



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS,

PECUARIAS Y FORESTALES

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



**PERCEPCIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN LA FORMACIÓN FORESTAL**

Pasantía para obtener el título de
Técnico Superior Forestal

ESTUDIANTE: Henry Churqui Inca

TUTOR: Ing. Edilberto Rojas Espinoza

Cochabamba – Bolivia

2025

RESUMEN

PERCEPCIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA FORMACIÓN FORESTAL. La presente investigación aborda el debate educativo actual entre el uso de herramientas académicas que exigen procesos manuales y transparentes, frente a herramientas comerciales altamente automatizadas. Su objetivo principal fue evaluar comparativamente cómo influye el uso de ILWIS 3.3 frente a ArcGIS 10.8 en el aprendizaje y desarrollo de competencias técnicas de los estudiantes de la Escuela de Ciencias Forestales (ESFOR) de la Universidad Mayor de San Simón. La metodología empleada tuvo un enfoque mixto y alcance comparativo; para ello, se implementó una Guía Técnica estandarizada en ambos entornos y se evaluó el desempeño y la percepción estudiantil triangulando datos obtenidos mediante la aplicación de cuestionarios, entrevistas, grupos focales y un registro detallado de las incidencias procedimentales ocurridas durante las prácticas. Los resultados revelaron una contradicción importante: aunque ArcGIS fue ampliamente preferido por los estudiantes debido a su interfaz moderna y amigable, el uso de ILWIS generó una comprensión mucho más profunda de la lógica de los procesos, reduciendo significativamente los errores técnicos y conceptuales en los resultados finales. Se concluye que la automatización excesiva en etapas tempranas puede crear una falsa sensación de dominio que limita el aprendizaje profundo. Como solución, se plantea una Estrategia de Enseñanza Escalonada, proponiendo iniciar la formación con ILWIS para consolidar el razonamiento analítico necesario en ingeniería, para luego transicionar hacia ArcGIS y aprovechar su eficiencia profesional.

Palabras clave: Educación en Ingeniería, SIG, Usabilidad, ILWIS, ArcGIS.

ABSTRACT

PERCEPTIONS ON THE APPLICATION OF TWO GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN FORESTRY TRAINING. This research addresses the current educational debate between using academic tools that require manual and transparent processes versus highly automated commercial tools. Its main objective was to comparatively evaluate how the use of ILWIS 3.3 versus ArcGIS 10.8 influences the learning and development of technical competencies in students at the School of Forest Sciences (ESFOR) of the University Mayor de San Simón. The methodology employed a mixed approach and comparative scope; for this purpose, a standardized Technical Guide was implemented in both environments, and student performance and perception were evaluated by triangulating data obtained through questionnaires, interviews, focus groups, and a detailed registry of procedural incidents occurring during practice sessions. The results revealed an important contradiction: although ArcGIS was widely preferred by students due to its modern and user-friendly interface, the use of ILWIS generated a much deeper understanding of the logic of the processes, significantly reducing technical and conceptual errors in the final results. It is concluded that excessive automation in early stages can create a false sense of mastery that limits deep learning. As a solution, a Staged Teaching Strategy is proposed, suggesting to start training with ILWIS to consolidate the analytical reasoning necessary in engineering, followed by a transition to ArcGIS to leverage its professional efficiency.

Keywords: Engineering Education, GIS, Usability, ILWIS, ArcGIS.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes y Contexto

La ingeniería forestal moderna ha experimentado una transformación radical gracias a la tecnología. Hoy en día, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la columna vertebral de la profesión: desde el monitoreo de la deforestación hasta la planificación de caminos y cuencas, casi ninguna decisión forestal se toma sin un mapa digital de por medio. Por tanto, la universidad tiene la responsabilidad de formar ingenieros que no solo sepan "manejar el programa", sino que entiendan la ciencia detrás de los datos.

Sin embargo, la enseñanza de esta materia vive una tensión constante. Por un lado, el mercado laboral presiona para que los estudiantes dominen el software comercial de última generación (como ArcGIS), valorando la rapidez y la calidad visual de los mapas. Por otro lado, los docentes y académicos advierten sobre un riesgo creciente: el aprendizaje mecánico. Esto ocurre cuando el estudiante memoriza qué botones presionar para obtener un resultado, pero desconoce los principios matemáticos y geodésicos que hacen posible ese resultado.

