016). Para la recolección de información para el presente trabajo de investigación, se parte de sujetos (información primaria) y fuentes (información secundaria).

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación, se realiza una investigación documental de toda la información científica que se logra obtener sobre el sitio específico donde ocurre el incendio. Al no ser esta información suficiente, se recurre a sesión de trabajo con expertos (taller), y así discutir, enriquecer y validar el proceso metodológico; además de requerirse para la estimación cualitativa del daño.

Para estas sesiones de trabajo, se selecciona cuatro grupos diferentes de expertos (información primaria) (Vega, 2004):

- A. Personas encargadas de los recursos naturales involucrados (12),
- B. Personas testigos del hecho causante del daño, que den información de qué fue lo que pasó y la magnitud del hecho (6).
- C. Investigadores y científicos, ya sea que hayan realizado investigaciones en la zona o con los recursos naturales del tipo de los afectados por el daño (7).
- D. Representantes de organizaciones comunales o instituciones (con el objetivo de captar el daño social) (2).

4.4.1. Información primaria

- ✓ Julio Díaz Orias, Coordinador, Programa Manejo del Fuego, ACG-SINAC (Grupos A, B).
- ✓ Didi Guadamuz, Bombero Forestal, Programa Manejo del Fuego, ACG-SINAC (Grupos A, B).
- ✓ Sergio Cascante, Bombero Forestal, Programa Manejo del Fuego, ACG-INAC. (Grupos A, B).
- ✓ Augusto Otárola Guerrero, Ingeniero Forestal, Encargado del Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Liberia (Grupos A, C, D).

- ✓ Luis Carlos Hernández, Encargado Prevención Control y Protección, Estación Experimental Horizontes, ACG (Grupos A, C).
- ✓ David Reyes Cordero, Ingeniero Forestal, Coordinador del Programa de Restauración y Silvicultura, Estación Experimental Horizontes, ACG (Grupos A y C).
- ✓ Francisco Ramírez Noguera, Ingeniero Forestal, Investigador de AGUADEFOR, Investigador en Desarrollo Forestal, Encargado Estación Experimental Horizontes, ACG (Grupos A, C, D).
- ✓ Marco Bustos Salazar, Master en Turismo, Director Áreas Silvestres Protegidas, ACG (Grupos A, C).
- ✓ Raúl Acevedo Peralta, Coordinador, Brigada de Control y Aprovechamiento Forestal, ACG (Grupos A, B, C).
- ✓ María Marta Chavarría, Bióloga, Coordinadora del Laboratorio de Investigación, Programa Restauración de Manglar, ACG (Grupos A, C).
- ✓ Mainor Pineda, Bombero Forestal, Coordinador de la Brigada La Cruz, ACG (Grupos A, B).
- ✓ William Ramírez Durán, Coordinador, Programa Manejo del Fuego, ACAT-SINAC (Grupos A, B).

4.4.2. Información secundaria

Las fuentes secundarias de información corresponden a organizaciones o instituciones que generan o cuentan en sus archivos, con información científica atinente a la presente investigación. Dentro de las fuentes secundarias de información, utilizadas en esta investigación, se tiene las siguientes:

- ✓ Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO).
- ✓ Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS).
- ✓ Universidad Nacional (UNA).
- ✓ Centro Internacional de Política Económica (CIMPE - UNA)
- ✓ Universidad Estatal a Distancia (UNED).
- ✓ Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
- ✓ Área de Conservación Arenal Tempisque (ACAT - ACG)
- ✓ Fundación Neotrópica.
- ✓ Centro Científico Tropical (CCT).

- ✓ Área de Conservación Guanacaste (ACG), SINAC, MINAE.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

La recopilación de los datos se realizará por medio de giras de campo, entrevistas, sesión de trabajo con testigos y expertos, revisión de documentos e investigaciones; correspondiente lo anterior a una investigación de tipo mixta.

Una vez obtenida la información, será clasificada, ordenada, sistematizada y valorada por su importancia, y por el aporte que tenga con el desarrollo de la investigación, su relación con los objetivos planteados y los hechos descritos.

A partir de este punto, se identificará y analizará los procedimientos que mejor se ajusten para la resolución del tema investigado; concluyendo en los principios de la economía ecológica y la metodología de valoración económica más apropiada para el cumplimiento de los objetivos planteados.

A fin de cumplir el segundo objetivo específico en el presente trabajo de investigación, correspondiente a la estimación del daño ocasionado; primeramente, se entrevista a testigos presentes en el incendio, y se realiza dos giras de campo con personal del PMF del ACG.

Luego, se recaba información técnico-científica sobre el sitio afectado (Coberturas de suelo, recursos existentes en el sitio o relacionados, vida silvestre, importancia ecológica, riesgos, etc.); igualmente, se recaba información del agente causante del daño y sus consecuencias, tanto en calidad como cantidad.

Al no ser esta información técnico-científica recopilada suficiente, se recurre a realizar sesiones de trabajo (taller) con expertos, para establecer una estimación cualitativa del daño. Para dicha sesión de trabajo, se selecciona cuatro grupos diferentes de expertos (Vega, 2004):

1. Personas encargadas de los recursos naturales involucrados (11).
2. Personas testigos del hecho causante del daño, que den información de qué fue lo que pasó y la magnitud del hecho (5).
3. Investigadores y científicos, ya sea que hayan realizado investigaciones en la zona o con los recursos naturales del tipo de los afectados por el daño (7).

4. Representantes de organizaciones comunales o instituciones (2).

Dadas las recomendaciones sanitarias y restricciones actuales relacionadas con la pandemia mundial de la COVID 19 y por facilidad para los diferentes expertos por sus distintas obligaciones laborales y diferentes horarios; la vía seleccionada para las sesiones de trabajo es la virtualidad, utilizando las herramientas gratuitas existentes. Por la misma razón de las diferencias en los horarios y las disponibilidades de los expertos, se decide realizar distintas sesiones de trabajo y algunas de ellas individuales.

En la sesión de trabajo se propone, discute y valida los criterios para establecer la importancia del sitio afectado, así como los indicadores establecidos para evaluar los estados de conservación inicial y final para el recurso afectado. Estos indicadores se ponderan de acuerdo con su importancia relativa, y se califica el estado de conservación para cada indicador; de igual forma, en la misma sesión de trabajo, se califica el nivel de afectación al recurso, de donde se deriva su estado de conservación final; resultando la diferencia entre el estado de conservación final y el inicial, en el nivel de daño ocasionado.

De la misma forma, para el cumplimiento del tercer objetivo de la investigación, correspondiente a la valoración económica del daño ocasionado, se aprovecha la sesión de trabajo, con el fin de identificar las actividades necesarias para la restauración ecosistema, los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para ejecutarlas, así como el tiempo e intensidad en que se deben llevar a cabo. Posteriormente, en el proceso, se investiga los precios de mercado para dichos recursos y se determina los costos de dichas actividades a valor presente, aplicando técnicas económicas de descuento.

La estimación del costo social, nuevamente se apoya en la sesión de trabajo, en lo que refiere a la estimación de la compensación, equivalente a la pérdida de beneficios ocasionada con la afectación a los recursos naturales; acá se presenta, discute y depura con la ayuda los cuadros matriciales recomendados en la metodología de Costos Biofísicos y Sociales de G. Barrantes, sobre la selección de los beneficios sociales que se ven afectados por la alteración del recurso natural.

Se muestra a continuación los formularios para la evaluación biofísica, presentadas y completadas con los expertos en la sesión de trabajo (taller):

Fuente de información (Lista de expertos consultados)

	Nombre y 2 Apellidos	Especialidad / Cargo	Institución	Justificación	Teléfono	Correo electrónico
1	Experto 1					
2	Experto 2					
3	Experto 3					
4	Experto 4					
5	Experto 5					
6	Experto 6					
7	Experto 7					
8	Experto 8					
9	Experto 9					
10	Experto 10					
11	Experto 11					
12	Experto 12					

Figura 26: Lista de expertos consultados, detalle y contacto.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 1: Importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso natural (la importancia de cada indicador dentro del Ecosistema Bosque Seco, PNG, Sector Pocosol) (Valoración de 0 a 10 para cada experto; 0 indica la menor importancia y 10 la máxima)												
Experto	Indicadores											Total por experto
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa	
Experto 1												-
Experto 2												-
Experto 3												-
Experto 4												-
Experto 5												-
Experto 6												-
Experto 7												-
Experto 8												-
Experto 9												-
Experto 10												-
Experto 11												-
Experto 12												-

Figura 27: Formulario 1. Importancia relativa de los indicadores, para la evaluación global del recurso.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 2: Importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso natural (la importancia de cada indicador dentro del Ecosistema Bosque Seco PNG, Sector Pocosol) (Valoración de la importancia relativa de cada indicador, asignándole su respectivo valor porcentual; siendo este excluyente, o sea, que la suma de todos debe ser 100%)												
Experto	Indicadores											Total por experto
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa	
Experto 1												0%
Experto 2												0%
Experto 3												0%
Experto 4												0%
Experto 5												0%
Experto 6												0%
Experto 7												0%
Experto 8												0%
Experto 9												0%
Experto 10												0%
Experto 11												0%
Experto 12												0%
0												0%
PROMEDIO												0%

Figura 28: Formulario 2. Importancia relativa de los indicadores, asignándole su respectivo valor porcentual.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 3: Valoración del Estado de Conservación del Sitio antes de la afectación											
(Valoración de 0 a 10; 0 indica el peor estado y 10 indica un sitio en condición excelente, en su máximo potencial)											
Indicadores											
Experto	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
Experto 1											
Experto 2											
Experto 3											
Experto 4											
Experto 5											
Experto 6											
Experto 7											
Experto 8											
Experto 9											
Experto 10											
Experto 11											
Experto 12											
0											
PROMEDIO											

Figura 29: Formulario 3. Valoración del estado de conservación del sitio, antes de la afectación.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 4: Valoración del Índice de Afectación del sitio en estudio											
(Valoración de 0 a 10; 0 indica sin afectación y 10 indica la máxima afectación al indicador)											
Indicadores											
Experto	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
Experto 1											
Experto 2											
Experto 3											
Experto 4											
Experto 5											
Experto 6											
Experto 7											
Experto 8											
Experto 9											
Experto 10											
Experto 11											
Experto 12											
0											
PROMEDIO											

Figura 30: Formulario 4. Valoración del índice de afectación del sitio.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 5				
Indicadores	Estado de conservación		Afectación	
	Inicial	Final	Nominal	Real
Protección del recurso hídrico				
Fijación de carbono				
Biodiversidad				
Belleza escénica				
Material genético				
Conservación del suelo				
Regulación del clima				
Investigación				
Heterogeneidad del hábitat				
Control biológico				
Volumen de Biomasa				
Promedios	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 31: Formulario 5. Estados de conservación inicial y final, e índice de afectación.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

FORMULARIO 6: Tiempo de Restauración de los indicadores afectados											
(Unidad utilizada : años)											
Experto	Indicadores										
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
Experto 1											
Experto 2											
Experto 3											
Experto 4											
Experto 5											
Experto 6											
Experto 7											
Experto 8											
Experto 9											
Experto 10											
Experto 11											
Experto 12											
0											
PROMEDIO											

Figura 32: Formulario 6. Estimación del tiempo de restauración.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

4.6. Validación de instrumentos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de información, corresponden y se ajustan a los recomendados en la metodología de evaluación económica del daño ambiental desarrollada por G. Barrantes, 2011, para la estimación del costo de restauración (Barrantes, 2011); metodología que se recomienda en casos donde se presentan incendios forestales, afectación de humedales y cambios de uso en el suelo (Moreno, M.L., 2020). Adicionalmente, este método valuatorio cuenta con aceptación en su uso, por parte del SINAC, MINAE (SINAC, 2014).

Una vez analizados e interpretados los resultados de la investigación, serán validados en sus aspectos técnicos, revisando los resultados obtenidos del proceso y comparándolos con resultados obtenidos en otros estudios similares; lo anterior, con el fin de obtener más robustez y aplicabilidad de lo obtenido. “Cuando se aplica el método cuantitativo, una de las características que posee es que los resultados se pueden probar repitiendo el ejercicio o se pueden comparar con estudios similares” (Ulate, 2016).

4.7. Procedimientos de recolección de información

4.7.1. Desglose analítico de variables

En este desglose se pretende esquematizar cuál es la información que se desea recopilar. Para ello, se extrae las variables de cada uno de los objetivos específicos planteados, explicando su conceptualización o definición técnica y su definición operacional, la cual, crea los límites para la confección de los instrumentos que recogerá la

información. Por último, se define el instrumento, medio por el cual se obtendrá la información (Barrantes Echavarría, 2013).

En el siguiente cuadro se resume los conceptos asociados con este estudio.

Cuadro 10: *Síntesis desglose analítico de variables*

OBJETIVO ESPECÍFICO: Analizar las metodologías de valoración económica ecológica más comúnmente utilizadas en Costa Rica, seleccionando la que mejor se ajuste al caso de estudio.		
META	CATEGORÍA DE ANÁLISIS	ACTIVIDADES
Recopilar y sintetizar la información documental disponible, sobre metodologías de valoración del daño ambiental, aplicados en Costa Rica.	Metodologías de valoración del daño ambiental aplicados en Costa Rica.	Investigar y consultar información documental y literatura disponible.
Seleccionar la metodología más apropiada para el caso de estudio.	Metodología mayormente utilizada en Costa Rica, para la valoración del daño ambiental por incendios forestales, y que cuente con respaldo del SINAC.	Analizar las metodologías sintetizadas previamente y seleccionar la que mejor se adapte a la valoración económica de daño ambiental por incendio forestal, muestre mayor incidencia y cuente con el respaldo del SINAC.
OBJETIVO ESPECÍFICO: Determinar el alcance del daño ambiental ocasionado, como resultado del incendio forestal en el sector Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, ocurrido en el mes de marzo del año 2021		
META	CATEGORÍA DE ANÁLISIS	ACTIVIDADES
Realizar inspección de campo al sitio afectado por el incendio y documentar la afectación.	Inspección de campo.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Visitar el sitio afectado por el incendio, en compañía de funcionarios del PMF-ACG. ✓ Realizar entrevista y recolección de información, con personal del PMF-ACG que participaron en el control del incendio.
Elaborar las tablas de cálculo, requeridas para la sesión de trabajo con los expertos, con el fin de recopilar la información necesaria para establecer una estimación cualitativa del daño y validar las selecciones previas de recursos afectados, flujos de beneficios a la sociedad disminuidos, indicadores propuestos para la evaluación del estado de conservación y tiempo estimado para la restauración de los recursos naturales afectados.	Aplicación de la Metodología de Costos Biofísicos y Sociales (Barrantes, 2011); y criterio técnico.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar y consultar información documental y literatura científica disponible del sitio afectado por el incendio. ✓ Elaborar las tablas de cálculo, requeridas para la sesión de trabajo con los expertos, con el fin de recopilar la información necesaria para establecer una estimación cualitativa del daño.
Realizar las sesiones de trabajo con los expertos, con el fin de recopilar la información necesaria	Sesión de trabajo con los distintos expertos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seleccionar los expertos para trabajar las sesiones de trabajo virtuales.

<p>para establecer una estimación cualitativa del daño y validar las selecciones previas de recursos afectados, flujos de beneficios a la sociedad disminuidos, indicadores propuestos para la evaluación del estado de conservación y tiempo estimado para la restauración de los recursos naturales afectados.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coordinar las sesiones de trabajo virtuales. ✓ Recopilar la información necesaria para establecer una estimación cualitativa del daño, los tiempos estimados para la restauración de los recursos naturales afectados; discutir, mejorar y validar las selecciones previas de recursos afectados, flujos de beneficios a la sociedad disminuidos, y los indicadores propuestos para la evaluación del estado de conservación.
<p>Definir los criterios que dan relevancia al sitio evaluado.</p>	<p>Criterio técnico y sesión de trabajo con expertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar y consultar información documental y literatura disponible del sitio afectado por el incendio, e identificar las razones fundamentales por las que el sitio por evaluar es relevante. ✓ Realizar sesión de trabajo con expertos, donde se discute, ajusta y valida, los criterios que dan relevancia al sitio evaluado.
<p>Identificar los recursos naturales afectados.</p>	<p>Criterio técnico y sesión de trabajo con expertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar cuadro matricial de asociación, entre las actividades humanas que producen daño y los posibles recursos que resultaría afectados con la acción del incendio. ✓ Realizar sesión de trabajo con expertos, se discute y valida los recursos naturales afectados, aprovechando la experiencia y áreas de especialización de cada uno.
<p>Identificar los beneficios sociales que se dejaron de percibir con la afectación del recurso natural.</p>	<p>Criterio técnico y sesión de trabajo con expertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar cuadro matricial de relación entre los flujos de servicios ambientales provistos por el capital natural a la sociedad, para cada recurso natural afectado por el incendio. ✓ Realizar sesión de trabajo con expertos, se discute y valida los servicios ambientales

			provistos por el capital natural a la sociedad, para cada recurso natural afectado.
Definir los indicadores para medir el grado de impacto ocasionado a los recursos.	Criterio técnico y sesión de trabajo con expertos.		Realizar sesión de trabajo con expertos, se discute y define los indicadores o criterios específicos que permitirán evaluar el estado de conservación de los recursos naturales y el grado de impacto ocasionado a estos; a partir de la identificación previa, de los recursos naturales afectados y de los beneficios sociales que se dejaron de percibir con la afectación del recurso.
Ponderar los indicadores definidos.	Sesión de trabajo con expertos.		Realizar una estimación de la importancia de cada indicador definido, tiene del ecosistema global afectado (grupo de servicios ambientales previamente identificados); mediante tablas de cálculo aplicadas en la sesión de trabajo con cada uno de los expertos.
Estimar el estado de conservación de los recursos naturales afectados y la magnitud del daño ocasionado.	Sesión de trabajo con expertos.		Realizar una evaluación del estado de conservación del recurso afectado al momento inicial (momento antes del incendio) y final (ya ocurrido el incendio); socializando y aplicando a los expertos en la sesión de trabajo, el llenado de las tablas de cálculo previamente preparadas, en las que éstos califican el estado de conservación, basados a la información expuesta del incendio, su experiencia y perfil técnico o profesional.
Estimar el tiempo de restauración del ambiente dañado.	Sesión de trabajo con expertos.		Estimar el tiempo que tardará el ambiente dañado en recuperarse, hasta alcanzar su estado de conservación inicial; lo anterior, se realiza discutiendo en la sesión de trabajo con los expertos, sobre las características de los recursos dañados, que con base en su experiencia, perfil técnico y profesional; expone su opinión en el llenado de la tabla de cálculo preparada para los fines, donde definen sobre el tiempo de recuperación de los recursos

afectados, evaluados con los indicadores anteriores.

OBJETIVO ESPECÍFICO: Estimar el valor económico del daño ambiental ocasionado por el incendio forestal en el sector Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, ocurrido en el mes de marzo del año 2021

META	CATEGORÍA DE ANÁLISIS	ACTIVIDADES
Estimar el costo de restauración del ambiente afectado (Daño Biofísico).	Costo de restauración del ambiente afectado, hasta el nivel que se encontraba antes del incendio.	<ul style="list-style-type: none">✓ Identificar las actividades necesarias para la restauración del ambiente afectado, para lo que se aprovecha la sesión de trabajo con los expertos, donde se discute aspectos identificados como la magnitud del daño ocasionado, las características propias del recurso, el tiempo de recuperación y la magnitud del área afectada.✓ Identificar en la sesión de trabajo con los expertos; los recursos materiales, humanos y financieros, necesarios para llevar a cabo las acciones de restauración. Posteriormente, se investiga los precios de mercado de estos recursos y se determina los costos de todas las actividades a valor presente.
Estimar el costo social, por los beneficios a la sociedad perdidos, producto de la afectación.	Costo de los beneficios que el capital natural provee a la sociedad y que se perdieron producto de la afectación causada por el incendio forestal.	<ul style="list-style-type: none">✓ Identificar los flujos de beneficios sociales que se vieron afectados por la alteración en el recurso; dirigido por las tablas de beneficios que aporta el capital natural a la sociedad por recurso natural involucrado, que luego se discute y valida en sesión de trabajo con los expertos.✓ Estimar los valores, de estos servicios ambientales que se ven disminuidos o perdidos temporalmente, mientras el recurso se restablece; se aplica el método indirecto de "Transferencia del Valor", y se determina los costos, con base en los factores cuantificados para los

		Servicios ambientales que brindaría un bosque seco o cobertura vegetal determinados por el CCT, 1996 en el documento "Valoración de los servicios ambientales de los bosques en Costa Rica".
Estimar los costos de atención del siniestro.	Costos asociados con los gastos por la atención del siniestro.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir las acciones llevadas a cabo en la atención del incendio forestal, con la colaboración en la sesión de trabajo con los expertos del PMF-ACG y personas testigos del hecho causante del daño. ✓ Cuantificar los gastos de atención al incendio, aplicando una tabla de cálculo, que incluya las acciones llevadas a cabo, las unidades de medición, los precios y las cantidades.
Estimar el costo total del daño ambiental causado por el incendio forestal.	Evaluación económica del daño ambiental – Costos Totales.	<p>Calcular el Costo Total (CT) del daño ambiental, que es la suma del costo biofísico dado por el Costo de Restauración (CR), el Costo Social (CS) y Otros Costos (OC) asociados con los gastos de atención del incendio (Barrantes, 2011).</p> $CT = CR + CS + OC$
Analizar la razonabilidad de los resultados obtenidos.	Análisis técnico comparativo, de los resultados obtenidos en el estudio, respecto a otros casos similares.	Analizar la razonabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación económica del daño ambiental, mediante un cuadro comparativo con los resultados obtenidos en otras evaluaciones de daño ambiental comparables.

Fuente: Elaboración propia, basado en Barrantes, 2011.

4.8. Procedimientos de análisis de información

Con el objetivo de guiar al lector en el procedimiento de investigación y sobre los procesos que llevan al cumplimiento de los objetivos planteados, se procede a presentar una descripción por etapas para el presente estudio.

4.8.1. Descripción del proceso de investigación

4.8.1.1. Etapa 1. Evaluación del nivel de daño ocasionado

Paso 1. Definición de los criterios de relevancia del sitio evaluado

En este punto de la investigación, se cuenta con una amplia información documental del sitio afectado, sus características particulares, caracterización, importancia, riesgos, amenazas, etc. Información que se utiliza para la identificación de las razones fundamentales por las que el sitio por evaluar es relevante, y que serán la base para la selección de indicadores en el siguiente paso.

Paso 2. Identificación de los recursos naturales afectados

El daño ambiental ocurre cuando “una acción o actividad produce una alteración desfavorable en el medio o en algunos componentes del medio” (Barrantes, 2011, pág. 8). Para la evaluación del daño, se debe identificar el estado antes y después del incendio, correspondiendo la diferencia entre ambos estados a la magnitud del daño ocasionado; para lo que se determina los recursos naturales afectados con el incendio de marzo, 2021 (Barrantes, 2011).

