

# ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>III. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1. Sistema de Información Geográfica (SIG).....	4
3.1.1. Componente de un SIG.....	6
3.2. Modelos de Representación Espacial de un SIG.....	7
3.2.1. Modelos ráster.....	8
3.2.2. Modelos vectoriales.....	9
3.2.3 Comparación entre los modelos de datos ráster y vectorial.....	10
3.3. Funciones de los SIG.....	11
3.3.1. Entrada de datos.....	12
3.3.2. Gestión de datos.....	12
3.3.3. Transformación y análisis de los datos.....	12
3.3.4. Salida de datos.....	12
3.4. Antecedentes Generales de SIG.....	12
3.4.1 ILWIS (Integrated Land and Water Information System).....	12
3.4.1.1. Requisitos de sistema ILWIS.....	14
3.4.2. IDRISI.....	14
3.4.2.1. Requisitos de sistema IDRISI.....	15
3.5. Evaluación Multicriterio (EMC).....	16
3.5.1. Principios básicos del EMC.....	16
3.5.2. Componentes de la EMC.....	18

3.5.3. Métodos de evaluación multicriterio.....	19
3.5.3.1. Método de la jerarquías analíticas (MJA) de Saaty.....	19
3.5.3.2. Normalización de los valores de asignación.....	20
3.5.3.3. Método de sumatoria lineal ponderada (SLP) como regla de decisión.....	20
3.5.4. Integración de la EMC y los SIG.....	20
3.6. Incendios Forestales.....	22
3.6.1. Tipos de incendios forestales.....	23
3.6.2. Causas de incendios.....	24
<b>IV. METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
4.1. Zona de Estudio.....	27
4.1.1. Límites administrativos.....	28
4.1.2. Vías de acceso.....	28
4.1.3. Características principales de Predio el Picazo.....	29
4.2. Materiales.....	30
4.3. Comparación de Software ILWIS e IDRISI.....	30
4.4. Determinación de Zonas con Riesgo de Incendio Forestal.....	31
4.4.1. Área de trabajo.....	31
4.5. Determinación de Variables en Estudio.....	32
4.6. Determinación de Criterios.....	34
4.6.1. Cobertura vegetal (combustible vegetal).....	34
4.6.2. Topografía del terreno.....	34
4.6.2.1. Pendiente del terreno.....	35
4.6.2.2. Orientación de laderas (exposición).....	35
4.6.2.3. Altitud del terreno.....	35
4.6.3 Criterios antrópicos.....	36
4.6.3.1. Proximidad a zonas de camping y recreación.....	36
4.6.3.2. Proximidad a caminos.....	36

4.6.3.3. Proximidad a sitios poblados.....	37
4.6.4. Actividad forestal.....	37
4.7. Definición de Limitantes Asociadas.....	37
4.7.1. Red hidrográfica.....	38
4.7.2. Sitios sin cobertura vegetal.....	38
4.8. Procesamiento de la Base de Datos Digital.....	38
4.8.1. Importación de la base de datos digitales.....	39
4.8.2. Rasterización de los archivos vectoriales.....	42
4.9. Definición de Alternativas para cada Criterio.....	46
4.9.1. Cobertura vegetal.....	46
4.9.2. Obtención del Modelo Digital del Terreno (MDT).....	48
4.9.2.1. Pendiente del terreno.....	49
4.9.2.2. Orientación de laderas (exposición).....	50
4.9.2.3. Altitud del terreno.....	51
4.9.3. Causas antrópicas.....	52
4.9.3.1. Proximidad a zonas de camping y recreación.....	52
4.9.3.2. Proximidad a caminos.....	54
4.9.3.3. Proximidad a sitios poblados.....	54
4.9.4. Actividad forestal.....	55
4.10. Habilitación de Limitantes.....	55
4.10.1. Red hidrológica.....	55
4.10.2. Sitios sin cobertura vegetal.....	56
4.11. Evaluación Multicriterio.....	57
4.11.1. Método de las jerarquías analíticas como respuesta a la asignación de pesos.....	57
4.11.2. Estructuración del método.....	58
4.11.2.1. Descomposición.....	58
4.11.2.2. Priorización y juicio comparativo.....	59
4.11.2.3. Síntesis de prioridades.....	62

4.11.2.4. Normalización de los valores de asignación.....	66
4.12. Aplicación de Método Sumatoria Lineal Ponderada (como regla de decisión).....	67
4.13. Asignación de Categorías para Riesgo Incendio Forestal.....	70
<b>V. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
5.1. Operatividad en Evaluación Multicriterio con Software ILWIS e IDRISI.....	71
5.1.1. Síntesis de funciones empleadas en procesamiento de base de datos.....	71
5.1.2. Síntesis de funciones empleadas para obtención de MDT.....	73
5.1.3. Síntesis de funciones empleadas en alternativas para coberturas en área de estudio.....	73
5.1.4. Síntesis de funciones empleadas para habilitación de limitantes.....	77
5.1.5. Síntesis de funciones empleadas para evaluación multicriterio.....	78
5.2. Resultados.....	80
5.2.1. Síntesis de pesos ( $W_j$ ) para criterios en zona de estudio.....	80
5.2.2. Síntesis de pesos ( $W_{ij}$ ) para alternativas de criterios evaluados en zona de estudio.....	82
5.2.3. Síntesis categorización de riesgo incendio forestal.....	86
5.2.4. Presición geométrica.....	87
5.3. Implementación y Mantenición.....	88
5.3.1. Costos.....	89
5.3.2. Soporte técnico.....	89
5.3.3. Material de apoyo.....	90
5.3.4. Actualizaciones. ....	91
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>
<b>VIII. APÉNDICES.....</b>	<b>98</b>
8.1. Matrices Evaluación Equipo Expertos.....	98