En la Escuela de Ciencias Forestales (ESFOR) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), esta disyuntiva es una realidad cotidiana. Históricamente, la enseñanza se ha debatido entre dos enfoques: utilizar herramientas clásicas y transparentes (como ILWIS), que obligan al estudiante a construir las fórmulas paso a paso, o migrar hacia herramientas modernas y automatizadas (como ArcGIS), que agilizan el trabajo pero ocultan los cálculos internos. Esta dualidad plantea una pregunta fundamental para la carrera: ¿Debemos priorizar la facilidad de uso y la estética, o debemos priorizar el rigor lógico, aunque la herramienta sea difícil de usar?

Planteamiento del Problema

El avance de la tecnología ha creado una paradoja en las aulas: los software actuales son cada vez más fáciles de usar, pero esto no necesariamente significa que los estudiantes estén aprendiendo más.

Al utilizar programas altamente automatizados y visualmente atractivos (ArcGIS), se ha observado que los estudiantes novatos suelen desarrollar una falsa sensación de dominio. Como el software corrige errores automáticamente o no muestra advertencias claras, el estudiante asume que su mapa es correcto simplemente porque "se ve bien". Sin embargo, estos productos pueden esconder errores técnicos graves (como problemas de escalas, unidades incompatibles o

proyecciones erróneas) que un ingeniero no debería pasar por alto, pues podrían llevar a decisiones equivocadas en el manejo de recursos naturales.

En el otro extremo, el uso de software académico más antiguo (ILWIS 3.3) presenta el problema opuesto. Aunque esta herramienta es excelente para enseñar la lógica porque "obliga" al estudiante a escribir las fórmulas manualmente, su interfaz anticuada y su estricta exigencia generan rechazo y frustración. Los estudiantes suelen percibirla como una tecnología obsoleta que no les servirá en su vida laboral, lo que afecta su motivación.

Actualmente, en la ESFOR no existe evidencia concreta sobre cuál de estos dos enfoques es realmente más efectivo para formar ingenieros competentes. Se desconoce si la dificultad del software antiguo actúa como una barrera que impide aprender o si, por el contrario, actúa como un filtro necesario que fortalece el razonamiento.

Ante esta incertidumbre, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera influye el tipo de software (ILWIS 3.3 vs. ArcGIS 10.8) en la curva de aprendizaje, la facilidad de uso percibida y la calidad técnica real de los productos generados por los estudiantes de ingeniería forestal de la ESFOR?

Justificación de la Investigación

La presente investigación se fundamenta en cinco dimensiones críticas que validan su pertinencia científica, técnica, social e institucional.

Justificación Teórica y Académica

Este estudio cuestiona el paradigma educativo actual que asume que "lo más nuevo y fácil es siempre mejor". Aporta evidencia empírica al debate sobre cómo la automatización excesiva del software puede ocultar los procesos de aprendizaje, generando una falsa sensación de competencia en el estudiante. Al demostrar que la dificultad operativa de un software transparente (aunque antiguo) puede obligar al alumno a reflexionar y entender mejor los algoritmos, la investigación revaloriza el rol del esfuerzo consciente en la formación del pensamiento crítico, desafiando la tendencia a facilitar el aprendizaje hasta el punto de volverlo superficial.

Justificación Técnica y Profesional

Para el Ingeniero Forestal, el SIG no es un fin en sí mismo, sino un medio crítico para la toma de decisiones sobre el patrimonio natural (manejo de bosques, cuencas, caminos). Un error

en un mapa, derivado de una mala comprensión del software, puede resultar en pérdidas económicas severas o daños ambientales irreversibles. Esta investigación justifica la necesidad de un modelo formativo que asegure profesionales capaces de auditar sus propios resultados. Se busca formar ingenieros que no sean meros "operadores de botones", sino analistas con criterio técnico capaces de garantizar la integridad y precisión de los proyectos forestales que liderarán.

Justificación Metodológica

La investigación deja un legado tangible para la academia: aporta un instrumento didáctico validado (la Guía Técnica) y una propuesta metodológica innovadora (la Estrategia de Enseñanza Escalonada) que pueden ser replicados o adaptados por otros docentes de la ESFOR y facultades afines. Además, el diseño de evaluación comparativa (que triangula la percepción del estudiante con la calidad técnica real del mapa) ofrece un marco de referencia replicable para evaluar la efectividad de futuras herramientas tecnológicas que se deseen incorporar al currículo.