Paso 3. Identificación de los beneficios sociales que se dejaron de percibir con la afectación del recurso natural

Se detalla los aportes del capital natural que benefician directa o indirectamente a la sociedad. Agrupados estos beneficios en siete componentes (Barrantes, 2011):

1. Materia prima que abastece los procesos productivos
2. Consumo de bienes y servicios ambientales
3. Seguridad
4. Esparcimiento
5. Desarrollo espiritual
6. Protección a desastres naturales
7. Protección a la salud

Paso 4. Clasificación de potencial ecológico

Los recursos naturales tienen cualidades intrínsecas que determinan su potencial ecológico para realizar funciones específicas y brindar los correspondientes flujos o servicios ambientales que proveen beneficios a la sociedad (Barrantes, 2011):

1. Escala
2. Elasticidad
3. Representatividad
4. Complejidad.
5. Componente clave

Para esta evaluación del potencial ecológico, se utiliza las cinco cualidades intrínsecas indicadas y se le aplica una valoración individual a cada una de estas, en relación con la valoración total del recurso natural analizado (Barrantes, 2011).

Cada una de estas cualidades intrínsecas de los recursos naturales, tiene diferente importancia sobre la integridad de los recursos evaluados y, por tanto, un peso diferente en la valoración global; por lo que se procede a valorar la importancia relativa de cada cualidad, asignándole un valor porcentual. Esta valoración de la importancia para cada una de las cualidades, se determina en la sesión de trabajo con los expertos.

Entendiendo el potencial ecológico como: “la capacidad del recurso para brindar servicios ambientales y cumplir sus funciones ecológicas” (Barrantes, 2011, p. 19); se podría relacionar la evaluación realizada a cada uno de los indicadores definidos, con el potencial ecológico del recurso natural y así se obtiene su clasificación (Barrantes, 2011, p. 19):

Categoría	Rango (%)
Muy bajo	0-20
Bajo	21-40
Regular	41-60
Alto	61-80
Muy Alto	81-100

En este punto, la categorización da una idea de la riqueza ecológica que posee el sitio evaluado, de acuerdo con las condiciones o indicadores definidos.

La clasificación del potencial ecológico descrito acá, corresponde a un análisis subjetivo que concluye en una categoría o rango porcentual, cuyo fin es el de fortalecer el criterio de la importancia ecológica del sitio, tomando como referencia la evaluación de las cinco cualidades: elasticidad, componente clave, complejidad, escala y representatividad.

A criterio técnico, específicamente en este trabajo de investigación, este paso no es estrictamente necesario, dado que la importancia del sitio afectado por el incendio ya se encuentra ampliamente desarrollada en el documento, y la aplicación de este paso en el taller de expertos, consumiría una importante cantidad de tiempo, que no se aprovecharía en la discusión y análisis de otros procesos, que si se encuentran vinculados directamente en la atención de los objetivos planteados para este trabajo valuatorio.

Se hace referencia a este paso planteado en la metodología de G. Barrantes (2011), pero se decide no aplicarlo en este trabajo de investigación; siendo que la estimación del potencial ecológico, es más con fines informativos sobre la condición ecológica del sitio en estudio, que de valoración económica del daño.

Con el objetivo de validar la citada decisión técnica, se refiere al lector al Cuadro 24 del documento, donde se analiza otros trabajos de valoración de daño ambiental causado por incendios forestales, donde se aplicó la misma metodología, y se puede apreciar que en el caso del RNVS Caño Negro, igualmente, no se calculó el potencial ecológico (Vega, 2004). La estimación del potencial ecológico, es más con fines informativos sobre la condición ecológica del sitio en estudio, que de valoración económica.

Paso 5. Definición de los indicadores para medir el grado de impacto ocasionado

Hay dos componentes en la evaluación económica del daño ambiental. El daño biofísico, que refiere a las afectaciones ocurridas al medio natural y que ocasionan un deterioro en las funciones ecológicas del recurso. El daño social, se refiere a la pérdida de beneficios por parte de la sociedad, derivado de la afectación al recurso natural. Es el análisis de estos dos elementos, que permite un entendimiento de la magnitud del daño ambiental ocasionado (Barrantes, 2011).

Para la estimación del daño biofísico, se procede a determinar el tipo de alteración ocasionada y su relación con los recursos naturales afectados, tanto en el sitio del evento, como en su zona de influencia; es así como se identifica los recursos naturales afectados con el incendio forestal. Para establecer el daño social, se procede con la identificación de los beneficios sociales que se dejaron de percibir por la afectación del recurso natural (Barrantes, 2011).

Los recursos naturales proveen a la sociedad de forma directa o indirecta, una serie de beneficios o flujos de beneficio en mejora de su bienestar. Estos se identifican y agrupan en siete componentes, clasificados por el tipo de aporte del capital natural a la sociedad (ver paso 3).

Considerando esta clasificación de los flujos de beneficios ambientales y los diferentes recursos naturales, se establece relaciones que permiten la identificación de los aportes a la sociedad, para cada uno de los recursos identificados.

Seguidamente, se procede a elegir los indicadores o criterios específicos que permitirá evaluar el estado de conservación de los recursos naturales y el grado de impacto ocasionado en estos.

Paso 6. Ponderación de los indicadores

Una vez identificados los recursos naturales afectados, y definidos los indicadores para su evaluación, se procede a realizar una estimación de la importancia que tiene cada indicador en la provisión de bienes y servicios a la sociedad, mediante sesión de trabajo con expertos (usualmente asociado a la técnica Delphi); entendido como la importancia que cada servicio ambiental tiene dentro del ecosistema global afectado (grupo de servicios ambientales previamente identificados). El sustento de este procedimiento, radica en la relación existente entre la calidad y cantidad de los flujos aportados por el capital natural, y el estado de conservación del recurso (Barrantes, 2011).

Paso 7. Estimación del estado de conservación de los recursos naturales y magnitud del daño ocasionado.

Barrantes define el estado de conservación como “el grado de mantenimiento de los procesos, o sea, a la capacidad para garantizar su continuación y funcionamiento. Este es un indicador de cuán alejado se está del estado de conservación en que el ecosistema tiene

la máxima capacidad para realizar sus funciones ecológicas y brindar los servicios ambientales que benefician a la sociedad” (Barrantes, 2011, pág. 20).

Los datos del estado de conservación se obtiene de la información disponible: literatura y la consulta a expertos (técnica Delphi). Se mide en porcentaje, donde el 100 % indica que el sitio está en su máxima capacidad para realizar sus funciones y brindar servicios, y así se podría obtener porcentajes menores, que indicaría sobre la existencia de un deterioro sufrido en el ecosistema por eventos pasados (Barrantes, 2011).

Se clasifica el nivel de afectación al ambiente en sus estados de conservación inicial (antes del incendio) y final (una vez ocurrido el incendio). La diferencia entre estos dos estados conservación, identifica y representa la magnitud del daño ambiental ocasionado (Barrantes, 2011).

Paso 8. Tiempo estimado de restauración

Una vez conocida la magnitud del daño ocasionado, mediante la sesión de trabajo con los expertos; se procede a estimar el período que tardará el ambiente dañado en restaurarse, hasta alcanzar su estado de conservación inicial (momento antes del incendio) (Barrantes, 2011).

4.8.1.2. Etapa 2. Evaluación económica del daño ambiental

Paso 9. Estimación del costo de restauración del ambiente afectado

Primeramente, se procede a la identificación de las actividades necesarias para la restauración del ambiente afectado, hasta el nivel que se encontraba antes del incendio; lo anterior se trabaja en la sesión de trabajo con expertos, y la verificación en la literatura disponible.

Para la estimación de la cuantificación económica de la restauración, se emplea como base la información generada en la Fase 1, para así identificar los niveles presentes del recurso antes del incendio. La recuperación del recurso hasta el nivel inicial (momento antes de ocurrido el daño), la determinarán la magnitud del daño ocasionado, las características propias del recurso, el tiempo de recuperación y la magnitud del área afectada (Barrantes, 2011).

En las sesiones de trabajo con los expertos, se identifica las actividades de restauración y los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para llevarlas a cabo, así como el tiempo de ejecución. Posteriormente, se investiga los precios de mercado para estos recursos identificados por los expertos, y se determina los costos de todas las actividades a valor presente, aplicando la técnica financiera del VAN (figura 11), con una tasa de descuento adecuada (k).

Para el cálculo de la tasa de descuento (k), se utiliza la fórmula seleccionada (figura 12):

$$k = Tlr + Rp$$

Criterios de selección para la tasa de descuento (k):

- a. Entendida la tasa de descuento como como costo de oportunidad del capital; se analiza hipotéticamente, de donde provendrían los fondos para costear la restauración del recurso dañado por el incendio y compensar socialmente por los servicios ecosistémicos perdidos, si el Estado Costarricense tuviera que financiarlo. Resultado de este análisis hipotético, se resuelve que la tasa más adecuada en dólares, corresponde a una que represente el endeudamiento en esta moneda (tasa activa en dólares), es decir, una que refleje, de la mejor forma, el costo de oportunidad del capital en dólares.
- b. Dado que análisis y cálculos realizados en el presente estudio son en dólares norteamericanos; la tasa de descuento seleccionada, utiliza la tasa de riesgo país (EMBI), que aplica para tasas en dólares, y se le adiciona la tasa libre de riesgo, que corresponde a la tasa de bonos del tesoro de Estados Unidos de América.

Paso 10. Estimación del costo social

El costo social se manifiesta en los beneficios que el capital natural provee a la sociedad y que se perdieron producto de afectación causada por el incendio forestal, por tanto, en este paso, se parte de la identificación precisa de los flujos de beneficios sociales que se vieron afectados por la alteración del recurso natural, y así determinar la relación existente entre el nivel de afectación del recurso y la pérdida de beneficios sociales (Barrantes, 2011).

La compensación por esta pérdida de bienestar de la sociedad, debe alcanzar al menos un nivel comparable al que disfrutaba antes de la alteración de la afectación en el recurso, lo que requeriría alternativas de flujos que compensen las pérdidas (Barrantes, 2011).

El capital natural ofrece beneficios que podrían ser de uso actual (directo o indirecto) o de uso potencial (de opción o de existencia), lo que provoca complejidad en la estimación del valor del recurso natural, dado que muchos valores de uso potencial no se conocen y muchos de los valores de uso actual carecen de precios en el mercado, por lo que se acude a estimaciones indirectas del valor (Barrantes, 2011).

En este punto es donde se recurre a la técnica de estimación indirecta del valor denominada "Transferencia de valor", para tasar el monto de compensación, por estos servicios ecosistémicos provistos por el ecosistema bosque seco a la sociedad y que se vieron perdidos o disminuidos por el incendio forestal.

Paso 11. Estimación del Costo Total

Finalmente, se procede al cálculo del Costo Total (CT) del daño ambiental, que es la suma del costo biofísico dado por el Costo de Restauración (CR), el Costo Social (CS) y Otros Costos (OC) asociados con los gastos de atención del incendio (Barrantes, 2011):

$$CT = CR + CS + OC$$

Figura 33: Fórmula del Costo Total.

Fuente: Barrantes, 2011.

Paso 12. Análisis de razonabilidad de resultados

Una vez analizados e interpretados los resultados de la evaluación, serán validados en sus aspectos técnicos, analizando los resultados obtenidos del proceso y comparándolos con resultados obtenidos en otros estudios similares; lo anterior, con el fin de obtener más robustez y aplicabilidad de lo obtenido.

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados alcanzados

Aplicación de la “Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales”, G. Barrantes (20110), para la valoración económica del daño ambiental, ocasionado por el incendio forestal, ocurrido en el PNG, en el mes de marzo del 2021.

5.1.1. Evaluación del nivel del daño ocasionado

Primera fase de la metodología seleccionada; donde se procede a evaluar y estimar el grado de afectación en el ecosistema, resultado del incendio forestal en estudio.

5.1.1.1. Determinación de los criterios que describen la importancia del sitio donde ocurrió el incendio

En esta sección, se indica los aspectos generales o razones fundamentales por las cuales el sitio por evaluar es relevante.

Cuadro 11: *Criterios que describen la importancia del sitio*

CRITERIO	FUNDAMENTACIÓN
A Interconexión e integración de los cuatro ecosistemas presentes en el ACG.	El ACG, integra en su área, cuatro ecosistemas tropicales: marino/costero, bosque seco, bosque nuboso y bosque lluvioso, representando en América, el único transecto conservado con estas características (Área de Conservación Guanacaste, 2021). La Meseta Santa Rosa, que compone los Parques Nacionales PNSR y PNG, cumple una importante función de interconexión entre ecosistemas, y también entre los fragmentos de bosque seco existentes; favoreciendo procesos de recolonización y contrarrestando efectos de aislamiento.
B El PNG del ACG, ayuda a la conservación del mayor hábitat de bosque seco de la región.	Hoy en día, el único bosque seco Mesoamericano original existente y relativamente intacto, lo constituyen secciones o pedazos dispersos en el ACG. Juntos e ACG y el ACT, representan más bosque seco conservado y en proceso de restauración que en el resto de Centroamérica y México. El PNG procura el resguardo y conservación del ecosistema bosque seco, así como facilitando la recolonización del ecosistema, de forma que sea posible mantener a perpetuidad los hábitats y las especies que originalmente ocuparon en la región (Janzen D. , 1986).
C El ACG (PNG forma parte) se encuentra inscrita en la lista de	En la referencia de la UNESCO, 928bis, criterios (IX) y (X), resalta con el acto, la importancia mundial del ACG: “ <i>El área de conservación posee hábitats naturales importantes para la preservación de la diversidad</i> ”

	Patrimonio Mundial de Valor Universal Excepcional, declarado así por la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).	<i>biológica. Entre ellos figuran los mejores hábitats de bosque seco de toda la región que se extiende desde Centroamérica al norte de México, así como otros que son esenciales para la conservación de especies animales y vegetales, raras o en peligro de extinción. En este sitio tienen lugar procesos ecológicos de gran importancia, tanto en el medio ambiente terrestre como en el costero y marino.</i> (UNESCO, 2021).
D	El Sector Pocosol del PNG, corresponde a un sitio alta incidencia y recurrencia de incendios forestales.	Los registros estadísticos sobre los antecedentes del fuego en el PNG, resaltan al Sector Pocosol con una alta incidencia y recurrencia de incendios. Lo anterior, conlleva implicaciones a nivel de vulnerabilidad y riesgo, respecto a otras áreas del ACG (Jones & Álvarez, 2018).
E	Alto valor ecológico del Sector Pocosol del PNG, por su bosque seco y transición con el bosque húmedo.	El Sector Pocosol corresponde a un área que conjuga diferentes estados de restauración y tipos de coberturas; con un alto valor ecológico por su bosque seco y transición con el bosque húmedo, así como la presencia de humedales palustres. Humedales: entre las características de la Unidad Santa Rosa (comprende al Sector Pocosol), se destaca su diversidad biológica presente de 36 especies de flora y 48 especies de fauna (Veas, y otros, 2018).
F	Los bosques del Sector Pocosol del PNG, dentro del ciclo hidrológico, cumplen la función de retención y filtración del agua que alimenta el reservorio de la Comunidad de Colonia Bolaños, La Cruz, Guanacaste.	Pocosol es parte de las cuencas Lago de Nicaragua y cuenca Río Tempisque; con quebradas y ríos de flujo estacional intermitente (Janzen & Hallwachs, 2016). Se identifican una serie de humedales palustres con superficies relativamente pequeñas y alterados por acciones antrópicas, pero fundamentales para la regulación hídrica y recarga de acuíferos (Veas, y otros, 2018).

Fuente: Elaboración propia, basado en Barrantes, 2011.

5.1.1.2. Identificación evaluación y análisis de los recursos naturales afectados por el incendio

En su metodología, Barrantes, 2011, hace una adaptación de las listas de acciones que causan daño al ambiente desarrolladas por Leopold (1971) y Johnson y Bell (1975), adaptándolas y clasificándolas en nueve grupos, según su similitud (Barrantes, 2011, pág. 24): (1) Contaminación (2) Introducción de organismos exóticos (3) Deforestación (4) Quemas e incendios (5) Extracción (6) Modificación del paisaje (7) Modificación del régimen hídrico (8) Usos abusivos del suelo (9) Construcciones.

Se procede a identificar en los grupos, la acción que compete, en el presente caso, correspondiente a “Quemas e incendios”; luego valiéndose de la clasificación de los recursos naturales dada por Barrantes (Barrantes, 2011, p. 25), se precisa en un cuadro los posibles recursos naturales que se verían afectados con la acción humana del incendio:

Cuadro 12: *Relación entre la acción humana Quemadas e Incendios, y los recursos naturales posiblemente afectados*

ACCIÓN CAUSANTE	TIPO DE RECURSOS	RECURSOS NATURALES	
Quemas e Incendios: Entendido como la alteración del sistema natural por fuegos controlados y no controlados en diferentes ecosistemas, incluyendo zonas perturbadas como potreros y tacotales.	Geológicos y edafológicos	Suelo	
		Subsuelo	
	Hídricos	Aguas superficiales	
		Aguas subterráneas	
	Atmosféricos	Aire	
	Energéticos	Energía calórica por combustión	
	Biológicos	Biodiversidad	Vegetal (Flora)
			Animal (Fauna)
			Hongos
			Unicelulares
		Recursos Genéticos	
		Ecosistemas	Humedales palustres
			Bosques
	Sabanas y praderas		
	Paisaje	Vistas panorámicas	
Mosaicos de hábitat			
	Elementos estéticos		

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

Identificados los recursos naturales, posiblemente afectados por el incendio, se emplea el cuadro de clasificación de los recursos (cuadro 13), para facilitar la identificación de donde provienen naturalmente los flujos de productos y servicios ambientales que son aprovechados por la sociedad (Barrantes, 2011).

Cuadro 13: *Síntesis de los grupos y recursos posiblemente afectados por el incendio*

RECURSOS NATURALES	COMENTARIO
Suelo	“El suelo es el material o capa superficial no consolidado de la superficie terrestre, producto de la intemperización del material original, que tras largos períodos ha llegado a constituirse en capas diferenciadas o horizontes, cuyas características químicas, físicas y biológicas le permiten que ocurra

Geológicos y edafológicos			crecimiento de la vegetación. Formado predominantemente por compuestos inorgánicos y un porcentaje variable de sustancias orgánicas. También entendido como la capa arable de la tierra (0-20cm) constituida por materia orgánica, roca, minerales, aire y agua. Se distribuye en capas u horizontes característicos, a cuyo conjunto se le llama perfil (Strahler, 1977). En el perfil de suelo corresponde a las capas A y B" (Barrantes, 2011).
	Subsuelo		"En el perfil de suelo, corresponde al horizonte C; zona donde se halla la roca madre erosionada (Strahler, 1977)" (Barrantes 2011).
Hídricos	Aguas superficiales		"Comúnmente entrelazadas con las aguas freáticas. Por ello, si hay contaminación en aguas superficiales, esta puede contagiar los niveles freáticos" (Barrantes, 2011).
	Aguas subterráneas		"Comprende dos recursos: el agua y el acuífero que la contiene. Uno de los más importantes recursos minerales. Responde a condiciones específicas de calidad, para ser aprovechado y procesado tecnológicamente. Sensibles a alteraciones externas. Incluye las Aguas Freáticas (tienen por base un estrato impermeable y por techo un estrato permeable) afectadas directamente por cambios en la superficie; y las aguas confinadas (con una base o substrato impermeable y un techo de estrato impermeable)" (Barrantes, 2011).
Atmosféricos	Aire		"Combinación de varios gases que constituyen la atmósfera terrestre. Generalmente compuesto por nitrógeno, oxígeno, además de pequeñas cantidades de argón, dióxido de carbono, neón helio y kriptón (Mata y Quevedo, 1990)" (Barrantes, 2011).
Energéticos	Energía calórica por combustión		"Recurso natural de la combustión de la biomasa (árboles, leña carbón, hojas, ramas, etc.) y de la descomposición natural de desechos orgánicos" (Barrantes, 2011).
	Biodiversidad (clasificación)	Vegetal (Flora)	"Organismos con clorofila capaces de fotosintetizar. Se incluye lo que se denomina flora, que pueden ser vasculares o no vasculares" (Barrantes, 2011).
		Animal (Fauna)	"Conjunto de animales de un país o región, que pueden ser vertebrados o invertebrados" (Barrantes, 2011).

Biológicos	según la taxonomía)	Hongos	“Organismos carentes de clorofila y pared celular, perteneciente al reino Fungi” (Barrantes, 2011).
		Unicelulares	“Organismos unicelulares (excepto hongos)” (Barrantes, 2011).
		Recursos Genéticos	“Material capaz de transmitir la herencia” (Barrantes, 2011).
	Ecosistemas (clasificación según las interrelaciones)	Humedales palustres	“Humedales de tipo no mareal, pueden contener cobertura vegetal o no, típicamente no exceden dos metros de profundidad, valores de salinidad se mantienen debajo de 0.5 partes por mil (Bravo y Windevoxhel, 1997 / Odum, 1993)” (Barrantes, 2011).
		Bosques	“Ecosistema vegetal caracterizado por sus especies maderables de regular a gran tamaño, además de variedad de especies menores. Cobija un gran número de especies animales que dependen de él (Mata y Quevedo, 1990). Presencia de árboles” (Barrantes, 2011).
		Sabanas y praderas	“Formaciones de gramíneas (RAE, 1992). Sabana: ecosistema de tierras bajas, con un régimen climático de estacionalidad muy marcada, con época seca y de lluvia en zonas tropicales y subtropicales. Formada de gramíneas, acompañada de arbustos leñosos dispersos o en grupos (Mata y Quevedo, 1990)” (Barrantes, 2011).
Paisaje	Vistas panorámicas	“Belleza escénica. Comprende elementos naturales, agro sociales y mixtos” (Barrantes, 2011).	
	Mosaicos de hábitat	“Sitios donde el tipo de hábitat no es homogéneo, sino que presenta una diversidad de hábitats entrelazados, que varían en tamaño, forma y distribución relativa” (Barrantes, 2011).	
Elementos estéticos			“Componentes naturales que producen sensaciones de percepción de belleza, placer o admiración. Las sensaciones son variadas basándose en cualquiera de los sentidos: visuales, auditivas, olfativas, táctiles o gustativas” (Barrantes, 2011).

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

A partir de la información detallada hasta acá sobre los posibles recursos naturales dañados y ajustándola con las características propias del sitio afectado por el incendio en

el Sector Pocosol de PNG; se procede a detallar los recursos naturales afectados por el incendio:

Cuadro 14: *Recursos naturales afectados por el incendio*

RECURSO QUE MANIFIESTA DAÑO	DETALLE
1 Suelo	Capa arable de la tierra (0-20cm) constituida por materia orgánica, roca, minerales, aire y agua. Daños sobre: Materia orgánica, organismos, humedad, erosión. La eliminación de parte de la superficie vegetal del bosque, expone el suelo a erosión, pérdida de materia orgánica, humedad, organismos, etc; generando pérdida de material, problemas con la infiltración del agua y aumento del flujo superficial.
2 Agua	Aguas superficiales y Aguas subterráneas (Aguas Freáticas). Capacidad de recarga, sedimentos. Disminución en la Capacidad del ecosistema bosque seco, de cumplir la función dentro del ciclo hidrológico, de la retención y filtración del agua que alimenta el reservorio de la Comunidad de Colonia Bolaños, La Cruz.
3 Biodiversidad	Pérdidas en Biodiversidad: Vegetal (Flora), Animal (Fauna), Hongos, Unicelulares, Recursos Genéticos
4 Humedales	Humedales Palustres. Pérdida de cobertura vegetal y disminución en su capacidad en la regulación hídrica y la recarga de acuíferos.
5 Bosque	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cobertura Bosque Seco Secundario ✓ Cobertura Tacotal ✓ Cobertura Pastos ✓ Cobertura Pastos Arbolados Daño: Afectación en el estado del bosque seco, en sus distintas fases sucesionales presentes.
6 Paisaje	Vistas Panorámicas y Elementos Estéticos. Disminución de las capacidades de los distintos componentes naturales, para producir sensaciones de percepción de belleza, placer o admiración.