8.2. Distribución de Vegetación Existente en Predio El Picazo.....	108
8.3. Categorización de Riesgo Incendio Forestal con Software ILWIS, en Predio el Picazo.....	109
8.4. Categorización de Riesgo Incendio Forestal con Software ILWIS, en Área de Estudio.....	110
8.5. Categorización de Riesgo Incendio Forestal con Software IDRISI, en Área de Estudio.....	111
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>112</b>
9.1. Distribución Regional de la Ocurrencia de Incendios según causas General, Periodo 2003-2011.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 1: Modelamiento del terreno por medio de SIG.....	5
Figura N°2: Componentes de un Sistema de Información Geográfica.....	7
Figura N° 3: Estructuras ráster.....	8
Figura N°4: Estructuras vectoriales.....	10
Figura N° 5: Matriz de evaluación.....	17
Figura N° 6: Componentes de EMC en el entorno de los SIG.....	19
Figura N° 7: Componentes del Triangulo del fuego.....	22
Figura N° 8: Tipos de incendios forestales.....	24
Figura N° 9: Zona de estudio.....	27
Figura N° 10: Estructura jerárquica de estudio.....	33
Figura N° 11: Modulo importar archivo vectorial ILWIS.....	39
Figura N° 12: Modulo importar archivo vectorial IDRISI.....	40
Figura N° 13: Iconos crear nuevo Sistema de Coordenadas ILWIS.....	41
Figura N° 14: Rasterización de coberturas vectorial a SIG ILWIS .....	42
Figura N° 15: Función Rasterize Segment to raster para rasterizar las coberturas digitales.....	43
Figura N° 16: Definición archivo espacial ráster con Función INITIAL.....	44
Figura N° 17: Rasterización de archivos vectoriales mediante RASTERVECTOR.....	45
Figura N° 18: Coberturas vegetacionales en zona de estudio.....	47
Figura N° 19: Modelo Digital del Terreno (MDT), zona de estudio.....	48
Figura N° 20: Fórmula de cálculo de pendiente.....	49
Figura N° 21: Función de Distancia software ILWIS.....	52

Figura N° 22: Función de agrupación de distancias software ILWIS e IDRISI.....	53
Figura N° 23: Cobertura binaria de limitantes red hidrológica.....	56
Figura N° 24: Jerarquización del problema a evaluar.....	58
Figura N° 25: Matriz madre, establecida para la evaluación de los criterios en el estudio.....	59
Figura N° 26: Matriz de evaluación, establecida para la comparación de alternativas correspondientes al criterio A.....	60
Figura N° 27: Escala de valores empleada en la comparación, establecida por MAJ.....	60
Figura N° 28: Matriz ejemplo, asignando un juicio de valor de importancia.....	61
Figura N° 29: Matriz madre, contiene juicio de valor ( $A_{ij}$ ) y peso de los factores ( $W_j$ ).....	62
Figura N° 30: Matriz del criterio exposición, contiene juicios de valor ( $A_{ij}$ ) y pesos para cada alternativa ( $W_{ij}$ ) .....	63
Figura N° 31: Cuadro de resultados para método de comparación por pares (Saaty).....	64
Figura N°32: Ventana principal SMCE, ILWIS.....	65
Figura N° 33: Función WEIGHT, IDRISI.....	66
Figura N° 34: Modulo MCE, IDRISI.....	68
Figura N° 35: Riesgo de incendio forestal, utilizando sumatoria lineal ponderada como regla de decisión. ....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1: Funciones empleadas para importar coberturas a respectivos software.....	71
Cuadro N°2: Funciones empleadas para rasterizar coberturas en software ILWIS.....	72
Cuadro N°3: Funciones empleadas para rasterizar coberturas en software IDRISI.....	72
Cuadro N°4: Funciones empleadas para realizar un Modelo Digital del Terreno (MDT) para respectivos software. ....	73
Cuadro N°5: Función empleada para alternativas incluidas en criterios de cobertura vegetal en software ILWIS.....	74
Cuadro N°6: Funciones empleadas para alternativas incluidas en los criterios de topografía del terreno en software ILWIS.....	74
Cuadro N°7: Funciones empleadas para alternativas incluidas en los criterios de topografía en software IDRISI.....	75
Cuadro N°8: Funciones empleadas para alternativas incluidas en los criterios de causas antrópicas para respectivos software.....	76
Cuadro N°9 Funciones empleadas para alternativas incluidas en criterio actividad forestal en respectivos software.....	76
Cuadro N° 10: Funciones empleadas en criterios limitantes para respectivos software ILWIS e IDRISI.....	77
Cuadro N°11: Funciones empleadas para Evaluación Multicriterio en software ILWIS (SMCE).....	78
Cuadro N°12: Funciones empleadas para Evaluación Multicriterio en software ILWIS (MCE) .....	79
Cuadro N°13: Pesos de importancia por experto y promedio de criterios usados en estudio, software ILWIS.....	80

Cuadro N°14: Pesos de importancia por experto y promedio de criterios usados en estudio, software IDRISI.....	81
Cuadro N°15: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Cobertura vegetal.....	82
Cuadro N°16: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Pendiente del terreno.....	83
Cuadro N°17: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Orientación de laderas.....	83
Cuadro N°18: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Altitud del terreno.....	84
Cuadro N°19: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio.....	84
Cuadro N°20: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Proximidad a caminos.....	85
Cuadro N°21: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Proximidad a sitios poblados.....	85
Cuadro N°22: Pesos de importancia promedio y normalización de alternativas en criterio Actividad forestal.....	85
Cuadro N°23: Capacidad de riesgo incendio forestal en área de estudio.....	86
Cuadro N°24. Costos adquisición de licencia.....	88