Justificación Social y Económica (Inclusión Digital)

Desde una perspectiva de equidad educativa, el estudio valida la utilidad de software ligero y de acceso abierto (como ILWIS) que puede ejecutarse eficientemente en equipos de gama baja. Esto es crucial en nuestro contexto, donde no todos los estudiantes tienen acceso a las computadoras de alto rendimiento que exige el software comercial moderno. Demostrar que se puede alcanzar una comprensión profunda de la ciencia geomática con recursos tecnológicos accesibles contribuye a la democratización del conocimiento y reduce la brecha tecnológica.

Relevancia Institucional y Curricular

Finalmente, esta investigación se constituye en un insumo estratégico para la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) y la carrera de Ingeniería Forestal. Los hallazgos obtenidos proporcionan una base científica y objetiva para la futura actualización de la malla curricular, específicamente para la asignatura de "Sistemas de Información Geográfica". La propuesta de un modelo de enseñanza híbrido permite a la universidad alinear sus planes de estudio con las tendencias internacionales, superando la enseñanza basada en modas tecnológicas pasajeras y garantizando un perfil de egreso que equilibre la solidez conceptual académica con la competitividad laboral exigida por el medio.

Objetivos

Objetivo general

Analizar las percepciones de los estudiantes de la ESFOR respecto al uso de los programas ILWIS y ArcGIS en la formación forestal, con el propósito de identificar fortalezas, limitaciones y su contribución al proceso de enseñanza-aprendizaje en el marco de la actualización de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Forestal.

Objetivos específicos

- Elaborar una guía técnica/didáctica de los programas ILWIS y ArcGIS utilizando un mismo caso de estudio, con el fin de establecer una base de criterios comparativa para contrastar sus funcionalidades.
- Analizar las percepciones de los estudiantes respecto al uso de los programas ILWIS y ArcGIS, identificando las ventajas y desventajas que atribuyen a cada sistema en la realización de tareas específicas, con el fin de establecer comparaciones y diferencias a partir de dichas percepciones.
- Proponer recomendaciones metodológicas orientadas a fortalecer las prácticas pedagógicas en la enseñanza de los SIG en la ESFOR, tomando como referencia los hallazgos obtenidos en la investigación.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes y Contexto	1
1.2. Planteamiento del Problema	1
1.3. Justificación de la Investigación	2
1.3.1. Justificación Teórica y Académica	2
1.3.2. Justificación Técnica y Profesional	2
1.3.3. Justificación Metodológica	3
1.3.4. Justificación Social y Económica (Inclusión Digital)	3
1.3.5. Relevancia Institucional y Curricular	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Diseño de Recursos Didácticos en Geomática	5
2.1.2. Sobre la Transición del "Botonismo" al Pensamiento Crítico	6
2.1.3. Estudios Comparativos de Usabilidad: Software Libre vs. Propietario	7
2.1.4. Carga Cognitiva e Interfaces de Usuario (GUI)	8
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. Teoría del Diseño de Material Didáctico	9
2.2.1.1. Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (CTML)	9
2.2.1.2. Instrucción Guiada vs. Descubrimiento	10
2.2.1.3. La Transposición Didáctica en la Enseñanza Técnica	11
2.2.2. Teorías del Aprendizaje y Cognición	12
2.2.2.1. Teoría de la Carga Cognitiva (Cognitive Load Theory)	12
2.2.2.2. Teoría del Fallo Productivo (Productive Failure)	13
2.2.2.3. Zona de Desarrollo Próximo y Andamiaje (Scaffolding)	13
2.2.3. Enfoque Epistemológico: La Tecnología como Herramienta Cognitiva	14
2.2.3.1. Computadoras como Herramientas de la Mente (Mindtools)	14
2.2.3.2. La Dicotomía "Caja Negra" vs. "Caja Blanca"	15