ECOSISTEMA BOSQUE SECO DEL PNG, SECTOR POCOSOL

Nota: Para los efectos prácticos del presente estudio y acorde a la metodología seleccionada (Costos de Restauración. Barrantes, 2011), se considera el Ecosistema Bosque Seco del PNG, Sector Pocosol como un solo recurso para hacer la evaluación del estado de conservación; en el entendido que lo componen los recursos: suelo, agua, biodiversidad, humedales, bosque y paisaje.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los cuadros 12 y 13.

5.1.1.3. Identificación de los beneficios sociales aportados, por cada uno de los recursos naturales afectados por el incendio en el PNG

Una vez definidos los recursos naturales afectados por el incendio, se identifica los beneficios que, de forma directa o indirectamente, proveen estos recursos naturales a la sociedad; para ello, se recurre al cuadro flujos aportados por el capital natural a la sociedad, elaborado por Barrantes (2011), que en su metodología agrupa los beneficios en siete componentes, clasificados como aportes del capital natural a la sociedad (Barrantes, 2011, p. 16):

Beneficios Sociales	Comentario	Ejemplo
Materia prima que abastece los procesos productivos	Proceso de transformación de la materia prima al sistema económico para la producción de bienes y servicios.	Madera, agua, aire, suelo, rocas, arena, fauna, lombrices, bacterias etc.
Consumo de bienes y servicios ambientales	Bienes y servicios presentes en el sistema natural y que son aprovechados por la sociedad humana.	Respirar, tomar agua, fertilización por guano, mejoramiento de suelos mediante incorporación de lombrices, construcción con arena, elaboración de muebles con madera, elaboración de papel a partir de pulpa de árboles.
Seguridad	Posibilidad de abastecimiento para necesidades futuras.	Germoplasma disponible en ecosistemas naturales para utilización en futura biotecnología, farmacología, medicina, agricultura, etc.
Esparcimiento	Capacidad del medio natural de ofrecer tranquilidad, recreación e inspiración.	Belleza del paisaje, respirar aire puro, la tranquilidad (sin ruido de ciudad, volúmenes soportables y agradables, sonidos agradables como el murmullo del agua o el susurro del viento, etc.). Ríos y mares para nadar, cataratas. Aguas blancas. Observación de la vida silvestre en su medio natural. Pesca, caza, etc. Sonidos de la naturaleza.
Desarrollo espiritual	Crecimiento en armonía con la naturaleza. Fortalecimiento de la creatividad y de la fortaleza emocional para contribuir y participar positivamente en la sociedad.	Higiene mental que confiere el disfrute de la naturaleza y que contribuye a una mejor estabilidad emocional que se traduce en una sociedad más beligerante, tolerante, productiva y motivada a mejorar, compartir y trabajar por el bien común. Fortalecimiento de la tranquilidad, la creatividad y la ayuda mutua social a través de la disponibilidad de factores de bienestar.
Protección a desastres naturales	Condiciones más adecuadas para lograr reducir o evitar el impacto de los desastres naturales y las áreas de riesgo.	Una adecuada capa vegetal protege al suelo y previene de sobresaturación de agua en la tierra, con lo que se evitan posibles inundaciones y deslizamientos de tierra. Un adecuado desarrollo del bosque resulta en cambios de temperatura y humedad (microclima en general) más benignos y evita el estrés hídrico o calórico durante las épocas secas.
Protección a la salud	Calidad del ambiente, reducción de enfermedades	Regulación natural de poblaciones (reptiles y mamíferos, aves, etc., regulan poblaciones de roedores e insectos)

Figura 34: Listado y definición de los beneficios que se derivan de los recursos naturales.

Fuente: Tomado de Barrantes, 2011.

Empleando un cuadro matricial, se relaciona los flujos de servicios ambientales provistos por el capital natural a la sociedad, por cada recurso natural afectado por el incendio:

Cuadro 15: *Beneficios sociales aportados por el capital natural por cada recurso natural afectado*

BENEFICIOS SOCIALES	RECURSOS NATURALES					
	Suelo	Agua	Biodiversidad	Humedales	Bosque	Paisaje
Materia prima						
Consumo	X	X	X	X	X	
Seguridad	X	X	X	X	X	
Esparcimiento		X	X	X	X	X
Desarrollo espiritual		X	X	X	X	X
Protección a desastres	X	X		X	X	
Protección a la salud			X		X	

Fuente: Elaboración propia, a partir del cuadro 14 y la figura 34.

Habiendo identificado los recursos naturales afectados (Cuadro 14), así como los diferentes aportes del capital natural a la sociedad para cada uno de estos recursos (Cuadro 15); se está en capacidad de definir los beneficios sociales aportados por el ecosistema en estudio, que se vieron disminuidos o se dejaron de percibir por la afectación del recurso, resultado del incendio forestal.

Cuadro 16: *Identificación de los beneficios sociales aportados por el ecosistema Bosque Seco del PNG, Sector Pocosol*

SERVICIO ECOSISTÉMICO	DETALLE
Consumo de bienes y servicios ambientales	
Protección del recurso hídrico	Protección del agua para uso urbano y rural.
Fijación de Carbono	Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción).
Volumen de Biomasa	Volumen de materia orgánica (árboles, leña, carbón, hojas, ramas, etc.), utilizable como fuente de energía (calórica por combustión). El carbono fijado en la biomasa, permanece por largos períodos acumulado en el bosque.

Investigación	Investigación para fines científicos, históricos, culturales y sociales.
Seguridad	
Material genético	Germoplasma disponible en el ecosistema natural de bosque seco, para la utilización futura; en biotecnología, farmacología, medicina, agricultura, etc.
Protección de ecosistemas	Protección de formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.
Protección de la biodiversidad	Para conservación y uso sostenible, científico, farmacéutico, investigación y mejoramiento genético.
Protección de recurso hídrico	Capacidad del ecosistema bosque seco, de cumplir la función dentro del ciclo hidrológico, de la retención y filtración del agua.
Esparcimiento	
Belleza del paisaje	Capacidad del medio natural de ofrecer tranquilidad, recreación e inspiración.
Desarrollo espiritual	
Belleza del paisaje	Higiene mental que confiere el disfrute de la naturaleza y que contribuye a una mejor estabilidad emocional.
Protección a desastres naturales	
Conservación del suelo	La eliminación de parte de la superficie vegetal del bosque, expone el suelo a erosión, pérdida de materia orgánica, humedad, organismos, etc.; generando pérdida de material, problemas con la infiltración del agua y aumento del flujo superficial.
Protección a la salud	
Regulación natural de poblaciones	Reptiles, mamíferos, aves; regulan poblaciones de roedores e insectos, resultando a mejor calidad del ambiente y la reducción de enfermedades.
Regulación del clima	Un adecuado desarrollo del bosque, resulta en cambios de temperatura y humedad (microclima en general) más benignos y evita el estrés hídrico o calórico durante las épocas secas.

Fuente: Elaboración propia, basado en Barrantes, 2011.

Estado de conservación inicial para el ambiente afectado

El estado de conservación del recurso, definido como el “grado de mantenimiento de los procesos, o sea, la capacidad para garantizar su continuación y funcionamiento. Este es un indicador de cuán alejado se está del estado de conservación en que el ecosistema tiene la máxima capacidad para realizar sus funciones ecológicas y brindar los servicios ambientales que benefician a la sociedad” (Barrantes, 2011, p. 20).

Estado de conservación del ecosistema:

- ✓ Máxima capacidad (10,00)
- ✓ Deterioro del ecosistema (5,00)
- ✓ Importante deterioro del ecosistema (2,00)

Para la evaluación del ecosistema bosque seco, ya se tiene definidos los criterios que describen la importancia del sitio evaluado (Cuadro 11), los recursos naturales que lo componen (Cuadro 14) y los beneficios sociales aportados por el ecosistema en estudio (Cuadro 16); por lo que se procede a evaluar el estado de conservación del sitio. Para aplicar esta evaluación del estado de conservación de los recursos, previamente se debe establecer los indicadores (criterios) que permitan establecer la valoración de su estado, así como la ponderación de cada uno de estos, en relación con el valor global del recurso.

Para la evaluación del estado de conservación y ponderación de los indicadores, se realiza sesiones de trabajo con los expertos fuentes de información. Como se explicó, para efectos prácticos del presente apartado y acorde con la metodología aplicada; se considera el Ecosistema Bosque Seco del PNG, como un solo recurso para la evaluación con los indicadores seleccionados.

5.1.1.3.1. Definición de indicadores para evaluar el estado de conservación

Cuadro 17: *Identificadores definidos para la evaluación del estado de conservación*

INDICADORES	DETALLE	CRITERIO ASOCIADO (Cuadro 7)
1 Protección del recurso hídrico	Capacidad del ecosistema bosque seco, de cumplir la función dentro del ciclo hidrológico, de la retención y filtración del agua que alimenta el reservorio de la Comunidad e Colonia Bolaños, La Cruz, Guanacaste. Existencia de quebradas, ríos y humedales palustres, fundamentales para la regulación hídrica y la recarga de acuíferos. Restauración de las cuencas hidrográficas Cuenca Lago de Nicaragua y Cuenca Río Tempisque.	D, E, F
2 Fijación carbono de	Capacidad de reducir los niveles de gases de efecto invernadero, ante el fenómeno climático denominado calentamiento global. Servicio de eliminación del carbono atmosférico y producción de oxígeno a través de los bosques del PNG; lo anterior, con el proceso de la fotosíntesis, donde los árboles y plantas toman el dióxido de carbono presente en la atmósfera y lo transforman, dejando fijada en sus estructuras la molécula de carbono	D, E

		y liberando la molécula de oxígeno; este carbono fijado en la biomasa, permanece por largos períodos acumulado en el bosque.	
3	Biodiversidad	“Esta información da una mejor descripción de la estructura ecológica del ecosistema, pues indica tanto la cantidad de individuos por especie, como su abundancia (relativa) con relación a la de otras especies” (Barrantes, 2011).	A, C, E
4	Belleza escénica	Comprende elementos naturales, agro sociales y mixtos (Barrantes, 2011). “Elementos estéticos: Componentes naturales que producen sensaciones de percepción de belleza, placer o admiración. Las sensaciones son variadas basándose en cualquiera de los sentidos: visuales, auditivas, olfativas, táctiles o gustativas” (Barrantes, 2011).	D, E
5	Material genético	Cantidad de remanentes de bosque, que permiten la restauración, sobrevivencia y conservación de las poblaciones de organismos propios del bosque seco. Prospección de biodiversidad para búsqueda de medicinas. Evolución, sucesión y restauración biológica del bosque seco tropical (UNESCO, criterios N (ii)(iv), 1999, Marruecos) (UNESCO, 2021).	B, C, E
6	Conservación del suelo	La eliminación de parte de la superficie vegetal del bosque, expone el suelo a erosión, pérdida de materia orgánica, humedad, organismos, etc; generando pérdida de material, problemas con la infiltración del agua y aumento del flujo superficial. Una adecuada capa vegetal protege el suelo y previene de sobresaturación de agua en la tierra, con lo que se evitan posibles inundaciones y deslizamientos de tierra (Barrantes, 2011).	D, E, F
7	Regulación del clima	Un adecuado desarrollo del bosque, resulta en cambios de temperatura y humedad (microclima en general) más benignos y evita el estrés hídrico o calórico durante las épocas secas (Barrantes, 2011).	D, E, F
8	Investigación	Investigación científica en el ACG, orientada a obtener información del conocimiento de las especies, los ecosistemas, los rasgos físicos y abióticos, los procesos y relaciones ecológicas, la historia natural de las especies, del estado de las poblaciones, así como del conocimiento de la historia, arqueología, cultura local y otras ramas del saber humano (Área de Conservación Guanacaste, 2021).	B, C, E
9	Heterogeneidad del hábitat	Los elementos que componen el hábitat, son diferenciables entre sí y forman, a su vez, parte del mismo conjunto. La heterogeneidad y su relación con la diversidad y abundancia de ecosistemas y especies.	A, B, C, E
10	Control biológico	Regulación natural de poblaciones (reptiles, mamíferos, aves, etc., regulan poblaciones de roedores e insectos), lo que implica una mejora en la calidad del ambiente y reducción de enfermedades (Barrantes, 2011).	C

11	Volumen de Biomasa	de	Volumen de materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado (árboles, leña, carbón, hojas, ramas, etc.), utilizable como fuente de energía (calórica por combustión). El carbono fijado en la biomasa, permanece por largos períodos acumulado en el bosque.	B, D
----	--------------------	----	--	------

Fuente: Elaboración propia, a partir del cuadro 16, y basado en Barrantes, 2011.

5.1.1.3.2. Ponderación de los indicadores seleccionados

La ponderación de cada uno de los indicadores, tendrá relación con el valor global del recurso natural. Para los efectos prácticos del presente estudio, se considera el Ecosistema Bosque Seco del PNG, como un solo recurso para hacer la evaluación.

Cada uno de los indicadores tiene un peso diferente en la valoración global del recurso, pues tienen diversa importancia sobre la integridad del recurso. Por tanto, se valoró la importancia relativa de cada indicador, asignándole su respectivo valor porcentual; siendo excluyente, o sea, que la suma de todos debe ser el 100 %.

La valoración asignada a cada uno de los indicadores, se determinó mediante consulta a expertos, con la sesión de trabajo, donde los expertos definieron el peso relativo de cada indicador en la evaluación del recurso ecosistema bosque seco, PNG (figura 35). Los resultados de la ponderación, se muestra en la figura 37.

FORMULARIO 1: Importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso natural (la importancia de cada indicador dentro del Ecosistema Bosque Seco, PNG, Sector Pocosol)												
(Valoración de 0 a 10 para cada experto; 0 indica la menor importancia y 10 la máxima)												
Experto	Indicadores											Total por experto
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa	
Julio Díaz Orías	8	7	8	7	8	7	7	7	6	7	7	79
Didi Guadamuz	6	5	8	4	4	8	7	8	8	4	6	68
Sergio Cascante	7	6	8	5	5	8	6	8	7	5	5	70
Augusto Otárola Guerrero	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	5	103
Luis Carlos Hernández	8	7	4	6	4	3	5	6	8	5	6	62
David Reyes Cordero	7	8	9	8	6	9	5	5	6	5	5	73
Francisco Ramírez Noguera	6	8	8	5	5	8	7	8	5	5	6	71
Marco Bustos Salazar	7	8	9	6	6	7	7	8	6	6	7	77
María Marta Chvarría	8	8	8	6	6	8	9	8	8	8	6	83
Raúl Acevedo Peralta	10	7	10	9	5	8	7	5	8	7	9	85
Mainor Brenes Pineda	8	9	10	7	7	7	8	8	7	9	9	89
William Ramírez Durán	9	6	9	7	9	7	7	8	8	7	7	84

Figura 35: Calificación de la importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

FORMULARIO 2: Importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso natural (la importancia de cada indicador dentro del Ecosistema Bosque Seco PNG, Sector Pocosol)												
(Valoración de la importancia relativa de cada indicador, asignándole su respectivo valor porcentual; siendo este excluyente, o sea, que la suma de todos debe ser 100%)												
	Indicadores											Total por experto
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa	
Julio Díaz Orías	10%	9%	10%	9%	10%	9%	9%	9%	8%	9%	9%	100%
Didi Guadamuz	9%	7%	12%	6%	6%	12%	10%	12%	12%	6%	9%	100%
Sergio Cascante	10%	9%	11%	7%	7%	11%	9%	11%	10%	7%	7%	100%
Augusto Otárla Guerrero	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	8%	10%	10%	5%	100%
Luis Carlos Hernández	13%	11%	6%	10%	6%	5%	8%	10%	13%	8%	10%	100%
David Reyes Cordero	10%	11%	12%	11%	8%	12%	7%	7%	8%	7%	7%	100%
Francisco Ramírez Noguera	8%	11%	11%	7%	7%	11%	10%	11%	7%	7%	8%	100%
Marco Bustos Salazar	9%	10%	12%	8%	8%	9%	9%	10%	8%	8%	9%	100%
María Marta Chvarría	10%	10%	10%	7%	7%	10%	11%	10%	10%	10%	7%	100%
Raúl Acevedo Peralta	12%	8%	12%	11%	6%	9%	8%	6%	9%	8%	11%	100%
Mainor Brenes Pineda	9%	10%	11%	8%	8%	8%	9%	9%	8%	10%	10%	100%
William Ramírez Durán	11%	7%	11%	8%	11%	8%	10%	10%	10%	8%	8%	100%
PROMEDIO	10%	9%	11%	8%	8%	10%	9%	9%	9%	8%	8%	100%

Figura 36: Ponderación de los indicadores seleccionados en la evaluación del recurso.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Ponderación
Protección del recurso hídrico	10.0%
Fijación de carbono	9.5%
Biodiversidad	10.7%
Belleza escénica	8.4%
Material genético	7.8%
Conservación del suelo	9.5%
Regulación del clima	9.0%
Investigación	9.3%
Heterogeneidad del hábitat	9.3%
Control biológico	8.1%
Volumen de Biomasa	8.3%
	100%

Figura 37: Resultado de la ponderación de los indicadores seleccionados para la evaluación del recurso.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

5.1.1.3.3. Evaluación y cálculo del estado de conservación inicial del recurso

La estimación del estado de conservación inicial del recurso (EC_t^i), se obtiene considerando los m indicadores valorados por n expertos que le asignan un valor a cada uno. El valor asignado refleja el estado o condición del indicador, resultado de la consulta de expertos en la sesión de trabajo, y se calcula el valor promedio.

$$Y_j = \frac{\sum_{k=1}^n x_{kj}}{n}$$

Figura 38: Fórmula de valoración promedio del estado de conservación inicial para el indicador j.

Fuente: Barrantes, 2011.

j = 1, 2...m indicadores.

$$0 \leq x \leq 10$$

Donde,

x = Valoración de experto k sobre el indicador j ($0 \leq x \leq 10$),

Y = Valoración promedio del indicador j.

Asignando una ponderación α_j al indicador j, la evaluación de recurso correspondería al resultado de agregar la valoración de cada indicador, basado en su ponderación.

$$EC_r^i = \sum_{j=1}^m \alpha_j Y_j$$

Figura 39: Fórmula del estado de conservación inicial del recurso natural.

Fuente: Barrantes, 2011.

$$0 \leq Y_j \leq 10$$

y,

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$$

Donde:

α_j = Ponderación asignada al indicador j

EC_r^i = Estado de conservación inicial del recurso natural r

Para el presente estudio de caso, no se disponía de información técnico científica basada en mediciones o estadísticas sobre el estado de conservación del sitio; por lo que

se recurre a la consulta a expertos en sesión de trabajo, para obtener su criterio sobre los indicadores evaluados.

Para cada criterio ambiental utilizado para la evaluación del estado de conservación, se estableció una escala de escala de 1 a 10 (10 es el estado de conservación óptimo) (Figura 40), para posteriormente aplicarle la ponderación que se obtuvo para cada criterio (Figura 37).

En este sentido se obtiene que el ecosistema del área de estudio tiene un estado de conservación inicial equivalente al 7,27 (Figura 41). Es decir, que su estado de conservación ya había disminuido en un 2,73 previo en el momento del incendio, lo que es consecuente a procesos de degradación anteriores (actividades agropecuarias, incendios forestales).

FORMULARIO 3: Valoración del Estado de Conservación del Sitio antes de la afectación											
(Valoración de 0 a 10; 0 indica el peor estado y 10 indica un sitio en condición excelente, en su máximo potencial)											
Experto	Indicadores										
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
Julio Díaz Orias	7	8	8	7	7	6	7	6	8	7	7
Diefi Guadamuz	7	9	7	7	8	7	7	8	8	7	9
Sergio Cascante	8	9	8	8	8	7	7	8	8	8	8
Augusto Otárra Guerrero	10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	5
Luis Carlos Hernández	7	9	9	7	6	7	8	8	8	6	7
David Reyes Cordero	7	8	9	8	6	9	5	5	6	5	5
Francisco Ramírez Noguera	6	6	7	7	7	7	6	6	6	5	6
Marco Bustos Salazar	7	8	8	5	6	7	7	6	6	7	7
María Marta Chvarría	7	6	7	6	6	7	7	6	6	6	6
Raúl Acevedo Peralta	8	7	8	9	7	8	6	6	7	6	8
Mainor Brenes Pineda	8	7	8	9	7	8	6	7	8	8	6
William Ramírez Durán	6	8	7	7	6	6	6	7	8	7	7
PROMEDIO	7.3	7.9	8.0	7.5	7.0	7.4	6.8	6.8	7.4	6.8	6.8

Figura 40: Evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes del incendio.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Valoración promedio por indicador	Valoración ponderada
Protección del recurso hídrico	7.3	0.73
Fijación de carbono	7.9	0.75
Biodiversidad	8.0	0.85
Belleza escénica	7.5	0.63
Material genético	7.0	0.55
Conservación del suelo	7.4	0.71
Regulación del clima	6.8	0.61
Investigación	6.8	0.63
Heterogeneidad del hábitat	7.4	0.69
Control biológico	6.8	0.56
Volumen de Biomasa	6.8	0.56
Estado de conservación		7.27

Figura 41: Resultado de la evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes del incendio.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

El estado de conservación de 7,27 indica que el estado del área de estudio no era el óptimo y ya presentaba un grado de degradación antes de ocurrido el incendio, sin embargo, a pesar de los daños sufridos en épocas pasadas, el ecosistema no ha perdido su capacidad de brindar bienes y servicios ambientales a la sociedad. Gráficamente, el lector puede ver en la Figura 42, la diferencia entre el estado óptimo y la condición inicial del estado de conservación, representando la afectación ocasionada al recurso a lo largo del tiempo y relacionado con otras acciones pasadas.

El contorno exterior en la Figura 42, representa el estado óptimo de conservación, mientras que la línea azul con puntos indica el estado inicial del ecosistema antes de la intervención. La franja comprendida entre estas representa la degradación del recurso, relacionada con eventos anteriores.

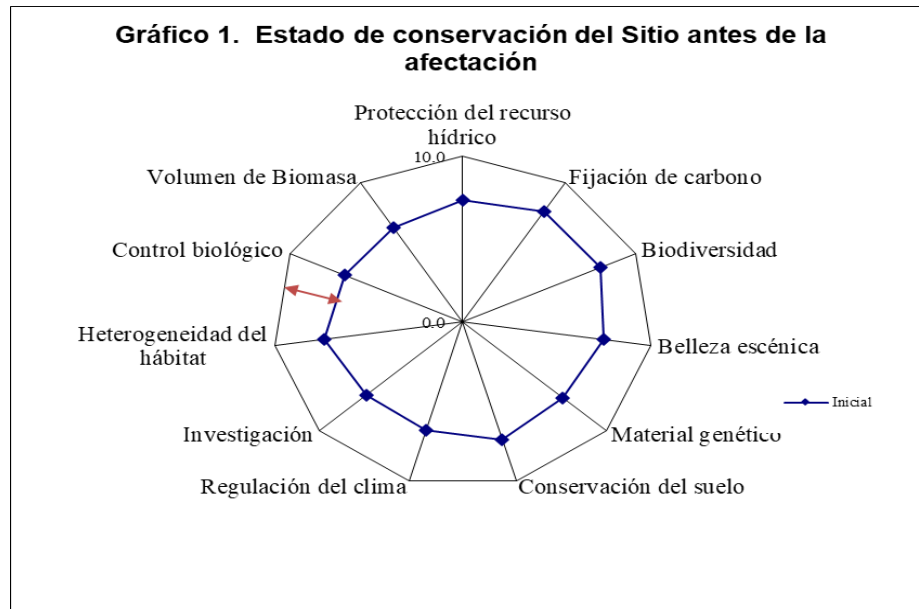


Figura 42: Gráfico valoración del estado de conservación inicial antes de la intervención.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

5.1.1.4. Índice de afectación de la zona de estudio

Cualquiera que sea el estado de conservación del ecosistema, la intervención sobre él genera algún índice de afectación que se debe considerar en la estimación del daño ocasionado al ecosistema. Este índice es independiente del estado de conservación, dado que la alteración sobre él, repercute en una pérdida de beneficios sociales por la disminución en el flujo de servicios ambientales ofrecidos.

Se considera los m indicadores en la evaluación del recurso natural valorados por n expertos que les asignan una valoración v para cada indicador j . Al igual que en la valoración de los indicadores en la etapa de evaluación del estado de conservación inicial del recurso; el valor de la afectación para cada indicador, responde al criterio de expertos, resultado de la sesión de trabajo-taller, para luego calcular el valor promedio de la afectación.

De este modo, la valoración de la afectación de la zona de estudio, estaría dada por:

$$NA_j = \frac{\sum_{k=1}^n v_{kj}}{n}$$

Figura 43: Fórmula de la valoración promedio del índice de afectación para el indicador j.

Fuente: Barrantes, 2011.

j = 1, 2...m indicadores.

$$0 \leq v \leq 10$$

Donde:

v = Valoración del experto i para el elemento j afectado.

NA = Valoración promedio para el indicador j.

Asignando una ponderación α_j al indicador j, la evaluación del daño ocasionado al recurso afectado sería:

$$AR_r = \sum_{j=1}^m \alpha_j NA_j$$

Figura 44: Fórmula de la evaluación del nivel de afectación del recurso natural r.

Fuente: Barrantes, 2011.

$$0 \leq NA_j \leq 10$$

Donde:

α_j = Ponderación asignada al indicador j

AR_r = Evaluación del nivel o índice de afectación del recurso natural r

La evaluación del índice de afectación tomó como base los criterios ambientales usados en la evaluación del estado de conservación. A cada criterio se le asignó una escala de

1 a 10, indicando que 10 es la máxima afectación ocasionada al servicio ambiental, debido a la intervención en el ecosistema. Se obtiene un índice de afectación al ecosistema con un valor de 5,52 (figura 46).

FORMULARIO 4: Valoración del Índice de Afectación del sitio en estudio											
(Valoración de 0 a 10; 0 indica sin afectación y 10 indica la máxima afectación al indicador)											
Experto	Indicadores										
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
Julio Díaz Orías	2	4	5	3	2	3	2	2	2	6	2
Didí Guadamuz	6	5	6	5	4	4	6	6	7	5	5
Sergio Cascante	5	6	7	6	5	5	3	5	6	6	5
Augusto Otárra Guerrero	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5
Luis Carlos Hernández	7	6	8	6	6	7	7	6	7	7	6
David Reyes Cordero	6	9	7	7	5	8	5	4	5	5	5
Francisco Ramírez Noguera	5	8	8	10	6	8	8	6	8	5	8
Marco Bustos Salazar	4	4	3	3	3	4	4	3	5	5	4
María Marta Chvarría	8	8	8	10	9	9	9	8	7	6	6
Raúl Acevedo Peralta	9	9	9	8	7	9	7	6	8	7	9
Máximo Brenes Pineda	3	5	6	5	5	3	6	4	3	5	3
William Ramírez Durán	3	4	6	4	3	4	3	3	3	5	4
PROMEDIO	5.7	6.5	6.9	6.4	5.4	6.2	5.8	5.3	5.9	6.0	5.2

Figura 45: Valoración del índice de afectación del ecosistema bosque seco del PNG.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Valoración promedio por indicador	Valoración ponderada
Protección del recurso hídrico	5.7	0.57
Fijación de carbono	6.5	0.61
Biodiversidad	6.9	0.74
Belleza escénica	6.4	0.54
Material genético	5.4	0.42
Conservación del suelo	6.2	0.59
Regulación del clima	5.8	0.52
Investigación	5.3	0.49
Heterogeneidad del hábitat	5.9	0.55
Control biológico	6.0	0.49
Volumen de Biomasa	5.2	0.43
ÍNDICE DE AFECTACIÓN:		5.52

Figura 46: Resultados de la evaluación del índice de afectación al ecosistema bosque seco del PNG.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

5.1.1.5. Evaluación y análisis del nivel del daño ocasionado, visto como la diferencia entre los estados de conservación inicial y final

El estado de conservación después del daño ambiental ocasionado, estaría dado por la diferencia entre los estados de conservación inicial y final del recurso, calculado con base en la condición inicial ($AR_r * EC_r^i$). Por tanto, la estimación del estado de conservación final para el recurso r está determinado por:

$$EC_r^f = EC_r^i - AR_r * EC_r^i = EC_r^i (1 - AR_r)$$

Figura 47: Fórmula del estado de conservación final del recurso natural.

Fuente: Barrantes, 2011.

Donde:

EC_r^f = Estado de conservación final del recurso natural r

$EC_r^f = 3.26$

FORMULARIO 5				
Indicadores	Estado de conservación		Afectación	
	Inicial	Final	Nominal	Real
Protección del recurso hídrico	7.3	3.18	5.7	4.2
Fijación de carbono	7.9	2.77	6.5	5.1
Biodiversidad	8.0	2.47	6.9	5.5
Belleza escénica	7.5	2.69	6.4	4.8
Material genético	7.0	3.21	5.4	3.8
Conservación del suelo	7.4	2.84	6.2	4.6
Regulación del clima	6.8	2.85	5.8	4.0
Investigación	6.8	3.21	5.3	3.5
Heterogeneidad del hábitat	7.4	3.03	5.9	4.4
Control biológico	6.8	2.73	6.0	4.1
Volumen de Biomasa	6.8	3.26	5.2	3.5
Promedios	7.27	3.26	5.52	4.02

Figura 48: Resultados del estado de conservación inicial, final e índice de afectación.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

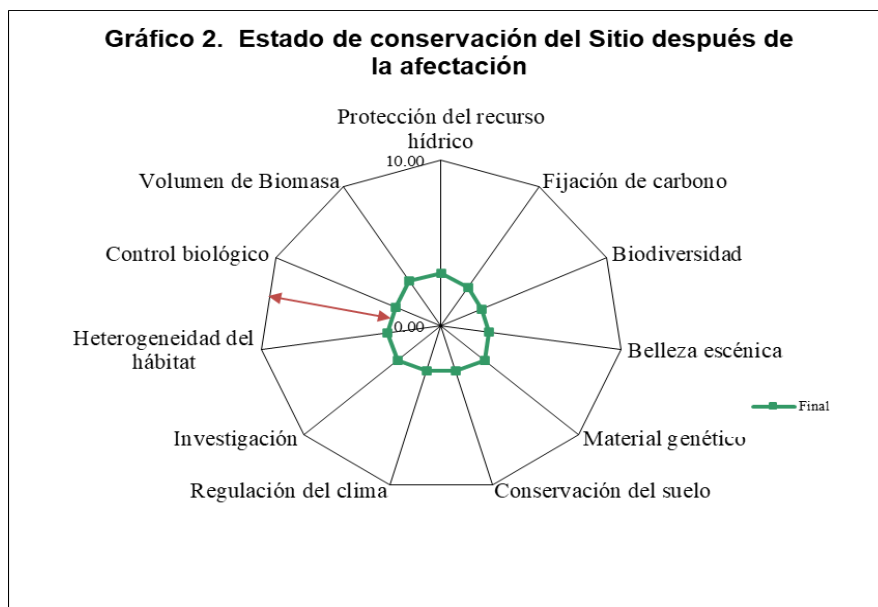


Figura 49: Gráfico del estado de conservación final del sitio afectado.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Debido a que la condición inicial del estado de conservación no era la óptima, el nivel de afectación real debe estimarse con base en el estado de conservación antes de la afectación de 7.27 (figura 41).

La magnitud dada entre los estados inicial y final del recurso evaluado (figura 51), indica que la restauración requerida, deberá llevar el estado de conservación final lo más cerca posible al estado en que se encontraba antes del incendio (contorno azul en figura 51). Cita Barrantes en su documento que “Desde el punto de vista técnico, lo que se evaluará es cuanto se alejó la condición del recurso, de los procesos que venían ocurriendo antes de la acción, de manera que este cambio sea asociado a la acción que se evalúa” (Barrantes, 2011, p. 22).

La magnitud del daño ambiental ocasionado el ecosistema bosque seco, se encuentra representado por el cambio o diferencia entre el estado de conservación inicial y el estado de conservación final (figura 50).

$$DE = EC_e^i - EC_e^f$$

Figura 50: Fórmula del daño ambiental ocasionado.

Fuente: Barrantes, 2011.

Donde:

DE = Daño ambiental ocasionado

Sustituyendo valores

DE = 7.27 – 3.26

DE = 4.01

En la Figura 51, se ilustra la situación del estado de conservación antes y después del incendio ocurrido en marzo del 2021, el Sector de Pocosol del PNG. Se observa que la afectación total del ecosistema en el área de estudio está dada por los daños ocasionados, tanto de las intervenciones previas, como del incendio ocurrido en marzo 2021, que es el evento de interés en el análisis.

De acuerdo con el gráfico, los causantes del deterioro final deben compensar el daño ocasionado equivalente a la diferencia entre la situación inicial (contorno verde) y final del estado de conservación (contorno azul). Su costo está determinado por el costo de recuperación de los ecosistemas alterados hasta el nivel de conservación que se encontraba antes de la última intervención, más el costo social por la afectación de los beneficios que, de manera directa o indirecta, son aprovechados por la sociedad.

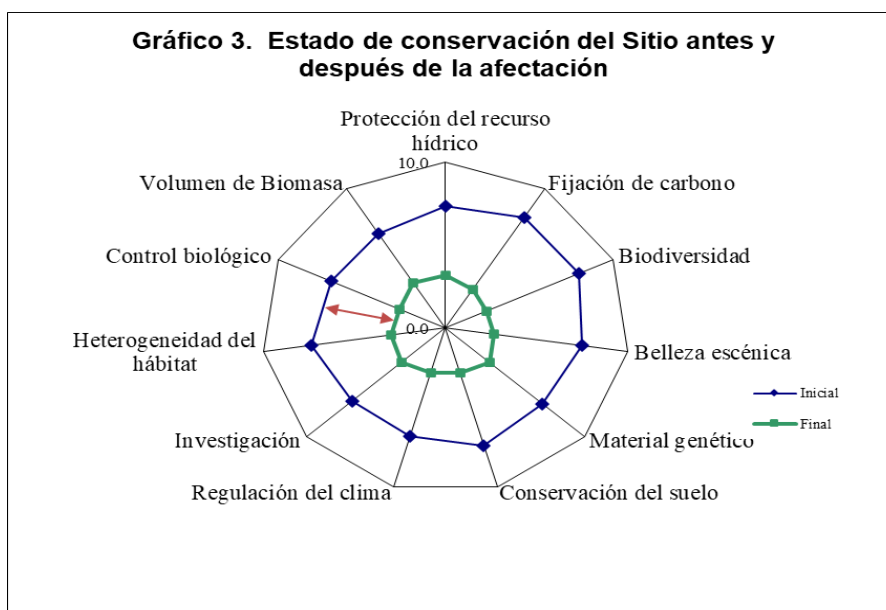


Figura 51: Gráfico de la evaluación del estado de conservación del ecosistema bosque seco del PNG, antes, y después del incendio.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

5.1.2. Cantidad de tiempo estimado para la restauración

Una vez conocida la magnitud del daño ocasionado, como dato resultante de la sesión de trabajo con los expertos; se procede a estimar el período que tardará el ambiente dañado en restaurarse, hasta alcanzar su estado de conservación, previo a la alteración. La recuperación del ecosistema, hasta los niveles aceptables (momento antes de ocurrido el incendio), se discute y analiza en la sesión de trabajo, tomando en cuenta la magnitud del daño ocasionado, las características del ecosistema bosque seco y los diferentes recursos afectados (Figura 52).

El tiempo estimado para la restauración de los recursos afectados, es variable, según el tipo de recurso afectado (Figura 53). Sin embargo, se espera que dentro del tiempo de recuperación máximo de 11,5 años, estimado para el servicio ecosistémico de “biodiversidad”, se recupere los otros flujos de servicios recursos, tales como: protección del recurso hídrico, fijación de carbono, material genético, belleza escénica, conservación del suelo, regulación del clima, investigación, heterogeneidad del hábitat, control biológico y volumen de biomasa.

FORMULARIO 6: Tiempo de Restauración de los indicadores afectados											
(Unidad utilizada : años)											
Experto	Indicadores										
	Protección del recurso hídrico	Fijación de carbono	Biodiversidad	Belleza escénica	Material genético	Conservación del suelo	Regulación del clima	Investigación	Heterogeneidad del hábitat	Control biológico	Volumen de Biomasa
<i>Julio Díaz Orias</i>	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	2
<i>Didi Guadamuz</i>	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<i>Sergio Cascante</i>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>Augusto Otárra Guerrero</i>	20	20	50	20	50	20	20	50	50	20	20
<i>Luis Carlos Hernández</i>	15	10	10	20	8	10	10	15	15	10	10
<i>David Reyes Cordero</i>	10	5	10	15	5	10	10	4	6	6	5
<i>Francisco Ramírez Noguera</i>	3	8	4	8	8	4	8	1	5	5	5
<i>Marco Bustos Salazar</i>	5	10	8	10	10	5	10	1	5	5	5
<i>María Marta Chvarría</i>	15	9	15	10	12	15	15	5	10	8	9
<i>Raúl Acevedo Peralla</i>	10	15	10	10	5	10	10	5	5	5	15
<i>Mainor Brenes Pineda</i>	2	2	2	1	2	1	6	3	4	2	1
<i>William Ramírez Durán</i>	2	2	2	1	10	1	1	1	2	3	2
PROMEDIO	9.0	9.0	11.5	10.1	11.3	8.5	9.7	9.3	10.8	7.7	8.3

Figura 52: Formulario del tiempo de restauración de los indicadores.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Tiempo promedio de restauración por indicador
Protección del recurso hídrico	9.0
Fijación de carbono	9.0
Biodiversidad	11.5
Belleza escénica	10.1
Material genético	11.3
Conservación del suelo	8.5
Regulación del clima	9.7
Investigación	9.3
Heterogeneidad del hábitat	10.8
Control biológico	7.7
Volumen de Biomasa	8.3

Figura 53: Tiempos estimados de restauración.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

5.1.3. Acciones necesarias para la restauración

La restauración del recurso hasta su estado inicial, implica la ejecución de una serie de actividades que van a representar costos. La identificación de estas actividades por realizar para la recuperación del ecosistema hasta los niveles aceptables (momento antes de ocurrido el incendio), se discute y analiza con los diferentes expertos en la sesión de trabajo.

Para esta identificación, se debe tomar en cuenta la magnitud del daño ocasionado, las características de los diferentes recursos afectados, el tiempo de recuperación, el área afectada, así como del nivel de restauración que se debe alcanzar; determinado por el estado de conservación en que se encontraba el recurso en el momento de la afectación.

En entrevista con los expertos consultados, se aprovecha su experiencia y conocimiento sobre los procesos, para así identificar las actividades de restauración por implementar, los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para su ejecución y sobre las fechas y tiempos en que se deben llevar a cabo.

Cuadro 18: *Acciones necesarias para la restauración*

Acciones necesarias para la restauración			
Acción	Detalle	Insumos requeridos	Tiempos
Mantenimiento de rondas corta fuego (caminos)	Consiste en la utilización de tractor de oruga, para lograr suelo mineral expuesto en la red de líneas de control de incendios forestales existentes, las cuales garanticen el ingreso expedito con vehículos de doble tracción y maquinaria especializada a sitios vulnerables a los incendios forestales de forma que cumplan la función de barreras cortafuegos y anclajes desde donde eventualmente se puede iniciar y finalizar una ronda manual o mecánica de defensa de incendios o la técnica contra fuego.	Contratación de maquinaria (tractor de oruga).	Noviembre a enero (Todos los años).
Mantenimiento de rondas de cerca en linderos.	Consiste en la corta y eliminación de vegetación en colindancia de las ASP, a dos metros de ancho, para evitar deterioro de los cercos o eventualmente su afectación por el fuego. Esta acción es una chapia manual (machete, chapeadoras, motosierras) que permite el acceso del personal a sitios vulnerables a los incendios forestales, acceso a los senderos y además las rondas resultantes contribuyen como barreras corta fuego o líneas de control durante la temporada de incendios forestales.	Contratación de cuadrilla externa.	Noviembre a enero (Todos los años).
Reparación y mantenimiento de vehículos y equipo.	Contratación para labores de reparación y mantenimiento preventivo de vehículos y equipo.	Presupuesto institucional.	Anual
Prevención, control y manejo del fuego.	El ACG, cuenta con el Programa de Manejo del Fuego, con un personal de planta compuesto por cinco funcionarios (01 Jefatura, 01 Asistente Técnico, 03 Asistentes). El programa se encarga del monitoreo y vigilancia continua, patrullajes diurnos y nocturnos, vigilancia permanente en Torre de Mirador La Palma (8 horas diarias en	Personal del PMF-ACG.	Anual

	temporada de incendios), descuaje durante el mantenimiento de rondas, verificación de combustibles y sitios de abastecimiento de agua durante las atenciones, labores operativas en el proceso de fortalecimiento de las brigadas de voluntarios, labores de sensibilización y capacitación, mantenimiento y entrenamiento continuo del personal.		
Contratación temporal de personal de apoyo durante la temporada de incendios.	Contratación de personal temporal para apoyar durante la temporada de incendios, en las labores de prevención, control y manejo del fuego. El personal temporal se compone de ocho bomberos forestales y un Líder de Brigada.	Personal bomberos forestales de refuerzo para la temporada de incendios.	Tres meses (marzo, abril y mayo / todos los años).
Combustible para vehículos.	Combustibles para la operación de los vehículos necesarios en las labores prevención, control y manejo del fuego.	Presupuesto institucional.	Anual
Fortalecimiento de brigadas comunales (voluntarios).	Brigadas de bomberos voluntarios. El PMF-ACG, se encarga de los procesos de capacitación, pólizas de cobertura y equipamiento.	Presupuesto institucional	Anual

Fuente: Elaboración propia, resultado de la sesión de trabajo con los expertos.

5.1.4. Evaluación económica del daño ambiental

Segunda fase de la metodología seleccionada, se estima el Costo Total (CT) del daño ambiental, que es el resultado de sumar el costo biofísico dado por el Costo de Restauración (CR), el aspecto social representado con el Costo Social (CS) y Otros Costos (OC) asociados con los gastos de atención del incendio (Barrantes, 2011):

$$CT = CR + CS + OC$$

Fórmula del Costo Total.

Fuente: Barrantes, 2011.

5.1.4.1. Evaluación económica del daño ambiental - aspectos biofísicos

Habiéndose identificado el daño biofísico, se realiza la cuantificación económica, asociada con la restauración del recurso hasta un nivel aceptable (momento antes de ocurrido el incendio).

Para todos los cálculos de la evaluación económica, se toma como referencia el tipo de cambio para la venta del dólar de Estados Unidos de América; tomado de la página web del Banco Central de Costa Rica, para el día 17 de noviembre del 2021 (¢640,51).

5.1.4.1.1. Estimación del costo de restauración del ambiente afectado

Se emplea como insumo para la estimación del costo de restauración; la información generada en la Fase 1, donde se identifica los niveles presentes del recurso antes del incendio, con el fin de estimar la recuperación del recurso hasta el nivel inicial.

En las sesiones de trabajo con los expertos, se identificó las actividades de restauración (Cuadro 18) y los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para llevarlas a cabo, así como los tiempos de ejecución para cada actividad. Posteriormente, se procedió a la investigación de los precios de mercado para estos recursos, y se determinó los costos de todas las actividades a valor presente, aplicando la técnica financiera del VAN. (Figura 31)

Los costos de restauración estimados, se fundamenta en el establecido que lo óptimo para recuperar el ecosistema dañado, es evitar que sea quemado nuevamente; por lo se valora el costo de las acciones de vigilancia, prevención y protección de las áreas afectadas, acorde con las dimensiones de estas, con el fin de no imputar al responsable del daño más costos de los provocados por el evento específico.

Los costos de restauración, refieren principalmente a las 679,80 ha dañadas por el incendio, pero no se puede ver el sector quemado del PNG aisladamente, pretendiendo que las labores de vigilancia y protección se resuman a estas hectáreas quemadas, sin tomar en cuenta que estas tienen un área de influencia mayor, en áreas donde un fuego representaría un peligro para la zona afectada por el incendio ocurrido en marzo del 2021; de igual forma, tampoco se puede trabajar estos costos, asociados con la protección de las 163 000,00 ha que comprende la totalidad del ACG.

Por lo citado, se procede a la identificación y selección de las áreas de influencia (dentro del ACG), donde la vigilancia y protección inciden directamente en el control de los fuegos del Sector Pocosol, PNG (figura 54). Una vez seleccionada el área efectiva, se calcula su proporción respecto al área total del ACG, y este será el factor de

proporcionalidad por aplicar para la estimación de los costos de restauración, acorde con la magnitud del área afectada y su área de influencia.

Para este trabajo de selección, se utilizó herramientas de Sistemas de Información Geográfica y se empleó las capas o archivos compatibles, suministrados por el PMF-ACG. También, se recurrió al uso de un Programa de Diseño Asistido por Computadora, en las labores de selección del área efectiva.

Criterios de selección de las áreas (cumplen todos los criterios):

- ✓ Área ubicada en alguna categoría de protección del SINAC y formar parte del ACG.
- ✓ Área ubicada dentro de alguna de las siguientes zonas de vida de Holdridge, 2008: bosque seco tropical bs-T, bosque húmedo premontano transición a basal bh-P6. Criterio relacionado con la mayor incidencia y recurrencia de incendios forestales, en las áreas del ACG con presencia de bosque seco.
- ✓ Área ubicada en territorio continental, con conexión terrestre directa al PNG.
- ✓ Área ubicada a una distancia máxima de 10 km; medidos en un radio, a partir del centro del polígono que describe el área afectada por el incendio. El criterio de los 10 km, corresponde a una medida de dos veces la distancia máxima que cubrió el fuego, en el incendio de marzo 2021.

Cuadro 19: *Áreas efectivas, donde las labores de vigilancia y protección influyen directamente en el control del fuego del Sector Pocosol, PNG.*

Área Protegida	Área efectiva por utilizar (ha)
Parque Nacional Guanacaste	14 527,24 ha
Parque Nacional Santa Rosa	2 531.68 ha
SUMATORIA	17 058,92 ha
Proporcionalmente, el área seleccionada corresponde a un 10,47 % de las 163 000,00 ha que componen el ACG.	

Fuente: Elaboración propia, utilizando herramientas de SIG y el programa de diseño asistido por computadora. Se utilizó los archivos “shp” aportados por el PMF-ACG (2021) y las capas “shp” públicas disponibles en el SNIT y SIRI.