2.2.4.	<i>Modelos de Evaluación de Calidad y Aceptación</i>	16
2.2.4.1.	Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)	16
2.2.4.2.	Estándares ISO de Calidad de Software	17
2.2.5.	<i>Taxonomía de los Objetivos Educativos (Bloom Revisada)</i>	17
2.2.5.1.	La Dimensión del Proceso Cognitivo (La Jerarquía)	18
2.2.5.2.	La Dimensión del Conocimiento (El Contenido)	18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1.	Ubicación	20
3.2.	Materiales y equipos	20
3.3.	Metodología	20
3.3.1.	<i>Fase 1: Elaboración de una guía técnica/didáctica comparativa</i>	20
3.3.1.1.	Selección del Caso de Estudio	20
3.3.1.2.	Descripción del Caso 26	21
3.3.1.3.	Diseño Instruccional y Estructura Modular de la Guía	21
3.3.1.3.1.	Estructura Interna	21
3.3.1.3.2.	Secuenciación Modular	22
3.3.1.4.	Fundamentación teórica del diseño instruccional	22
3.3.2.	<i>Fase 2: Análisis de percepciones de los estudiantes</i>	23
3.3.2.1.	Estrategia de Triangulación Metodológica	24
3.3.2.2.	Caracterización del entorno tecnológico	24
3.3.2.2.1.	Requerimientos de Software:	25
3.3.2.2.2.	Infraestructura Disponible (CENCOFOR)	25
3.3.2.2.3.	Criterio Multidimensional de Estratificación	25
3.3.2.2.4.	Control de la variable tecnológica y análisis del sesgo de hardware	26
3.3.2.3.	Selección y segmentación de la muestra	27
3.3.2.3.1.	Justificación del tamaño muestral	28
3.3.2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.3.2.5.	Validación de instrumentos (Prueba Piloto)	32
3.3.2.6.	Procedimiento de la intervención y recolección de datos	33
3.3.2.7.	Estrategia de análisis y dimensiones de evaluación	34
3.3.2.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36

3.3.2.8.1. Procesamiento Cuantitativo	36
3.3.2.8.2. Procesamiento cualitativo	37
3.3.2.9. Estrategia de presentación de resultados	38
3.3.2.9.1. Evidencia Cuantitativa (El "Qué")	38
3.3.2.9.2. Evidencia Cualitativa (El "Porqué" subjetivo).....	38
3.3.2.9.3. Contextualización Técnica (La Realidad Objetiva)	39
3.3.2.9.4. Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto").....	39
3.3.3. Fase 3: Propuesta de recomendaciones metodológicas.....	39
3.3.3.1. Diseño metodológico.....	39
3.3.3.2. Técnicas e instrumentos utilizados.....	40
3.3.3.3. Procedimiento metodológico.....	40
3.3.3.4. Método de análisis.....	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Guía técnico-didáctica comparativa de ILWIS 3.3 Academic y ArcGis 10.8.2	42
4.1.1. Módulo 1: Preparación del Entorno	43
4.1.1.1. Objetivos de aprendizaje	43
4.1.1.2. Ejecución de Procedimientos	44
4.1.1.2.1. Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic.	44
4.1.1.2.2. Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	44
4.1.1.3. Análisis comparativo de funcionalidades.....	48
4.1.2. Módulo 2: Reclasificación y creación de mapas de riesgos.....	53
4.1.2.1. Objetivos de aprendizaje	54
4.1.2.2. Ejecución de procedimientos (Geología)	54
4.1.2.2.1. Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic.	54
4.1.2.2.2. Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	62
4.1.2.3. Ejecución de procedimientos (Geomorfología).....	67
4.1.2.3.1. Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	67
4.1.2.3.2. Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	72
4.1.2.4. Ejecución de procedimientos (Uso del suelo)	77
4.1.2.4.1. Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	77
4.1.2.4.2. Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	82