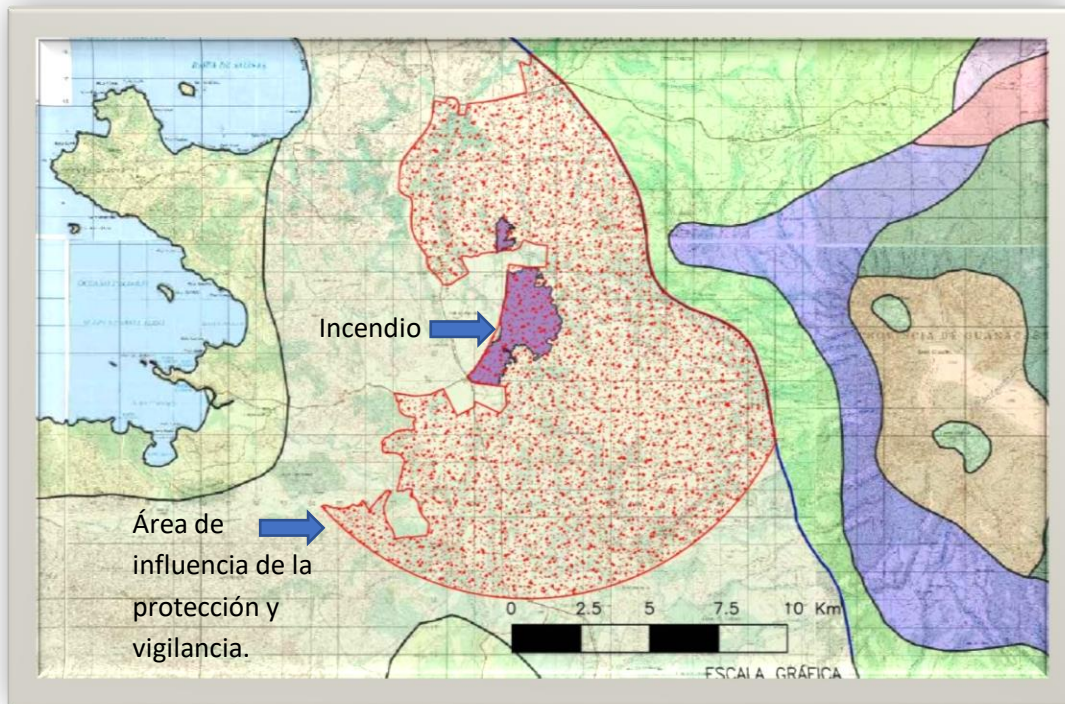


Figura 54: Área efectiva, donde las labores de vigilancia y protección, influyen en el control del fuego en Sector Pocosol, PNG.

Fuente: Elaboración propia.

Criterios utilizados en el estudio de los precios de mercado, para los recursos humanos y financieros, necesarios para llevar a cabo las acciones de restauración:

- a. Mantenimiento de rondas corta fuego (camino): Correspondiente al alquiler de maquinaria para ser utilizada, para el servicio de mantenimiento de caminos rurales en colindancia y dentro de las ASP, como medida de mitigación ante la ocurrencia de incendios forestales. El monto anual utilizado, corresponde a un contrato vigente por un período de cuatro años (Subpartida E-10802); tomado del presupuesto del SINAC, para el año 2021, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).
- b. Mantenimiento de rondas corta fuego (chapia): Correspondiente al servicio contratado, de chapia mecanizada de rondas en linderos e internas en el ACG, como medida de mitigación ante la ocurrencia de incendios forestales. El monto anual utilizado, corresponde a dos contratos vigentes por un período de cuatro años cada

uno (Subpartida E-10406); tomado del presupuesto del SINAC, para el año 2021, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).

- c. Mantenimiento y reparación de equipo de transporte: Correspondiente al servicio presupuestado, para el pago de mantenimiento preventivo y correctivo de la flotilla del PMF-ACG, necesarios para la prevención y control de incendios. Incluye: 1) Mantenimiento preventivo y correctivo del Camión Extintor IVECO, 1) Mantenimiento preventivo y correctivo de Sistema de Bombeo del Camión Extintor, 3) Mantenimiento preventivo y correctivo de dos vehículos tipo “pick up” adaptados (Vehículos de respuesta rápida) y un vehículo todo terreno. Los montos anuales utilizados, corresponden a partida presupuestaria anual (Subpartida E-10805); tomado del presupuesto del SINAC, para el año 2021, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).

- d. Acciones permanentes de prevención, control y manejo del fuego: Corresponde a las funciones normales del PMF-ACG, e incluye, entre otras: Monitoreo y vigilancia continua (patrullajes diurnos y nocturnos, monitoreo diario de ocho horas en torre de vigilancia durante la temporada del incendios), “descuaje” en mantenimiento de rondas, verificación de combustibles y sitios de abasto de agua, limpieza y mantenimiento de equipos, labores de capacitación y divulgación, gestión y organización del Programa de Bomberos Voluntarios. Los montos anuales utilizados, corresponden a los datos suministrados por el Departamento de Recursos Humanos de ACG, sobre el salario bruto anual de los cinco funcionarios que componen el PMF-ACG, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).

- e. Personal de apoyo durante la temporada de incendios: Refiere a la contratación de servicios de atención temprana de incendio denominado “Servicio de Brigadas para la Prevención y Extinción de Incendios Forestales” para el PMF-ACG; correspondiente a ocho bomberos forestales y un líder de brigada. Los montos anuales utilizados, corresponden a lo datos suministrados por el Coordinador del PMF-ACG, sobre el salario bruto anual de los nueve bomberos que componen la

“Brigada de Refuerzo”, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).

- f. Combustibles para vehículos: Corresponde a la partida presupuestaria del SINAC por concepto de combustibles (Subpartida E-20101), donde se le aplica un porcentaje proporcional para la flotilla vehicular del PMF-ACG (cinco vehículos) respecto a la flotilla completa del ACG (27 vehículos), y se ajustó con datos suministrados por el Coordinador del PMF-ACG; finalmente, se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).
- g. Fortalecimiento de las Brigadas Comunes de Voluntarios: Correspondiente a los rubros por concepto de capacitación, pólizas de riesgo y equipamiento. Los montos anuales utilizados, corresponden a los datos suministrados por el Coordinador del PMF-ACG, y se le aplicó el porcentaje de proporcionalidad del área efectiva que le corresponde al evento en estudio (cuadro 19).
- h. Finalmente, utilizando una tabla de cálculo que incluyó: las actividades de restauración y los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para llevarlas a cabo, las cantidades requeridas por año, los tiempos de ejecución y los precios de mercado para estos recursos; determinamos los costos de todas las actividades a valor presente, aplicando la técnica financiera del VAN (figura 11), con una tasa de descuento adecuada (k); se obtiene el costo total para la restauración del ecosistema bosque seco del PNG, que resultó afectado por el incendio ocurrido en marzo, 2021, en el Sector Pocosol (figura 55).

Para el cálculo de la tasa de descuento (k), se utiliza la fórmula seleccionada (Figura 12):

$$k = Tlr + Rp$$

Sustituyendo con datos tomados al 19 de noviembre del 2021,

$$Tlr = 1,22$$

$$Rp = 4,96$$

Sustituyendo en la fórmula;

$$k = 1,22 + 4,96$$

Por tanto:

$k = \textit{tasa de descuento}$

$k = 6.18\%$ Redondeado:

$k = 6.00\%$

5.1.4.2. Evaluación económica del daño ambiental – aspecto social

El incendio ocurrido en el Sector Pocosol del PNG, no solo afectó los aspectos biofísicos, sino también el medio social. Este daño en el aspecto social se manifiesta en la pérdida o disminución de beneficios, relacionados con los flujos de servicios ecosistémicos que provee el capital natural y que son aprovechados por la sociedad para el mejoramiento de su bienestar. Lo anterior lleva al concepto de la necesidad de una compensación a la sociedad, equivalente a la pérdida o disminución de beneficios ocasionados con la afectación resultado del incendio forestal, hasta alcanzar un nivel de bienestar comparable al que disfrutaba antes de la alteración del recurso natural.

El capital natural ofrece una serie de valores a la sociedad, que pueden ser de uso actual (directo o indirecto) o de uso potencial (de opción o de existencia), siendo entonces que el valor del capital natural es la suma de los valores de uso actual y potencial; situación que dificulta la valoración económica de un recurso en particular, dado que muchos de los valores de uso potencial no se conocen y muchos valores de uso actual carecen de precio en el mercado. Ante esta situación, que imposibilita el aplicar una suma de todos los valores de uso de un recurso, se acude a estimaciones indirectas del valor de él, utilizando criterios razonables que permitan estimarlo.

5.1.4.2.1. Estimación del costo social

En el ecosistema bosque seco del PNG, por sus características propias, al tratarse de un área protegida, los beneficios ofrecidos por el capital natural carecen de precios en el mercado, lo que provoca complejidad en la estimación del valor del recurso natural, por lo que se recurre a estimaciones indirectas del valor.

Para la aproximación del costo social por el daño ambiental ocasionado, cuando no es factible la cuantificación de la información sobre el flujo de beneficios afectados; el método propone la utilización de un método indirecto, que se basa en una relación entre los costos de restauración y el cambio en el estado de conservación de los recursos afectados:

$$CS = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{p_i * q_{tji} * (1+r)^{-t}}{1 - \alpha_{tj}}$$

Figura 56: Fórmula de la compensación social por el daño sufrido.

Fuente: Barrantes, 2011.

Donde:

CS Compensación social por el daño causado con la afectación del recurso.

El factor $\frac{1}{1-\alpha}$ explica que, si “ α ” se acerca a uno, el daño ocasionado a los flujos de servicios ambientales que benefician a la sociedad es casi total, por lo que el costo de compensación reflejará la pérdida casi total de bienestar. Por otro lado, si “ α ” se acerca a 0, indica que a afectación y disminución de los flujos es mínima, por lo que la compensación social asociada tenderá a ser cero, dado que los costos de restauración son mínimos.

Sin embargo, en la práctica y desarrollo del presente trabajo, se identifica algunos inconvenientes en la aplicación del método propuesto, como el hecho que los “valores de disminución del grado de afectación en el tiempo” (α), no se logró determinar respaldados técnicamente, por lo que su selección llevaría un alto grado de subjetividad; adicionalmente, haciendo simulaciones de cálculo con unos “ α ”, con una disminución lineal del grado de afectación durante el tiempo de restauración, los costos sociales resultarían en valores que, a criterio técnico del investigador y contrastados con los resultados de otras investigaciones comparables, no se ajustan.

Por lo descrito, en el presente trabajo, no resultó práctica la aplicación del método propuesto, para la estimación de la compensación social por el daño causado al recurso.

No obstante, la Metodología de Costos Biofísicos y Sociales, no es excluyente en la aplicación de otras metodologías, por lo que se emplea la técnica denominada “Transferencia de valor”, a efectos de estimar el monto de compensación por los servicios ecosistémicos, provistos por el ecosistema de bosque seco a la sociedad, y que se vieron perdidos o disminuidos por el incendio forestal.

Se aplica la “Transferencia de valor unitario”, bajo el enfoque que consiste en la toma de un solo estudio de la literatura recolectada (Valoración de los servicios ambientales de

los bosques de Costa Rica, Carranza C.F, Aylaward B, Echeverría J, Tosi J, y Mejías R, CCT, 1996), que es similar al sitio de política y transferir un único punto de estimación (valores de los servicios ambientales de bosque seco y otras coberturas en Costa Rica), ajustado por el índice de precios al consumidor (IPC).

Dada la diferencia de tiempo entre el estudio original seleccionado y el estudio de política, se debe ajustar los valores, trayéndolos a valor presente, con la aplicación de una técnica de descuento apropiada; eliminando así, el inconveniente de trabajar con valores estimados en periodos distintos.

Adicionalmente, dado que los valores en el estudio original están dados en dólares norteamericanos y el índice inflacionario por aplicar (IPC) mide la inflación en colones; se procederá a convertir los valores del estudio original, al tipo de cambio del dólar vigente a la fecha, para así aplicar la inflación en colones, mediante el IPC y, posteriormente, se convierten estos valores al tipo de cambio vigente a la fecha de la presente investigación.

El estudio original seleccionado es de finales del año 1996, por lo que a efectos del presente trabajo; se asume que sus valores se aplica para inicios de 1997, por lo que se procede a calcular la tasa de inflación desde 1997 hasta el año 2021.

A continuación, se procede a describir, paso a paso, el proceso metodológico llevado a cabo, para la estimación del costo social, por el daño a los flujos de servicios ambientales que el ecosistema bosque seco del PNG provee a la sociedad.

1. Identificación los servicios ambientales provistos por el Ecosistema Bosque Seco del PNG. Tomado de la información generada en el presente trabajo (cuadro 12):

- ✓ Protección del recurso hídrico
- ✓ Fijación de carbono
- ✓ Biomasa
- ✓ Investigación
- ✓ Material genético
- ✓ Protección de ecosistemas
- ✓ Protección de la biodiversidad
- ✓ Protección del recurso hídrico
- ✓ Belleza del paisaje

- ✓ Conservación del suelo
- ✓ Regulación natural de poblaciones
- ✓ Regulación del clima

2. Selección del estudio de valoración original apropiado, que cumpla con los requerimientos de calidad para una transferencia de valor.

El estudio original seleccionado, corresponde al de “Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica” (Carranza C.F, Aylaward B, Echeverría J, Tosi J., y Mejías R, CCT, 1996).

A efectos de verificar el cumplimiento del estudio seleccionado, con los requerimientos de calidad para aplicar la transferencia de valor, se aplica los cinco criterios propuestos por diferentes autores para su verificación, a saber:

A. El estudio de valoración original, debe estar basado en información adecuada, un método económico robusto y una correcta técnica empírica.

El estudio seleccionado, se realizó a solicitud del SINAC, dependencia del MINAE, dirigido a operar la Ley Forestal N° 7575, del 5 de febrero de 1996, en los artículos 3 inciso k, artículo 19, artículo 20, artículo 22, artículo 24 y el artículo 69; con el objetivo de servir de insumo a la administración, tanto de la redacción del reglamento a la ley, como en la estimación de los costos del programa de pagos, del Certificado de Conservación de Bosque, creado en la citada ley.

A efectos de demostrar sobre el respaldo y robustez del estudio original seleccionado, se refiere sobre su incidencia, siendo que el primer monto pagado por PSA en Costa Rica en 1997, se basó en este estudio, y para los años siguientes, este ha sido uno de los estudios utilizados para ajustar el reconocimiento de los PSA, indexándolo, mediante el IPC. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta que los montos correspondientes a PSA en Costa Rica, se han utilizado como referente en la región.

Por lo descrito, se concluye que el estudio original seleccionado, cumple con el requerimiento o criterio de calidad para una transferencia de valor.

B. La población en ambos sitios debe ser similar.

El estudio original, refiere y estima valores de los servicios ambientales de bosques y otras coberturas en Costa Rica, incluido el bosque seco, por tanto, con una población similar al sitio de política (bosque seco, PNG).

Por lo descrito, se concluye que el estudio original seleccionado, cumple con el requerimiento o criterio de calidad para una transferencia de valor.

C. Los servicios ecosistémicos y el cambio en la provisión de niveles deben ser similar en los diferentes sitios.

La Ley Forestal N°7575, define como los servicios ambientales que brindan los bosques y plantaciones forestales, y que fueron objeto de la valoración económica en el estudio original:

1. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.
2. Protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico.
3. Protección de la biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético.
4. Protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

Los cuatro servicios ambientales evaluados en el estudio original, se encuentra incluidos y concordantes con los servicios ecosistémicos provistos por el Ecosistema Bosque Seco del PNG, e identificados en el estudio política (ver paso 1); lo que resulta en una similitud entre los servicios ecosistémicos analizados en ambos sitios.

Sin embargo, se aclara que varios de los servicios ambientales que provee el bosque seco del PNG, no son tomados en cuenta en el estudio original, por lo que el estudio "Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica" (1996), podría estar subestimando el valor total, de todos los servicios ambientales provistos por el Ecosistema Bosque Seco del PNG, que se perdieron o vieron disminuidos con el incendio de marzo del 2021, especialmente en las coberturas de pastos y pastos arbolados.

Se concluye que el estudio original seleccionado, cumple con el requerimiento o criterio de calidad para una transferencia de valor.

D. Los sitios en los que los servicios ecosistémicos son provistos deben ser lo más similares posible.

El estudio original, refiere y estima valores de los servicios ambientales de bosques y otras coberturas en Costa Rica, incluido el bosque seco, por tanto, similar y comparable al sitio de política (bosque seco, PNG).

Por lo anterior, se concluye que el estudio original seleccionado, cumple con el requerimiento o criterio de calidad para una transferencia de valor.

E. Los mercados construidos deben ser los mismos en cada sitio.

Para el estudio del sitio de política, no se aplicó la técnica de mercados construidos; por lo que no aplica el criterio. El estudio original seleccionado, no cumple con el requerimiento o criterio de calidad para una transferencia de valor. Analizados los criterios, a efectos de verificar los requerimientos de calidad para aplicar la técnica de transferencia de valor, se concluye que cumple, en su mayoría (4 de 5 criterios), por lo que, a criterio técnico, procede el empleo del método.

3. Determinar el tipo de ajustes que puedan ser necesarios para transferir las estimaciones de valores del sitio de estudio seleccionado a nuestro sitio de política (Bosque seco del Parque Nacional Guanacaste).

El tipo de transferencia por aplicar, corresponde a una de tipo “temporal”; donde el sitio de estudio y el sitio de política están en diferentes momentos en el tiempo. Para este tipo de “transferencia temporal”, los valores de los servicios ecosistémicos del sitio de estudio, requieren de ajuste, y para estos fines se selecciona “técnica de valor presente ajustado por el IPC” (figura 57). Dada la diferencia de tiempo entre el estudio original seleccionado y el estudio de política, se debe ajustar los valores, trayéndolos a valor presente, con la aplicación de una técnica de descuento.

Adicionalmente, dado que los valores en el estudio original están dados en dólares norteamericanos y el índice inflacionario por aplicar (IPC) mide la inflación en colones; se deberá convertir los valores del estudio original, al tipo de cambio del dólar vigente a la fecha, para así aplicar la inflación en colones, mediante el IPC y, posteriormente, se convierten estos valores al tipo de cambio vigente a la fecha de la presente investigación.

El estudio original seleccionado es de finales del año 1996, por lo que a efectos del presente trabajo; se asume que sus valores se aplica para inicios de 1997, por lo que se procede a calcular la tasa de inflación desde 1997 hasta el 2021.

4. Realizar la transferencia de valores de los servicios ecosistémicos prestados por bosques naturales y otras coberturas, por medio de la metodología del valor presente por IPC.

Tomando como referencia los factores cuantificados por los servicios ambientales que brindaría un bosque natural o cobertura vegetal, determinados por el Centro Científico Tropical, 1996; “Valoración de los Servicios Ambientales de los Bosques de Costa Rica”, en el que determinaron el valor para bosques primarios intervenidos o no intervenidos, bosques secundarios, pastizales y charrales, se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro 20: Valor estimado en el estudio original, para bosques primarios, bosque secundario y pastizales, al año de validación del estudio.

Cobertura Vegetal	Valor (US\$/ha)	Año	Ubicación Geográfica
Bosque primario intervenido o no intervenido.	US\$58,00	1996	Costa Rica
Bosque secundario	US\$41,76	1996	Costa Rica
Pastizales y charrales	US\$0,76	1996	Costa Rica

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de estudio original de Carranza, Aylward, Echeverría & Mejías, 1996.

Consideraciones en la toma de valores del estudio original, en relación con las diferentes coberturas afectadas:

- ✓ El documento “Valoración de los Servicios Ambientales de los Bosques de Costa Rica”, CCT, 1996; refiere sobre los charrales y tacotales, como terrenos deforestados con menos de dos años de abandono; de ahí que para efectos del presente trabajo, se toma las zonas de tacotal, que por las características propias del área protegida donde se ubica, presentan periodos de restauración muy superiores a los dos años y una fase sucesional más cercana a un bosque seco secundario temprano; por lo que se utiliza para los cálculos, el valor por hectárea de bosque seco (\$41,80 por ha/año).

- ✓ En el caso de las áreas de humedal palustre, que no se señalan específicamente en el estudio original; se toma en cuenta que la Ley Forestal N°7575, define sobre los servicios ambientales que brinda el bosque y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente, tales como: fijación de carbono, protección del agua, protección de la biodiversidad y protección de ecosistemas. Como ya se ha desarrollado en el presente trabajo, los humedales presentes en el PNG, brindan todos estos servicios ambientales a la sociedad; razón por la que se tomó la decisión de asignarle a estas áreas, igualmente, el valor por hectárea de bosque seco (\$41,80 por ha/año).
- ✓ El estudio original seleccionado en la aplicación de la técnica de transferencia del valor; en lo que refiere a las coberturas de charrales y pastizales, únicamente identifica el reconocimiento por el servicio ambiental de “fijación de carbono” para estas áreas, asignándole un factor del 2 % sobre la valoración de este mismo servicio en los bosques primarios (\$38 por ha/año), lo que resulta en un valor de \$0,76 por ha/año para charrales y tacotales.

Seguidamente, se aplica la metodología del valor presente por índice de precios:

Mediante fórmula matemática, se “trae” los montos estimados del estudio seleccionado, del año 1996, deflactando dichos valores por IPC.

$$\text{Valor presente} = \frac{P * IP^P}{IP^A}$$

Figura 57: Fórmula del Valor Presente.

Fuente: Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017.

Donde:

P = Valor pasado que se desea traer a precios actuales.

IP^P = Índice de precios presente (Para efectos del presente trabajo, se opta por el IPC), es decir, aquel al que se desea traer a valor del año de referencia (2021).

IP^A = Índice de precios anterior, es decir, aquel al año al que pertenece P (1997). Como se explicó, el estudio original seleccionado es de finales del año 1996, por lo que, a efectos del presente trabajo, se asume que sus valores se aplica para inicios de 1997.

Índices de Precios al Consumidor utilizados:

$$IP^P = 101,96$$

$$IP^A = 20,05$$

Nota: Los datos utilizados, se extrajeron de la base de datos del BCCR. Cifras recuperadas el 04 de noviembre del 2021 (Banco Central de Costa Rica, 2021).

Tomando en cuenta, la diferencia de tiempo entre el estudio original seleccionado y el estudio de política, se procede a ajustar los valores, trayéndolos al valor actual, aplicando la “fórmula del valor presente” (Figura 57).

Adicionalmente, dado que los valores en el estudio original están dados en dólares norteamericanos y el índice inflacionario por aplicar (IPC) mide la inflación en colones; se convierte los valores del estudio original a la moneda en colones, al tipo de cambio del dólar vigente a la fecha, para así aplicar la inflación en colones, mediante el IPC, posteriormente, se convierte estos valores a dólares norteamericanos, al tipo de cambio vigente a la fecha de la presente investigación.