4.1.2.5.	Ejecución de procedimientos (Erosión).....	86
4.1.2.5.1.	Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	86
4.1.2.5.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2	91
4.1.2.6.	Análisis comparativo de funcionalidades	95
4.1.3.	<i>Módulo 3: Creación del mapa de pendientes</i>	96
4.1.3.1.	Objetivos de aprendizaje	97
4.1.3.2.	Ejecución de procedimientos.....	97
4.1.3.2.1.	Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	97
4.1.3.2.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	114
4.1.3.3.	Análisis comparativo de funcionalidades	124
4.1.4.	<i>Módulo 4: Visualización en tres dimensiones</i>	126
4.1.4.1.	Objetivos operativos	126
4.1.4.2.	Ejecución de procedimientos.....	126
4.1.4.2.1.	Procedimientos desarrollados en ILWIS 3.3 Academic	127
4.1.4.2.2.	Procedimientos desarrollados en ArcGis 10.8.2.	135
4.1.4.3.	Análisis comparativo de funcionalidades	141
4.1.5.	<i>Módulo 5: Integración de mapas de riesgos</i>	143
4.1.5.1.	Objetivos de aprendizaje	144
4.1.5.2.	Ejecución de procedimientos (Primera combinación).....	144
4.1.5.2.1.	Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	144
4.1.5.2.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	148
4.1.5.3.	Ejecución de procedimientos (Segunda combinación).....	154
4.1.5.3.1.	Procedimientos desarrollados en ILWIS 3.3 Academic	155
4.1.5.3.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	159
4.1.5.4.	Ejecución de procedimientos (Tercera combinación).....	164
4.1.5.4.1.	Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	164
4.1.5.4.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	168
4.1.5.5.	Ejecución de procedimientos (Última combinación)	174
4.1.5.5.1.	Desarrollo de procedimientos en ILWIS 3.3 Academic	174
4.1.5.5.2.	Desarrollo de procedimientos en ArcMap 10.8.2.	179
4.1.5.6.	Análisis comparativo de funcionalidades	185

4.2.	Análisis y discusión sobre las percepciones de los estudiantes	186
4.2.1.	<i>Usabilidad e Interfaz</i>	187
4.2.1.1.	Evidencia Cuantitativa: La brecha de experiencia	187
4.2.1.2.	Evidencia Cualitativa (El "Porqué" subjetivo)	188
4.2.1.2.1.	Estudiantes SIN experiencia previa en ArcGIS	189
4.2.1.2.2.	Estudiantes CON experiencia previa en ArcGIS	190
4.2.1.3.	Contextualización Técnica (La Realidad Objetiva)	191
4.2.1.4.	Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto")	192
4.2.2.	<i>Valor pedagógico</i>	193
4.2.2.1.	Evidencia cuantitativa	193
4.2.2.1.1.	Estudiantes Sin Experiencia previa en ArcGIS:	193
4.2.2.1.2.	Estudiantes Con Experiencia previa en ArcGIS	193
4.2.2.2.	Evidencia Cualitativa	194
4.2.2.2.1.	Estudiantes SIN experiencia previa en ArcGIS	194
4.2.2.2.2.	Estudiantes CON experiencia previa en ArcGIS	195
4.2.2.3.	Contextualización Técnica: La Realidad Objetiva del Aprendizaje	197
4.2.2.4.	Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto")	197
4.2.3.	<i>Fluidez Procedimental</i>	198
4.2.3.1.	Evidencia Cuantitativa (El "Qué")	198
4.2.3.2.	Evidencia Cualitativa (El "Porqué" subjetivo)	200
4.2.3.2.1.	Estudiantes SIN experiencia previa en ArcGIS	200
4.2.3.2.2.	Estudiantes CON experiencia previa en ArcGIS	201
4.2.3.3.	Contextualización Técnica (La Realidad Objetiva)	202
4.2.3.4.	Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto")	202
4.2.4.	<i>Rendimiento y Fiabilidad</i>	203
4.2.4.1.	Evidencia Cuantitativa (El "Qué")	203
4.2.4.2.	Evidencia Cualitativa (El "Porqué" subjetivo)	205
4.2.4.2.1.	La Brecha de Hardware: Ligereza vs. Pesadez	205
4.2.4.2.2.	La Paradoja de la Visualización 3D: Calidad vs. Rendimiento	206
4.2.4.3.	Contextualización Técnica (La Realidad Objetiva)	206
4.2.4.4.	Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto")	207

4.2.5.	<i>Utilidad y Satisfacción Percibida</i>	208
4.2.5.1.	Evidencia Cuantitativa (El "Qué")	208
4.2.5.2.	Evidencia Cualitativa (El "Porqué" subjetivo)	210
4.2.5.2.1.	La Hegemonía del Mercado: "ArcGIS es lo que piden afuera"	210
4.2.5.2.2.	La Satisfacción Intelectual: "Analista" vs. "Aprieta-botones"	210
4.2.5.2.3.	El Rechazo a la Obsolescencia: La Estética como Valor	211
4.2.5.3.	Contextualización Técnica (La Realidad Objetiva)	211
4.2.5.3.1.	La "Satisfacción Cosmética" de ArcGIS (El Falso Éxito)	211
4.2.5.3.2.	La "Insatisfacción Funcional" de ILWIS (El Éxito Invisible)	213
4.2.5.3.3.	La Paradoja de la Estabilidad	214
4.2.5.4.	Síntesis Interpretativa de Idoneidad (El "Veredicto")	214
4.3.	Propuesta Metodológica.....	215
4.3.1.	<i>Matriz FODA pedagógico</i>	215
4.3.2.	<i>Estrategia Híbrida Adaptativa (EHA)</i>	218
4.3.2.1.	Módulo 1: Preparación del Entorno y Gestión de Datos	218
4.3.2.2.	Módulo 2: Reclasificación y Modelado de Atributos.....	219
4.3.2.3.	Módulo 3: Creación de Mapas de Pendientes	219
4.3.2.4.	Módulo 4: Visualización Tridimensional	220
4.3.2.5.	Módulo 5: Integración y Cruce de Mapas	220
4.3.3.	<i>Sistema de Evaluación Integral Diferenciada: La Taxonomía de Bloom en el Modelo Híbrido</i>	221
4.3.3.1.	Fundamentación (Niveles Bajos: Recordar y Comprender).....	221
4.3.3.2.	Procesamiento (Niveles Medios: Aplicar y Analizar).....	222
4.3.3.3.	Maestría (Niveles Altos: Evaluar y Crear)	222
4.3.3.4.	Justificación Pedagógica	223
5.	CONCLUSIONES	224
5.1.	La Paradoja de la Usabilidad y la Carga Cognitiva	225
5.2.	Síntesis: La Necesidad de un Modelo Híbrido en la ESFOR.....	225
6.	RECOMENDACIONES	227
6.1.	Recomendaciones para Futuras Investigaciones	227
6.2.	Recomendaciones a la Escuela de Ciencias Forestales (Institucional)	228

6.3. Recomendaciones Metodológicas y Didácticas (Para el Docente).....	228
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	230

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las computadoras del aula CENCOFOR	25
Tabla 2. Grados de riesgo	58
Tabla 3. Riesgos atribuidos a cada clase geológica.....	60
Tabla 4. Colores asignados para cada riesgo	62
Tabla 5. Riesgos geológicos	65
Tabla 6. Colores atribuidos a los grados de riesgo	66
Tabla 7. Riesgos geomorfológicos	70
Tabla 8. Riesgos geomorfológicos	75
Tabla 9. Grados de riesgo con sus colores asignados	76
Tabla 10. Riesgos asociados a cada unidad de uso de la tierra	80
Tabla 11. Riesgos de uso de la tierra	84
Tabla 12. Colores asignados para cada grado de riesgo	85
Tabla 13. Riesgos de erosión.....	89
Tabla 14. Riesgos de erosión.....	93
Tabla 15. Colores propuestos para los grados de riesgo.....	94
Tabla 16. Clasificación de las pendientes.....	111
Tabla 17. Paleta de colores asignadas a las pendientes	113
Tabla 18. Valores límites de los intervalos de las pendientes	120
Tabla 19. Simbología cromática de las pendientes.....	122
Tabla 20. Riesgos asignados a cada combinación del primer cruce de datos	147
Tabla 21. Riesgos asignados a la primera combinación	151
Tabla 22. Colores asignados a cada categoría de aptitud	153
Tabla 23. Aptitud asignada a la segunda combinación	157
Tabla 24. Riesgos asignados a la combinación dos.....	161
Tabla 25. Riesgos asignados a la tercera combinación	167
Tabla 26. Riesgos asignados a la tercera combinación.	171
Tabla 27. Riesgos asignados a la cuarta combinación.....	176
Tabla 28. Riesgos asignados a la última combinación	181
Tabla 29. Resumen global de promedios y desviaciones estándar por dimensión de análisis.	186
Tabla 30. Análisis FODA pedagógico para ILWIS 3.3 Academic	216
Tabla 31. Análisis FODA para ArcGIS 10.8.....	217
Tabla 32. Matriz de Evaluación del aprendizaje SIG Híbrido	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de la Taxonomía de Bloom Revisada	19
Figura 2. Registro de Incidencias procedimentales	29
Figura 3. Cuestionario de preguntas abiertas y cerradas	30
Figura 4. Guía de entrevista semiestructurada aplicada a los estudiantes	31
Figura 5. Muestra de Matriz de tópicos y preguntas disparadoras para los grupos focales.	32
Figura 6. Ventana "ArcMap – Introducción"	45
Figura 7. Conectar carpeta.....	46
Figura 8. Guardar como.....	47
Figura 9. Establecer el sistema de coordenadas del marco de datos	48
Figura 10. Interfaz principal de ILWIS 3.3 Academic	50
Figura 11. Interfaz de visualización de capas de ILWIS 3.3 Academic.....	51
Figura 12. Interfaz principal de ArcMap 10.8.2	52
Figura 13. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos geológicos.....	55
Figura 14. Ventana Display options	56
Figura 15. Crear dominio.....	57
Figura 16. Agregar categorías al dominio	58
Figura 17. Creación de la tabla de atributos	59
Figura 18. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos geológicos realizado en ArcMap	63
Figura 19. Agregar la capa "GEO"	64
Figura 20. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos geomorfológicos	68
Figura 21. Creación de tabla de atributos	69
Figura 22. Agregar nueva columna en la tabla de atributos	70
Figura 23. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos geomorfológicos.....	71
Figura 24. Agregar la capa "GM"	74
Figura 25. Asignación de etiquetas y colores	77
Figura 26. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos de uso del suelo	78
Figura 27. Crear tabla	79
Figura 28. Agregar nueva columna	80
Figura 29. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos de uso del suelo	82
Figura 30. Agregar la capa "USO" al marco de datos	83
Figura 31. Configuración de etiquetas y colores	86