Aplicando los ajustes arriba indicados, se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 21: *Valor por hectárea, deflactado al año base por IPC*

Cobertura Vegetal	Valor (US\$ por ha/año) para año Estudio	Año	Cambio del US\$ en enero 1997 (promedio)	Cambio del US\$ al 22 de noviembre 2021	Valor a precios del 2021 por IPC (US\$ por ha/año)
Bosque primario intervenido o no intervenido.	US\$58,00	1997	221,30¢/\$	640,51¢/\$	US\$101,91
Bosque secundario	US\$41,76	1997	221,30¢/\$	640,51¢/\$	US\$73,37
Pastizales y charrales	US\$0,76	1997	221,30¢/\$	640,51¢/\$	US\$1,34

Fuente: Elaboración propia.

La compensación social está determinada por la disminución de beneficios que resultaron por la afectación al ecosistema bosque seco. Ocurrido el incendio en el sector Pocosol en marzo 2021, el ecosistema bosque seco dejó de brindar la totalidad de los servicios ecosistémicos a la sociedad, pero a partir del segundo año de ocurrido el siniestro, el recurso ha comenzado su recuperación y, mientras se mantenga las medidas de restauración, consecuentemente, se irán restableciendo los flujos de beneficios perdidos.

A efectos de simbolizar esta recuperación que va teniendo el ecosistema afectado; se toma los valores obtenidos con la técnica de la transferencia de valor y los dividimos entre los años estimados para la recuperación del recurso (11,5) redondeado a 12 años; resultando este cálculo, en el monto que habría que restar cada año, que simboliza esta restauración paulatina y progresiva del recurso.

Cuadro 22: Monto por restar a los valores obtenidos, que simboliza la recuperación del recurso por año

Cobertura	Valor a precios del 2021 por IPC (US\$ por ha/año)	Años estimados para la recuperación total	Monto por restar por año, simbolizando la recuperación
Boque seco	73,07	12	6,09
Tacotal	73,07	12	6,09
Pasto arbolado	1,33	12	0,11
Pastos	1,33	12	0,11
Humedal	73,07	12	6,09

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, empleando una tabla de cálculo; se simula durante el tiempo de recuperación del recurso, en valor de los servicios ecosistémicos por año, para cada una de las coberturas afectadas por el incendio. En la figura 58, se puede apreciar como en el año 1, el recurso dejó de brindar la totalidad de los servicios ecosistémicos, pero al llegar al año 12, ya el recurso se encuentra totalmente recuperado y no hay más servicios ecosistémicos perdidos.

COBERTURA AFECTADA	HECTÁREAS	AÑO											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		DÓLARES POR HECTÁREA / AÑO											
Boque seco	145.31	73.37	67.28	61.19	55.10	49.01	42.92	36.84	30.75	24.66	18.57	12.48	6.39
Tacotal	22.00	73.37	67.28	61.19	55.10	49.01	42.92	36.84	30.75	24.66	18.57	12.48	6.39
Pasto arbolado	475.77	1.34	1.23	1.12	1.01	0.90	0.79	0.68	0.56	0.45	0.34	0.23	0.12
Pastos	22.59	1.34	1.23	1.12	1.01	0.90	0.79	0.68	0.56	0.45	0.34	0.23	0.12
Humedal	14.13	73.37	67.28	61.19	55.10	49.01	42.92	36.84	30.75	24.66	18.57	12.48	6.39

Figura 58: Valor de los servicios ecosistémicos por año para cada una de las coberturas.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se estima los costos sociales por año para cada una de las coberturas afectadas y se le aplica la técnica financiera del VAN (figura 11), con una tasa de descuento adecuada (figura 12), para así traer los costos a valor presente.

COBERTURA AFECTADA	HECTÁREAS	AÑO											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		COSTO SOCIAL EN DÓLARES POR AÑO PARA CADA UNA DE LAS COBERTURAS AFECTADAS											
Boque seco	145.31	10661.39	9776.58	8891.76	8006.94	7122.13	6237.31	5352.49	4467.68	3582.86	2698.04	1813.23	928.41
Tacotal	22.00	1614.14	1480.18	1346.22	1212.26	1078.29	944.33	810.37	676.41	542.45	408.49	274.52	140.56
Pasto arbolado	475.77	637.53	584.80	532.07	479.34	426.61	373.88	321.14	268.41	215.68	162.95	110.22	57.49
Pastos	22.59	30.27	27.77	25.26	22.76	20.26	17.75	15.25	12.74	10.24	7.74	5.23	2.73
Humedal	14.13	1036.72	950.68	864.64	778.60	692.56	606.52	520.48	434.44	348.40	262.36	176.32	90.28
Sumatoria		13980.06	12820.00	11659.95	10499.90	9339.84	8179.79	7019.74	5859.68	4699.63	3539.58	2379.52	1219.47
Valor presente Total	74,639												
Tasa de descuento	6.00%												

Figura 59: Costos sociales por año y valor presente total.

Fuente: Elaboración propia.

El costo social, asociado con el incendio forestal, ocurrido en el PNG, en marzo del 2021, por concepto de los servicios ambientales que se pierde temporalmente, mientras se restablece el recurso afectado; asciende a un total de US\$ 74 639,00

5.1.4.3. Evaluación económica del daño ambiental – otros costos (gastos de gestión del incendio)

En los casos de daños ambientales causados por incendios forestales, estos “Otros Costos”, refiere lo gastos de atención del incendio y que, en principio, son imputables al causante del siniestro. Estos costos incluyen todos los gastos en los que incurrió la sociedad para atender el evento, y que, de no haber ocurrido el hecho, no se habrían tenido que llevar a cabo las acciones.

Como se explicó, en las sesiones de trabajo con los expertos y testigos, se identificó estas acciones y los insumos que se requirieron para aplicarlas, así como la cantidad.

De esta investigación, resulta el siguiente cuadro:

Cuadro 23: *Acciones ejecutadas e insumos utilizados en la gestión del incendio*

Acciones ejecutadas e insumos utilizados durante la gestión del incendio			
Acción	Insumo	Unidad de medida	Cantidad
Combate al fuego	Bomberos Forestales PMF-ACG (5)	Horas	59hrs / persona
Combate al fuego	Bomberos forestales de refuerzo (25)	Horas	50hrs/persona
Combate al fuego y logística.	Funcionarios del SINAC (29)	Horas	59hrs/persona
Combate al fuego	Bomberos del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (3)	Horas	6hrs/persona
Bomberos voluntarios (8)	Transporte de bomberos voluntarios.	km	1,024.00
Alimentación del personal durante el combate al incendio	Alimentos para el personal de campo durante la gestión del incendio.	Unidad	263
Tractor de Oruga para labores de ataque y control del fuego (1)	Desgaste tractor de oruga (Apoyo de la Municipalidad de Liberia) para labores de ataque y control del fuego (1).	Horas	8
Tractor de llantas para labores de ataque y control del fuego (1)	Desgaste de Tractor de llantas para labores de ataque y control del fuego (1)	Horas	36

Vehículo extintor SINAC-MINAE (1) para labores de ataque y control del fuego.	Desgaste de Vehículo extintor SINAC-MINAE (1).	Horas	36
Vehículo extintor Cuerpo de Bomberos (1) para labores de ataque y control del fuego.	Desgaste de Vehículo extintor Cuerpo de Bomberos (1).	Horas	6
Vehículo Conjunto Pick Up adaptado para atención de incendios (2) para labores de ataque y control del fuego.	Desgaste de Vehículo Conjunto Pick Up adaptado para atención de incendios (2).	Horas	72

Fuente: Elaboración propia, a partir de sesiones de trabajo con los expertos e informe del Incendio. D. Guadamuz, PMF-ACG, 2021.

Seguidamente, se procede a estimar los costos unitarios para cada una de las acciones identificadas, con base en los siguientes criterios y procedimientos:

- ✓ En lo que refiere al precio por hora de los distintos funcionarios, se investigó sobre el monto por salario bruto mensual y se estimó el monto por hora laboral. **Fuentes:** Bomberos Forestales del PMF-ACG (RRHH ACG, Glen Rivera, octubre, 2021), Bomberos Forestales de las Brigadas de Refuerzo (PMF-ACG, Julio Díaz, octubre, 2021), funcionarios del ACG-SINAC (Área de Conservación Guanacaste, 2021), Bomberos del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (Bomberos Costa Rica, 2021).
- ✓ Para el caso de los Bomberos Voluntarios, el costo corresponde al gasto de transporte, por el desplazamiento de las brigadas de voluntarios desde los distintos puntos en Guanacaste hasta el sitio de incendio y viceversa. Los costos se calculó por kilómetro, utilizando para esto, la tabla de “Tarifas por Kilometraje”, de la Contraloría General de la República, en Resolución R-DC-68-2020 del 03 de setiembre de 2020, que ya considera las siguientes variables: combustible, coberturas de seguros A y C, rendimiento del dinero por kilómetro (costo de oportunidad), erogaciones por concepto de limpieza general, gastos por concepto de filtros y lubricantes. Monto se estima para vehículo rural, gasolina y con una antigüedad de seis años.

- ✓ La atención al incendio forestal requirió de una cantidad de personal en campo y al que se le suministró alimentos durante el tiempo de trabajo. Con las horas de trabajo por persona (variantes) se estimó la cantidad de comidas a las que accedió durante su gestión. En lo que refiere a los costos, se recurrió a las tarifas de viáticos de la Contraloría General de la República, sin embargo, como los alimentos se repararon en su totalidad en el ACG-SINAC, se le resta el 60 % del precio unitario, por concepto del porcentaje de ganancia normal en el sector de sodas y restaurantes.

- ✓ Para la estimación de los costos relacionados con el desgaste de vehículos y maquinaria utilizados durante la gestión del incendio; se recurrió al “Método de línea recta”, que da como resultado un cargo constante durante la vida útil del activo, considerando la depreciación, en función del tiempo y no del uso. Luego, basados en la directriz del Ministerio de Hacienda N° CN-001-2009, que detalla sobre los porcentajes anuales de depreciación y la vida útil de una serie de bienes en distintas actividades; investigamos sobre las características, valor actual y edad de los diferentes vehículos y maquinaria. Posteriormente, se aplicó la función del programa de cálculo matemático Excel, para estimar la depreciación por línea recta para cada uno de los vehículos; valor económico, que se utilizó como el estimado de desgaste durante la atención al incendio (figura 60).

Detalle	Modelo	Valor actual (\$)	Valor Residual	Vida útil (años)	Depreciación Anual (\$)	Depreciación (\$) / día	Depreciación (\$) / hora
Vehículo extintor ACG-SINAC	2004	106165.40	10616.54	5	19109.77	52.36	2.18
Vehículo extintor Bomberos	2013	155719.66	15571.97	5	28029.54	76.79	3.20
Conjunto Pick Up	2017	28086.99	2808.70	4	6319.57	17.31	0.72
Conjunto Pick Up	2017	28086.99	2808.70	4	6319.57	17.31	0.72
Tractor de Oruga	1999	47009.41	4700.94	3	14102.82	38.64	1.61
Tractor de Llantas	2011	11397.17	1139.72	3	3419.15	9.37	0.39

Notas: El “valor actual utilizado”, corresponde al valor asegurado o valor fiscal. Se utilizó un valor de rescate o residual equivalente al 10 % del valor actual. Se estimó la vida útil remanente para cada vehículo y maquinaria.

Figura 60: Hoja de cálculo, para el estimado económico del desgaste de los vehículos y maquinaria en la atención del incendio.

Fuente: Elaboración propia.

Costos de Gestión del Incendio				
Acciones de Gestión	Unidad de medida	Precio (US\$)	Cantidad	Costo Total (US\$)
Bomberos Forestales PMF-ACG	Horas	43.00	59	2,537.00
Otros funcionarios SINAC	Horas	249.40	59	14,714.59
Bomberos Forestales de Refuerzo	Horas	105.51	50	5,275.71
Bomberos del Cuerpo de Bombreos	Horas	19.08	18	343.49
Transporte de Bombreos Voluntarios	Kms	0.30	1024	309.55
Alimentación	Unidad	2.50	263	656.98
Vehículos extintores SINAC-MINAE	Horas	2.18	36	78.48
Vehículo extintor Cuerpo de Bomberos	Horas	3.20	6	19.20
Pick-Up / Respuesta Rápida (2). Desgaste	Horas	1.44	72	103.68
Tractor de oruga (Desgaste)	Horas	1.61	8	12.88
Tractor de llantas (Desgaste)	Horas	0.39	36	14.04
Insumos médicos	Global	281.03	1	281.03
Combustible	Global	468.38	1	468.38
Total				24,815

Figura 61: Tabla de cálculo de los costos asociados a la gestión del incendio.

Fuente: Basado en Barrantes, 2011.

El costo asociado a la gestión del incendio forestal, ocurrido en el PNG en marzo del 2021, por concepto de los gastos de atención del incidente, y que son imputables al causante del siniestro, asciende a un total de US\$ 24 815,00

5.1.4.4. Estimación del Costo Total

A partir de los resultados económicos obtenidos en el trabajo de investigación, se tiene que el costo total (CT) del daño ocasionado al PNG, consecuencia del incendio forestal ocurrido el marzo del 2021 en el Sector de Pocosol; corresponde a la suma del costo de recuperación (CR), más el costo social (CS), más otros costos asociados con la gestión del siniestro (OC):

$$CT = CR + CS + OC$$

Fórmula del Costo Total.

Fuente: Barrantes, 2011.

Sustituyendo:

$$CT = US\$ 246 620,00 + US\$ 74 639,00 + US\$ 24 815,00$$

$$CT = US\$ 346 074,00$$

El costo total (CT) del daño ocasionado al PNG, consecuencia del incendio forestal ocurrido el marzo del 2021 en el Sector de Pocosal, es de US\$ 346 074,00

5.2. Análisis de razonabilidad de los resultados obtenidos

Con el fin de obtener más robustez y aplicabilidad del presente trabajo, se procede a analizar la razonabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación económica del daño ambiental, mediante un cuadro comparativo con los resultados obtenidos en otros estudios de evaluación de daño ambiental similares.

5.2.1. Cuadro comparativo con otros estudios de valoración

Cuadro 24: *Comparativo con otros estudios de valoración de daño ambiental por incendios forestales*

Incendio	PN Guanacaste – Sector Pocosal	RNVS Caño Negro	PN Palo Verde
Metodología de valoración aplicada	Costos Biofísicos y Sociales, Barrantes, 2011.	Costos Biofísicos y Sociales, Barrantes y Di Mare, 2001.	Costos Biofísicos y Sociales, Barrantes y Di Mare, 2001.
Fecha del incendio	Marzo 2021.	Marzo, abril, mayo 2003 (temporada de incendios).	Abril 2004.
Tipo de vegetación afectada	Bosque seco	145,31 ha	102,30 ha
	Tacotal	22,00 ha	
	Pasto arbolado	475,77 ha	
	Pastos	22,59 ha	462,00 ha
	Humedal	14,13 ha	134,00 ha
	Guabales c/pasto		290,00 ha
	Yolillales		16,00 ha
	Marillales		10,00 ha
	Bosque Palma Real		55,20 ha
	Matorral		23,00 ha
	Herbazal acuático		58,10 ha
	Herbazal inundado		188,80 ha
	Herbazal		11,90 ha

Cultivos agrícolas			6,70 ha
Cuerpos de agua			2,40 ha
Área total afectada	679.80 ha	912,00 ha	448,40 ha
Estado de conservación	Inicial	7,27	6,40
	Final	3,26	3,56
Daño ambiental ocasionado	4,01	2,84	4,50
Potencial ecológico	No se determinó	No se determinó	76,1%
Tiempo de recuperación	11,5 años	42 - 47 años	32,7 años
Costos de restauración	US\$ 246 620,00	US\$ 842 329,00	US\$ 823 626,00
Costos sociales	US\$ 74 639,00	No se determinó	US\$ 503 240,00
Otros costos (atención del incendio)	US\$ 24 815,00	US\$ 78,759,00	No se determinó
COSTO TOTAL	US\$ 346 074,00	US\$ 921 088,00	US\$ 1 326 866,00

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vega, 2004.

5.2.2. Análisis del cuadro comparativo

- a. Los tres estudios, corresponden a valoraciones económicas por daños ambientales causados por incendios forestales, ocurridos todos, en áreas protegidas en administración del SINAC, Costa Rica.
- b. La técnica de valoración seleccionada para todos los estudios, es la misma y corresponde a la “Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales”, de G. Barrantes, IPS.
- c. Los tres estudios de valoración datan de fechas diferentes (2003, 2004 y 2021), sin embargo, todos los resultados se encuentran dados en dólares norteamericanos, lo que facilita el comparativo.
- d. Los daños ambientales en los casos de PNPV y PNG, se asocian a un único incendio ocurrido en abril del 2004 y marzo del 2021, respectivamente. El caso del RNVS; corresponde a la valoración económica de daño ambiental, asociado a 10 incendios forestales, ocurridos estos durante la temporada seca en los meses de marzo, abril y mayo del 2003.

- e. Los tipos de vegetación afectada para cada uno de los casos, es diferente, pero con suficiente similitud, e inclusive, algunas de las coberturas son las mismas; especialmente, con el caso del PN Palo Verde, ubicado en la misma zona de bosque seco tropical, donde se ubica el caso de estudio.
- f. Las áreas totales afectadas varían de un caso a otro, con un promedio de áreas afectadas de 680,07 ha y una desviación estándar de 231,80 ha, equivalente a un 34 %.
- g. Los estados de conservación iniciales de los estudios son similares, y rondan el 6,74 en promedio. En el caso de estudio, y resultado de las sesiones de trabajo con los expertos, se estima un estado de conservación inicial de 7,27; lo que nos indica que el ecosistema bosque seco del PNG, en el momento antes de ocurrido el incendio, presentaba una degradación por eventos anteriores, menor en relación con el de los casos comparados.
- h. En lo que refiere al nivel de daño en los ecosistemas evaluados; el caso de estudio, presenta similitud al estado de conservación final indicado en la evaluación del RNVS Caño Negro (3,56), pero difiere con el daño ambiental ocasionado por los incendios en el mismo estudio (2,84). Se interpreta como un menor daño en el recurso afectado, sin embargo, este resultado también se encuentra asociado a un estado de conservación inicial del ecosistema en el RNVCN, más degradado que el del PNG.
- i. Para el caso de PN Palo Verde, el grado de afectación, consecuencia de los fuegos fue mayor y resultó reflejado en el estudio, con un estado de conservación final de 2,05, y un grado de afectación mayor (4,50) que el nivel de daño en el PNG (4,01).
- j. El potencial ecológico se omitió en este trabajo, y en lo que refiere a los casos comparados, únicamente se determinó para estudio de PN Palo Verde. Como se explicó; la estimación del potencial ecológico, es más con fines informativos sobre la condición ecológica del sitio en estudio, que de valoración económica en sí.

- k. El tiempo estimado para la restauración del ecosistema afectado, para el presente trabajo es de 11,5 años, dentro del cual se espera se restablezcan los procesos biofísicos que venían ocurriendo y se restauren los recursos dañados hasta alcanzar el nivel deseado (estado antes de ocurrido el incendio). Aquí se identifica una diferencia importante respecto a los tiempos de restauración de estimados para los casos comparados, donde se indica tiempos de 42-47 años y 32,7 años, respectivamente.

- l. El tiempo de restauración estimado en el presente trabajo, se basa en la experiencia y conocimiento del grupo de expertos seleccionados para las sesiones de trabajo (técnica Delphi). Un 73,31 % de las áreas afectadas corresponde a “pastos” y “pastos arbolados”; identificadas estas dentro de la primera fase de vegetación boscosa de crecimiento inicial o pionera, con tiempo de recuperación de entre 1 y 5 años, y en el restante 26,69 % de áreas afectadas, corresponden a las coberturas de “bosque seco secundario o intermedio”, “tacotal” y “humedal”, con tiempos teóricos de recuperación (bosque seco) de 15 a 20 años y teniendo en cuenta que el daño fue parcial en las áreas de bosque; se justifica y respalda el resultado del criterio experto en los talleres, respecto al tiempo de recuperación estimado para 11,5 años.

- m. Al comparar el monto estimado para la restauración del ecosistema bosque seco del PNG por \$246 620,00 contra los montos concluidos en los estudios de RNVS Caño Negro (\$842 329,00) y PN Palo Verde (\$823 626,00); se puede identificar, que este guarda una relación adecuada y resulta concordante con un período de restauración menor (11,5 años), representando en promedio un 30 %, respecto a los valores estimados en los estudios del RNVSCN y el PNPV, por concepto de la restauración del ecosistema dañado. Las acciones necesarias para la restauración de los recursos dañados en el PNG (evitar que se vuelvan a quemar), se encuentran debidamente documentadas y respaldadas, por lo que se concluye que el monto resuelto es razonable.

- n. En el caso del RNVS Caño Negro, no se incluye los costos sociales. Para la estimación de los costos sociales, tanto del caso de estudio (\$74 639,00), como del PN Palo Verde (\$503 240,00), se realizó empleando la técnica de “transferencia de

valor”; sin embargo, y como se puede apreciar en el cuadro 24, los montos difieren significativamente. El origen de esta diferencia se debe, en parte, a los años estimados para la recuperación del ecosistema, y que son usados para calcular los costos sociales. En el presente apartado, ya se ha referido al sustento y respaldo del período de recuperación estimado, por lo que el monto correspondiente a costos sociales, resulta razonable y consecuente.

- ✓ Otro factor que influye en esta diferencia de los costos sociales entre los estudios comparados; refiere al valor estimado en el estudio del PNPV para las “pasturas”, por un monto de US\$ 21,50 por h/año, que difiere del monto estimado en el presente estudio para las coberturas de “pasto” y “pasto arbolado” por un valor de US\$1,34 por h/año. Adicionalmente, otro de los factores que influye en esta diferencia; corresponde a los ajustes realizados, sobre los costos sociales obtenidos, mediante la técnica transferencia de valor y que simbolizan la recuperación de los beneficios sociales perdidos, durante los años que tarda en recuperarse el ecosistema.
- o. El caso del PN Palo Verde, no incluyó los costos de atención del incendio. La diferencia entre los costos de gestión del incendio en el PNG (\$24 815,00) y los costos estimados para los mismos fines en el caso del RNVS Caño Negro (\$ 78 759,00); se explica, dado que los costos gestión del incidente en el PNG, se asocian a un único incendio ocurrido marzo del 2021; mientras que el caso del RNVS, corresponde a los costos de atención asociados a 10 incendios forestales, acaecidos durante la temporada seca, en los meses de marzo, abril y mayo del 2003.
- p. El monto estimado, por concepto del costo total del daño ambiental ocasionado por el incendio en el PNG (\$346 074,00) guarda una relación adecuada respecto a los mismos rubros concluidos en los estudios del RNVSCN (el 38 %) y PNPV (el 26 %); tomando en cuenta: la magnitud del daño ambiental ocasionado (4,01), el tiempo de recuperación del recurso dañado (11,5 años), lo costos de restauración estimados y la técnica empleada para la estimación de los costos sociales.
- q. Habiendo realizado una revisión de los resultados obtenidos el proceso, y comparándolos con los resultados con los otros estudios similares, se concluye que

el monto total estimado para el valor económico del daño ambiental ocasionado por el incendio forestal en el sector de Pocosol del Parque Nacional Guanacaste, ocurrido en el mes de marzo del año 2021, por un monto total de \$346 074,00 es razonable y tiene validez en sus aspectos técnicos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- 1) La valoración económica de bienes y servicios ambientales, normalmente presenta la particularidad que estos no tienen precios reflejados en el mercado; por lo que, para su estimación se recurre a métodos indirectos de valoración, mediante precios pagados por otros bienes o servicios en mercados sustitutivos. Luego se tiene las limitaciones impuestas por los medios de los que se dispone para la valoración (tiempo, disponibilidad de datos, presupuesto y personal idóneo), que influyen también en la selección de la técnica adecuada por emplear.
- 2) En Costa Rica, se han realizado diferentes estudios de valoración para cuantificar el daño ambiental, en su mayoría como insumo para la aplicación de sanciones; sin embargo, específicamente en la valoración de daño ambiental causado por incendios forestales, únicamente se identifican dos casos documentados: 1) “Evaluación del daño ambiental del incendio de abril 2004 en el PN Palo Verde”, realizado en el año 2004 por funcionarios del ACAT-SINAC y 2) “Valoración del daño ambiental en el RNVS Caño Negro”, realizado en el año 2004, como una consultoría de IPS para ACAHN-RNVSCN-APANAJUCA.
- 3) Luego de realizada la síntesis de la información documental recopilada, que refiere a casos relacionados con la valoración de daño ambiental, se identifica una prevalencia de la “Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales”, Barrantes, 2011, que además cuenta una aceptación en su uso por parte del SINAC, por lo que seleccionó esta, como base para la valoración económica de los daños causados por el incendio forestal en el PNG, en marzo del 2021.
- 4) Se demuestra que existe un daño ambiental en el ecosistema bosque seco del PNG, ocasionado por el incendio de marzo del 2021, y está dado por el cambio negativo en el estado de conservación de los recursos que lo componen. Fue el estado de conservación (inicial y final) del ecosistema bosque seco del PNG, la base para establecer la magnitud del daño ambiental; resultando en un grado de

afectación al ecosistema bosque seco de 4,01; atribuible este, al incendio ocurrido en el PNG, en marzo del 2021.

- 5) El estado de conservación inicial de 7,27 indica que el sector del PNG donde ocurrió el incendio, ya presentaba un grado deterioro en los procesos biológicos que allí se llevan a cabo (2,73), degradación que no es atribuible al incendio en análisis.
- 6) El causante del daño, debe compensar económicamente sobre el nivel de daño ocasionado, entendido como la diferencia entre los estados inicial y final (4,01), y cuyo valor monetario está determinado; por el costo de restaurar el ecosistema bosque seco hasta el nivel de conservación que se encontraba antes del incendio; más el costo social por los servicios ecosistémicos perdidos, más los costos de atención del siniestro.
- 7) El tiempo estimado para la restauración del ecosistema bosque seco del PNG, hasta que alcance los niveles que se encontraba el recurso antes del incendio; es resultado de las sesiones de trabajo con los expertos, y se estimó en 11,5 años. Este tiempo de recuperación, corresponde al recurso afectado que requerirá más tiempo para su recuperación (Biodiversidad), y se espera que, en este plazo máximo, se recupere los otros recursos afectados.
- 8) Para calcular el costo de restauración del ecosistema bosque seco del PNG (Daño biofísico), hasta aproximarlos a su estado antes del incendio; se estimó basado en el precepto, que lo óptimo para recuperar el ecosistema bosque seco, es evitar que sea quemado nuevamente, por lo que los rubros corresponden a las acciones necesarias para el control y protección del recurso, así como los insumos financieros y humanos, necesarios para lograrlo. El monto para la restauración del ecosistema bosque seco del PNG, se estimó para \$246 620,00
- 9) Para la estimación del costo social (Daño social), se aplicó la metodología de estimación indirecta del valor denominada "Transferencia de beneficios", con la que agregamos valores de servicios ambientales obtenidos de otras metodologías, que se pierden temporalmente, mientras se restaura el ecosistema afectado. El costo social por los beneficios perdidos a causa del incendio forestal en el PNG, durante el tiempo de recuperación del ecosistema bosque seco, se estimó en \$74 639,00

- 10) Los costos asociados con la atención del incendio y que son imputables al causante del daño; incluyó para su estimación todos los gastos en los que se incurrió en su gestión, para lo que se identificó las acciones realizadas e insumos y recursos necesarios para su ejecución. El monto por concepto de los costos de gestión del incendio ocurrido en marzo del 2021, se estimó en \$24 815,00
- 11) El costo económico total asociado al daño ambiental ocasionado por el incendio forestal ocurrido en el PNG, en marzo del 2021 incluye: 1) El costo de restauración del ecosistema afectado hasta su estado de conservación inicial; 2) El costo social atribuible a la disminución de beneficios que provee el bosque seco del PNG; 3) Los costos asociados a la gestión del incendio; para un total estimado de \$346 074,00

6.2. Recomendaciones

- 1) Dado que los resultados obtenidos en la evaluación económica de los daños ambientales ocasionados por el incendio forestal en el PNG, aplicando la metodología empleada de Costos Biofísicos y Sociales de Barrantes (2011), fueron satisfactorios; se recomienda su aplicación para los casos donde ha ocurrido daño ambiental por incendio forestal. La metodología cuenta con un respaldo teórico y matemático, así como una relación lógica en sus procesos y conceptos.
- 2) Como se indicó en las conclusiones del trabajo de investigación; la metodología de Barrantes (2011), se complementó con la metodología de estimación indirecta del valor denominada "Transferencia de valor", para la estimación del "costo social", y con la que se obtuvo resultados satisfactorios. Se recomienda estudiar con futuras investigaciones, sobre la aplicación de otras técnicas metodológicas para la estimación de los costos sociales, consecuencia del daño ambiental por incendios forestales, profundizando, tanto como los recursos y el tiempo disponible lo permitan.
- 3) Dado que los resultados obtenidos en la presente evaluación económica de los daños ambientales ocasionados por el incendio de marzo del 2021, fueron satisfactorios y la aplicación de la metodología resultó funcional; se sugiere la aplicación del modelo de valoración propuesto en este trabajo (capítulo VII y anexo 1).

- 4) La metodología seleccionada y aplicada en este trabajo de investigación, corresponde a un esfuerzo, para tratar de homogenizar criterios y técnicas de evaluación económica de daños ambientales. Se recomienda su aplicación en futuras investigaciones, como una base que permita los ajustes y aportes de los distintos investigadores, con el objetivo de mejorar los procesos y la técnica.
- 5) Debido a que la información sobre la condición de los recursos naturales en función de daños ambientales es limitada; se recomienda prestar especial atención, en la selección de los expertos con los que se trabajará en las sesiones de trabajo. Estas sesiones con personas conocedoras y de experiencia en el tema, son básicas en la aplicación de la metodología y un recurso muy importante en la investigación.
- 6) Para la estimación de los costos de restauración y costos de gestión del incendio, se recomienda disponer de información técnica sobre las actividades por realizar y de los insumos humanos y financieros necesarios para completarlas. Para estos fines y dado que no siempre se cuenta con la suficiente información documental técnica, se recomienda aprovechar los talleres con los expertos, con el fin de recopilar esta información.

CAPÍTULO VII

PROPUESTA DE VALORACIÓN

7.1. Esquema y descripción de la propuesta

En este capítulo, se sintetiza un modelo para la valoración económica del daño ocasionado por un incendio forestal en el ACG, empleando la Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, desarrollada por Barrantes (2011), mediante la estimación de los costos biofísicos y sociales del recurso afectado.

La metodología consiste de dos fases:

1. Identificación y determinación del alcance del daño.

Los componentes principales en la evaluación del daño ambiental son:

- ✓ Daño biofísico: Afectaciones en el medio natural que ocasionan un deterioro de las características del recurso (bienes y servicios).
- ✓ Daño social: Afectaciones a la sociedad, manifiestas en la pérdida o disminución de beneficios derivados del recurso natural afectado (disfrute de los bienes y servicios).

2. Estimación del valor económico del daño.

El costo total del daño está dado por:

- ✓ El costo de restauración del ambiente afectado.
- ✓ La compensación social por los beneficios perdidos. Durante el período que tarda la restauración del ambiente dañado.
- ✓ Otros costos asociados (Gastos de atención del siniestro).

7.2. Objetivo general

Sintetizar un modelo de valoración para la evaluación económica del daño ocasionado por un incendio forestal en el ACG, empleando la Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales, desarrollada por Barrantes, 2011.

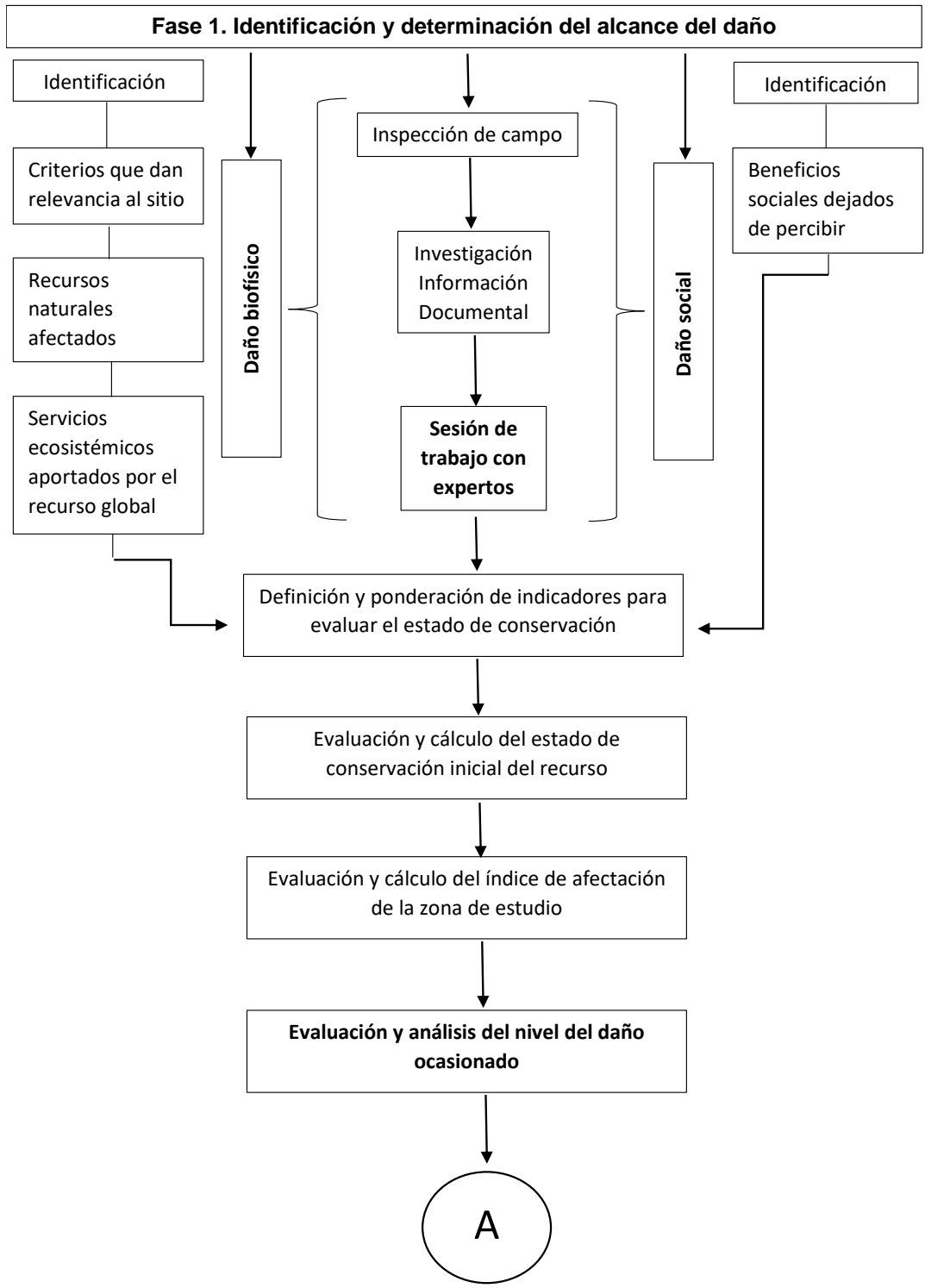
7.2.1. Flujograma del modelo

Con el fin de sintetizar el modelo propuesto, se procede con una descripción sistematizada de este, mediante un flujograma. En el apartado de anexos (anexo 1), el lector puede consultar la descripción detallada de cada una de las fases que componen el modelo de valoración.

El flujograma, guía al lector en el proceso; iniciando en la primera fase del modelo, que corresponde a la “identificación y determinación del alcance del daño”, donde empleando técnicas mixtas de investigación, se recolecta toda la información pertinente del sitio evaluado y del incendio ocurrido; identificando en el proceso investigativo, los componentes del daño físico y el daño social, asociados con el evento avaluado.

Toda esta información y los elementos identificados para la determinación del alcance del daño, son tratados técnicamente con los expertos en la sesión de trabajo (taller); donde se analiza y define los indicadores por utilizar, para la evaluación y análisis del estado de conservación del recurso dañado.

Seguidamente, en la segunda fase del modelo “Estimación del valor económico del daño”; aplicando diferentes técnicas y metodologías apropiadas, se estima e identifica la suficiente información, que permita, empleando la metodología seleccionada, estimar los costos de restauración, costos sociales y otros costos asociados, para finalmente cumplir el objetivo propuesto de la evaluación económica ecológica del sitio afectado y sujeto del estudio (figura 62).



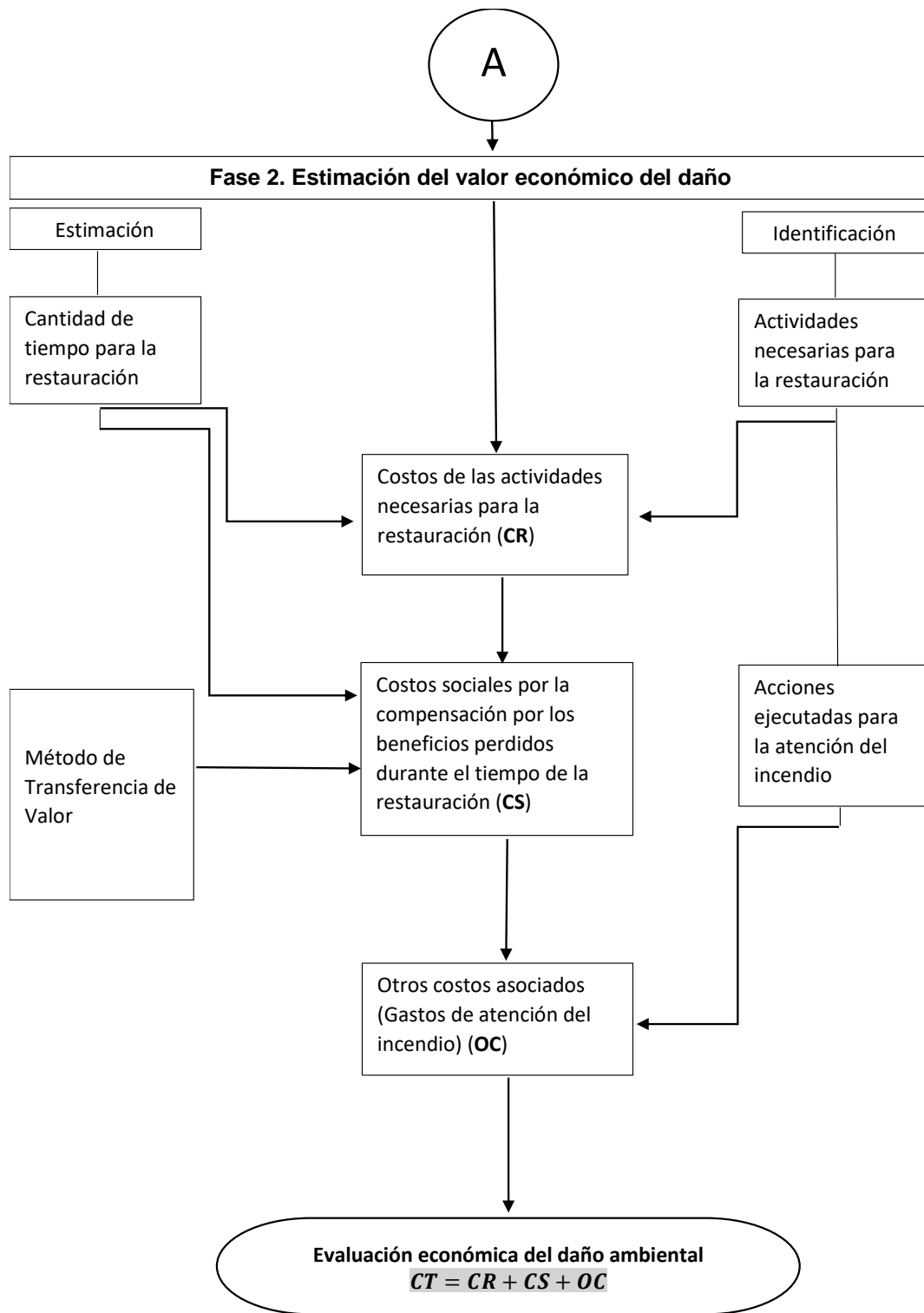


Figura 62: Flujograma del modelo de valoración.

Fuente: Elaboración propia, basado en Barrantes, 2011.

Bibliografía

- ACAT-SINAC. (2004). *Evaluación del daño ambiental del incendio de abril 2004 en el Parque Nacional Palo Verde*. Costa Rica: SINAC.
- Aguilar, B. (2002). *Paradigmas económicos y desarrollo sostenible: la economía al servicios de la conservación*. San José C.R.: EUNED.
- Área de Conservación Guanacaste. (9 de octubre de 2021). <https://www.acguanacaste.ac.cr>.
- Área de Conservación Guanacaste. (15 de octubre de 2021). www.acguanacaste.ac.cr. Obtenido de <https://www.acguanacaste.ac.cr>
- Banco Central de Costa Rica. (13 de octubre de 2021). www.bccr.fi.cr. Obtenido de <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20677>
- Banco Mundial. (17 de noviembre de 2021). <https://datos.bancomundial.org>. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.LEND?locations=USA&view=map&year=2000>
- Barrantes Echavarría, R. (2013). *Investigación: Un camino al conocimiento*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Barrantes, G. (2011). *Metodología para la Evaluación Económica de Daños Ambientales*. Heredia, Costa Rica: IPS.
- Barrantes, G., & Di Mare, M. I. (2002). *Metodología para la evaluación económica de daños ambientales en Costa Rica*. Costa Rica.
- Barzev, R. (Agosto del 2002). CCAD-PNUD/GEF Proyecto para La Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. *Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales*. Radoslav Barsev (Ed.). Managua, Nicaragua.
- Bomberos Costa Rica. (28 de octubre de 2021). www.bomberos.go.cr. Obtenido de <https://www.bomberos.go.cr/1-2-2-3-indice-salarial-segun-puestos/>
- Brouwer, R. (2000). Environmental value transfer: state of the art and future prospects. *Ecological Economics*, 137-152.
- Carranza, C., Aylward, B., Echeverría, J., & Mejías, R. (1996). *Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Preparado para ODA-MINAE. CCT.
- Damodaran, A. (17 de noviembre de 2021). <http://www.betasdamodaran.site/>. Obtenido de <http://www.betasdamodaran.site/>

- Dixon, J., & Pagiola, S. (1998). Análisis Económico y Evaluación Ambiental. *Environmental assessment sourcebook*, 1-17.
- Fallas, J. (2011). *Ecorregiones y Ecosistemas de Cota Rica: Un enfoque ecosistémico*. San José, Costa Rica.
- Gómez-Orea, D. (1994). *Evaluación de Impacto Ambiental*. (2ª.ed.).Madrid: Editorial Agrícola Española S.A.
- Invenómica. (13 de octubre de 2021). www.invenomica.com. Obtenido de <https://www.invenomica.com.ar/riesgo-pais-emb-america-latina-serie-historica/>
- Janzen, D. (1986). *Guanacaste National Park: Tropical Ecological and Cultural Restoration*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Janzen, D. H., & Hallwachs, W. (2016). Chapter 10 Biodiversity Conservation History and Future in Costa Rica: The Case of Área de Conservación Guanacaste. En: M. Kappelle, *Costa Rica Ecosystems* (págs. 290-341). Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Johnston, R., & Rosenberger, R. (2010). Methods, trends and controversies in contemporary benefit transfer. *Journal of Economic Surveys*, 479-510.
- Jones, G., & Álvarez, B. (2018). Dinámica de incendios en el Área de Conservación Guanacaste 1997-2017: perspectivas ecológicas para el manejo integral del fuego. *Perspectivas Rurales Nueva Época Vol 16*, 51-70.
- Ley Forestal. (abril de 1996). N° 7575. *Ley Forestal*. Costa Rica: Artículo 3, inciso k.
- Ley N°4465. (25 de noviembre de 1969). *Reforma Integral de la Ley Forestal*. Costa Rica: Artículo 10, inciso i).
- Lugo, P. G. (1986). Ecology of Tropical Dry Forest. En P. G. Lugo, *Annual Review of Ecology Systematics Vol 17* (pp. 67-88). Annual Reviews.
- Moreno, M. (2005). *La valoración económica de lo servicios que brinda la biodiversidad: El Caso de Costa Rica*. San José, Costa Rica: INBIO.
- Moreno, M. L. (Junio de 2020). SINAC-CIMPE-UNA. *Guía metodológica para la identificación y valoración de los bienes y servicios que brinda la biodiversidad y los recursos naturales*. Costa Rica.
- Navrud, S., & Ready, R. (2007). Lessons learned for environmental value transfer. In Environmental value transfer: issues and methods. *Springer*, 283-290.
- Picado, W., & Cruz, C. (2014). El bosque seco en llamas. Estructura agraria y ecología política del fuego en Costa Rica. *Revista de Historia, N°70 (noviembre)*, 42-109.

- Plummer, M. (2009). Assessing benefit transfer for the valuation of ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 38-45.
- Presidencia. (9 de octubre de 2021). <https://www.presidencia.go.cr>. Obtenido de <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2021/07/temporada-2021-de-incendios-forestales-registro-la-menor-afectacion-desde-1998/>
- Richardson, L., Loomis, J., Kroeger, T., & Casey, F. (2015). The role of benefit transfer in ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 51-58.
- Segura, O., Moreno, M. L., Hernández, M., & Muñoz, E. (2017). *Proyecto Humedales de SINAC-PNUD-GEF. Valoración de los servicios ecosistémicos que ofrecen siete de los humedales protegidos de importancia internacional en Costa Rica: Palo Verde, Caribe Noreste, Caño Negro, Gandoca-Manzanillo, Maquenque, Térraba-Sierpe y Las Baulas*. Costa Rica.
- SINAC. (2014). *Protocolo de valoración económica del daño ambiental*. San José, Costa Rica: pp. 1-55.
- SINAC. (9 de octubre de 2020). <http://www.sinac.go.cr/ES/manrecurfor/Paginas/manejfuego.aspx>.
- SINAC. (19 de octubre de 2021a). www.sinac.go.cr. Obtenido de <http://www.sinac.go.cr/ES/transparencia/Paginas/financiero.aspx>
- SINAC. (19 de octubre de 2021b). www.sinac.go.cr. Obtenido de <http://www.sinac.go.cr/ES/transparencia/Paginas/transp.aspx>
- Sistema Nacional de Área de Conservación. (15 de octubre de 2021). www.sinac.go.cr. Obtenido de <http://www.sinac.go.cr/ES/manrecurfor/Paginas/manejfuego.aspx>
- Ulate, R. y. (2016). *Acompañamiento práctico al proyecto de investigación*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- UNESCO. (9 de octubre de 2021). <https://whc.unesco.org/es/list/928>.
- Veas, N., Acuña, F., Elizondo, M. J., Bravo, J., Rivera, J., & Miranda, M. (2018). *Proyecto Humedales de SINAC-PNUD-GEF. Inventario Nacional de Humedales*. Costa Rica.
- Vega, E. E. (Octubre de 2004). *Evaluación Económica del daño ambiental causado por los incendios forestales en Costa Rica*. Costa Rica.
- Vega, E., Vega, M., & Barrantes, G. (2004). *Valoración del daño ambiental en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro por el incendio en el 2003*. Costa Rica: ACAHN-RNVSCN-APANAJUCA.
- Wilson, M., & Hoehn, J. (2006). Valuing environmental goods and services using benefit transfer: the state of the art and science. *Ecological Economics*, 235-342.

www.economipedia.com. (23 de octubre de 2021). Obtenido de *economipedia*:
<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

Apartado de anexos

Anexo 1. Modelo de valoración para la evaluación económica del daño ambiental ocasionado por un incendio forestal en el ACG

- ✓ Fase 1. Identificación y determinación del alcance del daño

Para determinar el daño, se requiere conocer el estado de conservación del recurso antes y después de la alteración. Para llegar al cumplimiento de este objetivo, se detalla las actividades y procedimientos recomendados:

1. Inspección de campo

Visita al sitio afectado, con el fin de recolectar y documentar toda la información que sea posible; tanto físicamente en sitio, como mediante la técnica de la entrevista a testigos. Para estos fines, se propone un formulario de campo (figura 63).

Formulario de campo: Información del incendio		
Nombre del caso:		
Existe denuncia:	SÍ	NO
Número de expediente del caso y fecha en que se realizó la denuncia:		
Origen del fuego:		
Nombre del contacto en sitio:		
Número de teléfono y correo del contacto en sitio:		
Fecha de ingreso datos en formulario:		
Lugar (Provincia, Cantón, Distrito, datos de ubicación):		
Área de conservación:		
Nombre del área protegida:		
Coordenadas del sitio afectado (CRTM05)	Este:	Norte:

Fecha y hora de inicio del incendio:	
Fecha y hora de controlado el incendio:	
Área afectada por el incendio:	
Lista de recursos naturales afectados:	
Lista de ecosistemas afectados:	
Recursos requeridos durante la gestión y atención del siniestro: personal, horas, equipo, maquinaria, personal de apoyo externo, insumos, etc.	

Notas _____

Figura 63: Formulario propuesto para el levantamiento de información en sitio.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

2. Investigación de información documental.

Realizar una investigación documental, de toda la información científica que se logre obtener, sobre el sitio específico donde ocurrió el incendio.

3. Selección de expertos para consulta y sesión de trabajo (taller).

Frecuentemente, la información documental, científica y técnica recabada en el punto 2 del modelo no es suficiente; por lo que se recurre a sesión de trabajo con expertos. En estos talleres se realiza la estimación cualitativa del daño.

Para estas sesiones de trabajo, se propone la selección de cuatro grupos diferentes de expertos (información primaria):

- A. Personas encargadas de los recursos naturales involucrados.
- B. Personas testigos del hecho causante del daño, que den información de qué fue lo que pasó y la magnitud del hecho.
- C. Investigadores y científicos ya sea que hayan realizado investigaciones en la zona o con los recursos naturales del tipo de los afectados por el daño.
- D. Representantes de organizaciones comunales o instituciones.

Lista de expertos consultados (Fuentes de información)						
	Nombre Completo	Especialidad o Cargo	Institución	Justificación	Teléfono	Correo electrónico
1						
2						
3						
4						

Figura 64: Formulario propuesto para levantar la lista de expertos para la sesión de trabajo.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

4. Definición de los criterios que dan relevancia al sitio evaluado

Este proceso, requiere de un arduo trabajo de investigación y consulta de toda la información documental y literatura disponible sobre sitio afectado por el incendio, a partir de la cual se identifica las razones fundamentales por las que el sitio por evaluar es relevante. Posteriormente, estos criterios son presentados en sesión de trabajo con los expertos, donde se discute, ajusta y valida.

Criterios que dan relevancia al sitio evaluado		
	Criterio	Fundamentación
A		
B		
C		

Figura 65: Tabla propuesta para presentar los criterios que le dan relevancia al sitio afectado.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

5. Identificación de los recursos naturales afectados

Utilizando como base el cuadro matricial del documento de Barrantes (2011), que relaciona las acciones humanas que causan daño y los recursos naturales posiblemente afectados; ahí obtenemos un primer acercamiento en la identificación, que posteriormente apoyado con la información documental previamente recabada sobre el sitio; se identifica los recursos naturales afectados por el incendio forestal. Esta propuesta de identificación

de los recursos afectados, se presenta en la sesión de trabajo, con el fin de discutirlos, ajustarlos y validarlos.

Para los efectos prácticos y con el objetivo de agilizar los procesos sucesivos como la evaluación del estado de conservación; se recomienda trabajar por ecosistemas completos y no por recursos naturales evaluados individualmente. Lo anterior, en el entendido que el ecosistema identificado, incluye lo distintos recursos naturales afectados en distintos grados.

6. Identificación de los beneficios sociales que se dejaron de percibir por la afectación del recurso; los servicios ecosistémicos aportados por el recurso global; e identificación de los indicadores o criterios para evaluar el estado de conservación del ecosistema evaluado.

Una vez definidos los recursos naturales afectados, se emplea un cuadro matricial o de relación entre los recursos naturales afectados y los componentes de aportes del capital natural a la sociedad; relacionamos los flujos de servicios ambientales provistos por el capital natural a la sociedad, para cada recurso natural afectado. Este procedimiento nos ayudará a precisar el análisis, para la definición de los indicadores, y posteriormente, evaluar el estado de conservación del recurso.

RECURSOS NATURALES

<i>BENEFICIOS SOCIALES</i>	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Recurso 4	Recurso 5	Recurso 6
<i>Materia prima</i>				X		
<i>Consumo</i>	X	X	X	X	X	
<i>Seguridad</i>	X		X	X	X	
<i>Esparcimiento</i>		X	X	X	X	X
<i>Desarrollo espiritual</i>			X		X	X

Protección a desastres	X	X	X	X
Protección a la salud			X	X

Nota: La selección es ilustrativa, la identificación se debe hacer para cada caso específico.

Figura 66: Tabla propuesta para identificar los aportes del capital natural para cada uno de los recursos afectados.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Habiendo identificado los recursos naturales afectados, así como los diferentes aportes del capital natural a la sociedad para cada uno de estos recursos; estamos en capacidad de identificar los servicios ecosistémicos aportados por el recurso global, que se vieron disminuidos o se dejaron de percibir por la afectación.

SERVICIO ECOSISTÉMICO	DETALLE
Consumo de bienes y servicios ambientales	
Servicio ecosistémico 01	Descripción servicio ecosistémico 01
Servicio ecosistémico 02	Descripción servicio ecosistémico 02
Servicio ecosistémico 03	Descripción servicio ecosistémico 03
Seguridad	
Servicio ecosistémico 04	Descripción servicio ecosistémico 04
Servicio ecosistémico 05	Descripción servicio ecosistémico 05
Servicio ecosistémico 06	Descripción servicio ecosistémico 06
Esparcimiento	
Servicio ecosistémico 07	Descripción servicio ecosistémico 07
Desarrollo espiritual	
Servicio ecosistémico 08	Descripción servicio ecosistémico 08
Protección a desastres naturales	
Servicio ecosistémico 09	Descripción servicio ecosistémico 09
Protección a la salud	
Servicio ecosistémico 10	Descripción servicio ecosistémico 10
Servicio ecosistémico 11	Descripción servicio ecosistémico 11

Figura 67: Tabla propuesta para presentar los servicios ecosistémicos que aporta el recurso global evaluado.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

7. Definición y ponderación de los indicadores para evaluar el estado de conservación.

Para evaluar el estado de conservación del ecosistema, previamente se establece los criterios (indicadores) que permitan aplicar la evaluación de su estado, para luego proceder a ponderar cada uno de estos en relación con su importancia en la evaluación global del recurso natural.

Para la evaluación del estado de conservación del sitio y la ponderación de los indicadores a utilizar, se realiza sesiones de trabajo con los expertos seleccionados, con el fin de presentarles la propuesta de indicadores preseleccionados; discutirlos, ajustarlos y validarlos. Posteriormente, en la misma sesión de trabajo, se procede a la calificación y ponderación de estos criterios. Para agilizar este procedimiento, se recomienda utilizar tablas de cálculo computacional como las del programa Excel.

Formulario 1: Importancia relativa de los indicadores seleccionados para la evaluación global del recurso natural (importancia de cada indicador dentro del Ecosistema global)					
Valoración de 0 a 10, donde 0 indica la menor importancia y 10 la máxima					
	Indicadores				
Experto	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4	Total por experto
Experto 1					100 %
Experto 2					100 %
Experto 3					100 %
Experto 4					100 %
Promedio	Promedio 1 (%)	Promedio 2 (%)	Promedio 3 (%)	Promedio 4 (%)	100 %

Figura 68: Tabla propuesta para la ponderación de los indicadores en la sesión de trabajo con los expertos.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Ponderación
Indicador 1	Promedio 1 (%)
Indicador 2	Promedio 2 (%)
Indicador 3	Promedio 3 (%)
Indicador 4	Promedio 4 (%)
	100%

Figura 69: Tabla propuesta para presentar los resultados de la ponderación de los indicadores.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

8. Evaluación y cálculo del estado de conservación inicial del recurso

La estimación del estado de conservación inicial del recurso (EC_r^i), se obtiene considerando los m indicadores valorados por n expertos que le asignan un valor a cada uno. El valor asignado refleja el estado o condición del indicador, resultado de la consulta de expertos en la sesión de trabajo, y se calcula el valor promedio.

$$Y_j = \frac{\sum_{k=1}^n x_{kj}}{n}$$

Fórmula para la valoración promedio del indicador j.

Fuente: Barrantes, 2011.

j = 1,2,...,m indicador.

$$0 \leq x \leq 10$$

Donde:

x = Valoración de experto k sobre el indicador j ($0 \leq x \leq 10$),

Y = Valoración promedio del indicador j.

Asignando una ponderación α_j al indicador j, la evaluación de recurso correspondería al resultado de agregar la valoración de cada indicador, basado en su ponderación:

$$EC_r^i = \sum_{j=1}^m \alpha_j Y_j$$

Fórmula del estado de conservación inicial del recurso r.

Fuente: Barrantes, 2011.

$$0 \leq Y_j \leq 10$$

y,

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$$

Donde:

α_j = Ponderación asignada al indicador j

EC_r^i = Estado de conservación inicial del recurso natural r

La valoración dada a cada uno de estos indicadores, puede ser resultado de información científica o estadística en caso que se cuente con este tipo de información; caso contrario, se obtiene de la consulta a expertos en la sesión y se promedia resultados.

Para cada criterio ambiental utilizado para la evaluación del estado de conservación, se estableció una escala de escala de 1 a 10 (10 es el estado de conservación óptimo), para posteriormente aplicarle la ponderación que se obtuvo para cada criterio.

Formulario 2: Valoración del estado de conservación del sitio antes de la afectación				
Valoración de 0 a 10, donde 0 indica el peor estado y 10 indica una condición excelente				
	Indicadores			
Experto	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				
Experto 4				
Promedio	Promedio 1	Promedio 2	Promedio 3	Promedio 4

Figura 70: *Tabla propuesta para la valoración del estado de conservación del sitio, antes de la afectación.* **Fuente:** Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Valoración promedio por indicador	Valoración ponderada
Indicador 1	Promedio 1	$Promedio\ 1 * \alpha_1$
Indicador 2	Promedio 2	$Promedio\ 2 * \alpha_2$
Indicador 3	Promedio 3	$Promedio\ 3 * \alpha_3$
Indicador 4	Promedio 4	$Promedio\ 4 * \alpha_4$
Estado de conservación / Sumatoria:		EC_r^i

Figura 71: Tabla propuesta para presentar los resultados de la valoración del estado del sitio, antes de la afectación.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

9. Evaluación y cálculo del índice de afectación de la zona de estudio

Para la evaluación de este índice, se considera los m indicadores en la evaluación del recurso natural valorados por n expertos que les asignan una valoración v para cada indicador j. Al igual que en la valoración de los indicadores en la etapa de evaluación del estado de conservación inicial del recurso; el valor de la afectación para cada indicador, responde al criterio de expertos, resultado de la sesión de trabajo-taller, para luego calcular el valor promedio de la afectación.

De este modo, la valoración de la afectación de la zona de estudio, estaría dada por:

$$NA_j = \frac{\sum_{k=1}^n v_{kj}}{n}$$

Fórmula de la valoración promedio del índice de afectación para el indicador j.

Fuente: Barrantes, 2011.

j = 1, 2...m elementos

$0 \leq v \leq 10$

Donde:

v = Valoración del experto i para el elemento j afectado.

NA = Valoración promedio para el indicador j.

Asignando una ponderación α_j al indicador j , la evaluación del daño ocasionado al recurso afectado sería:

$$AR_r = \sum_{j=1}^m \alpha_j NA_j$$

Fórmula para la evaluación del índice de afectación del recurso natural r .

Fuente: Barrantes, 2011.

$$0 \leq NA_j \leq 10$$

Donde:

AR_r = Evaluación del nivel o índice de afectación del recurso natural r

La evaluación del índice de afectación toma como base los criterios ambientales usados en la evaluación del estado de conservación. A cada criterio se le asigna una escala de 1 a 10, indicando que 10 es la máxima afectación ocasionada al servicio ambiental, debido a la intervención en el ecosistema.

Formulario 3: Valoración del índice de afectación del sitio en estudio				
Valoración de 0 a 10, donde 0 indica sin afectación y 10 indica la máxima afectación				
	Indicadores			
Experto	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				
Experto 4				
Promedio	Promedio 1	Promedio 2	Promedio 3	Promedio 4

Figura 72: Tabla propuesta para la valoración del índice de afectación.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Indicadores	Valoración promedio por indicador	Valoración ponderada
Indicador 1	Promedio 1	$Promedio\ 1 * \alpha_1$
Indicador 2	Promedio 2	$Promedio\ 2 * \alpha_2$
Indicador 3	Promedio 3	$Promedio\ 3 * \alpha_3$
Indicador 4	Promedio 4	$Promedio\ 4 * \alpha_4$
Índice de afectación del recurso / Sumatoria:		AR_r

Figura 73: Tabla propuesta para presentar los resultados de la valoración del índice de afectación.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

10. Evaluación y análisis del nivel del daño ocasionado

El estado de conservación después del daño ambiental ocasionado, estaría dado por la diferencia entre los estados de conservación inicial y final del recurso, calculado con base en la condición inicial ($AR_r * EC_r^i$). Por tanto, la estimación del estado de conservación final para el recurso r, está determinado por:

$$EC_r^f = EC_r^i - AR_r * EC_r^i = EC_r^i (1 - AR_r)$$

Fórmula para el estado de conservación final del recurso natural r.

Fuente: Barrantes, 2011.

Donde:

EC_r^f = Estado de conservación final del recurso natural r

$$EC_r^f = EC_r^i - AR_r * EC_r^i$$

Indicadores	Estado de conservación		Afectación	
	Inicial	Final	Nominal	Real
Indicador 1	EC_1^i	$EC_1^i - (EC_1^i * AR_r^1)$	AR_r^1	$EC_1^i * AR_r^1$
Indicador 2	EC_2^i	$EC_2^i - (EC_2^i * AR_r^2)$	AR_r^2	$EC_2^i * AR_r^2$
Indicador 3	EC_3^i	$EC_3^i - (EC_3^i * AR_r^3)$	AR_r^3	$EC_3^i * AR_r^3$
Indicador 4	EC_4^i	$EC_4^i - (EC_4^i * AR_r^4)$	AR_r^4	$EC_4^i * AR_r^4$
Promedios	EC_r^i	$EC_r^i - (EC_r^i * AR_r^f)$	AR_r^f	$EC_r^i * AR_r^f$

Figura 74: Tabla propuesta para presentar los resultados de la evaluación de los estados de conservación inicial y final. **Fuente:** Adaptado de Barrantes, 2011.

La magnitud del daño, se encuentra representada por el cambio entre los estados inicial y final del recurso evaluado; refiere a la restauración requerida para llevar el estado de conservación final lo más cerca posible al estado en que se encontraba antes del incendio y está dada por la fórmula:

$$DE = EC_e^i - EC_e^f$$

Fórmula para el daño ambiental ocasionado.

Fuente: Barrantes, 2011.

Donde:

DE = Daño ambiental ocasionado

✓ Fase 2. Estimación del valor económico del daño

1. Cantidad de tiempo estimado para la restauración.

Estimación del tiempo que tardará el ambiente dañado en restaurarse, hasta alcanzar su estado de conservación previo a la alteración. La recuperación del ecosistema hasta los niveles aceptables (momento antes de ocurrido el incendio), igualmente, se discute y analiza con los diferentes expertos, tomando en cuenta la magnitud del daño, las características del ecosistema afectado y los diferentes recursos involucrados. En este proceso, empleamos una tabla - formulario para la recopilación de la información y cálculos de promedios.

Formulario 4: Tiempo de restauración de los indicadores afectados, hasta alcanzar su estado inicial				
Unidad: _____ años _____ meses				
	Indicadores			
Experto	Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
Experto 1	Tiempo 1	Tiempo 1	Tiempo 1	Tiempo 1
Experto 2	Tiempo 2	Tiempo 2	Tiempo 2	Tiempo 2
Experto 3	Tiempo 3	Tiempo 3	Tiempo 3	Tiempo 3
Experto 4	Tiempo 4	Tiempo 4	Tiempo 4	Tiempo 4
Promedio	Promedio 1	Promedio 2	Promedio 3	Promedio 4

Figura 75: Tabla propuesta para la estimación de los tiempos de restauración de los recursos afectados. **Fuente:** Adaptado de Barrantes, 2011.

Cuadro propuesto para presentar los resultados de los tiempos estimados de restauración por indicador:

Indicadores	Tiempo promedio de restauración por indicador
Indicador 1	Promedio 1
Indicador 2	Promedio 1
Indicador 3	Promedio 1
Indicador 4	Promedio 1

Figura 76: Tabla propuesta para presentar los resultados de los tiempos estimados de restauración para cada indicador.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

Identificación de las actividades necesarias para la restauración del recurso y estimación de los costos para ejecutarlas.

La restauración del recurso hasta su estado inicial previo a la alteración, implica la ejecución de una serie de actividades que van a representar costos. La identificación de estas actividades por realizar para la recuperación del ecosistema hasta los niveles aceptables, se discute y analiza con los diferentes expertos, tomando en cuenta la magnitud del daño ocasionado, las características de los diferentes recursos afectados, el tiempo de recuperación y el área afectada.

Seguidamente, se procede a investigar sobre de los precios de mercado para estos recursos y determinamos los costos de todas las actividades a valor presente, aplicando para esto, técnicas financieras adecuadas.

Técnica recomendada para el cálculo del valor presente:

Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Fórmula para el Valor Actual Neto.

Fuente: www.economipedia-com, 2021.

Donde:

F_t = flujos de dinero en cada período t

I_0 = inversión realizada en el momento inicial t_0

n = números de períodos de tiempo

k = tasa de descuento

2. Costos sociales por la compensación por los beneficios perdidos durante el tiempo que tarde la restauración.

El daño en el aspecto social se manifiesta en la pérdida o disminución de beneficios, relacionados a los flujos de servicios ecosistémicos que provee el capital natural a la sociedad, lo que implica la necesidad de una compensación a la sociedad, equivalente a la pérdida o disminución de beneficios ocasionado con la afectación del recurso, hasta alcanzar un nivel de bienestar comparable al que se disfrutaba antes de su alteración.

Para el cálculo de los costos sociales, se recurre a estimaciones indirectas del valor, donde se utiliza criterios razonables que nos permita su estimación.

Propuesta

Corresponde a la técnica de estimación indirecta del valor denominada “Transferencia de valor”, para estimar el monto de compensación por los servicios ecosistémicos que se vieron perdidos o disminuidos. En este método no se realiza estudios primarios para valorar económicamente los servicios ecosistémicos, para lo que se recurre al uso de información secundaria.

La propuesta, corresponde a una transferencia del tipo temporal, donde los estudios se ubica en diferentes momentos en el tiempo; bajo el enfoque de la “Transferencia de valor unitario”, que consiste en la toma de un solo estudio de la documentación y literatura recolectada, que es similar al sitio de política y transferir un único punto de estimación, ajustado por el índice de precios al consumidor (IPC).

Esta técnica puede ser tan acertada solamente en la medida del estudio original, por lo que se debe hacer énfasis en su selección. Se aclara que, aunque no existen criterios oficiales para la aplicación del método de transferencia de valor, diferentes autores han

propuesto criterios con el objetivo de reducir las fuentes de error en su aplicación, por lo que se recomienda su verificación:

- ✓ El estudio de valoración original, debe estar basado en información adecuada, un método económico robusto y una correcta técnica empírica.
- ✓ La población en ambos sitios debe ser similar.
- ✓ Los servicios ecosistémicos y el cambio en la provisión de niveles deben ser similares en los diferentes sitios.
- ✓ Los sitios en los que los servicios ecosistémicos son provistos deben ser lo más similares posible.
- ✓ Los mercados construidos deben ser los mismos en cada sitio.

La “trasferencia temporal” de los valores de los servicios ecosistémicos del sitio de estudio al sitio de política; requiere de ajuste. Se propone la metodología del valor presente por IPC:

Mediante fórmula matemática, se “trae” los montos estimados del estudio seleccionado, deflactando dichos valores por IPC.

$$\text{Valor presente} = \frac{P * IP^P}{IP^A}$$

Fórmula para el valor presente.

Fuente: Segura, Moreno, Hernández & Muñoz, 2017.

Donde:

P = Valor pasado que se desea traer a precios actuales.

IP^P = Índice de precios presente, es decir, aquel al que se desea traer a valor del año de referencia.

IP^A = Índice de precios anterior, es decir, aquel al año al que pertenece P .

Finalmente, se aplica los montos resultantes de la transferencia de valor del estudio original, durante el tiempo de restauración del recurso afectado; obteniéndose el costo

social correspondiente a la compensación por los beneficios perdidos durante el tiempo que tarde la recuperación del recurso.

3. Otros gastos asociados

Corresponde a la cuantificación de los gastos de atención y gestión del incendio que, de no haber ocurrido el incidente, no se habría incurrido en estos. Se puede incluir acá: tiempo de bomberos y personal involucrado, combustibles, deterioro de vehículos y maquinaria, viáticos, alquileres, insumos médicos, etc.

Gastos de gestión del incendio				
Acciones de gestión	Unidad de medida	Precio	Cantidad	Costo Total
Acción 1				
Acción 2				
Acción 3				
Acción 4				
TOTAL POR GASTOS DE GESTIÓN:				

Figura 77: Tabla propuesta para el cálculo de los gastos de gestión al incendio.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.

4. Evaluación económica del daño ambiental

La estimación del Costo Total (CT) del daño ambiental; corresponde a la suma del costo biofísico dado por el Costo de Restauración (CR), el aspecto social representado con el Costo Social (CS) y Otros Costos (OC) asociados a los gastos de atención del incendio (Barrantes, 2011):

$$CT = CR + CS + OC$$

Fórmula del Costo Total del daño ambiental.

Fuente: Adaptado de Barrantes, 2011.