Figura 32. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos de erosión.....	87
Figura 33. Crear tabla de atributos	88
Figura 34. Agregar nueva columna	89
Figura 35. Esquema metodológico para la creación del mapa de riesgos de erosión.....	91
Figura 36. Agregar capa "EROS"	92
Figura 37. Configuración de la simbología de la capa "EROS"	95
Figura 38. Esquema metodológico para la creación del mapa de pendientes	98
Figura 39. Opciones de visualización de las curvas de nivel	99
Figura 40. Creación del Modelo Digital de Elevación	100
Figura 41. Modelo Digital de Elevación (MDE).....	101
Figura 42. DFDX.....	103
Figura 43. DFDY	105
Figura 44. Map Calculation.....	106
Figura 45. Mapa de pendientes sin recortar.....	108
Figura 46. Crear dominio.....	110
Figura 47. Agregar items o categorías al dominio.....	111
Figura 48. Mapa de pendientes con la nueva paleta de colores.....	114
Figura 49. Esquema metodológico para la creación del mapa de pendientes	115
Figura 50. Agregar la capa de curvas de nivel al marco de datos	116
Figura 51. Modelo Digital de Elevación (MDE).....	117
Figura 52. DEM recortado a los límites de la cuenca.....	118
Figura 53. Herramienta para generar el mapa de pendientes	119
Figura 54. Opción "Clasificar"	120
Figura 55. Ventana de clasificación	121
Figura 56. Simbología de la capa de pendientes	123
Figura 57. Capa final de pendientes	124
Figura 58. Esquema metodológico para la visualización del mapa de sombras en 3D	127
Figura 59. Display 3D	128
Figura 60. Modelo Digital del Terreno.....	129
Figura 61. Crear capa de sombras	131
Figura 62. Recorte con map calculation	132
Figura 63. Opciones de visualización del mapa de sombras	134
Figura 64. Mapa de sombras en 3D.....	135
Figura 65. Esquema metodológico para la visualización del mapa de sombras en 3D.....	136

Figura 66. Creación de la capa de sombras	137
Figura 67. Interfaz principal de ArcScene.....	138
Figura 68. Configurar alturas de base.....	139
Figura 69. Propiedades de la escena.....	140
Figura 70. Vista tridimensional de la capa de sombras	141
Figura 71. Generar tabla y mapa de cruzamiento de datos.....	146
Figura 72. Tabla de atributos	150
Figura 73. Reclasificar los riesgos combinados	152
Figura 74. Simbología configurada adecuadamente.....	154
Figura 75. Generar el cruce 2	156
Figura 76. Reclasificación de la segunda combinación.....	162
Figura 77. Simbología asignada al mapa de riesgos de la segunda combinación	164
Figura 78. Generar el cruzamiento de datos espaciales.....	166
Figura 79. Reclasificación de la tercera combinación	172
Figura 80. Simbología idónea para el mapa de riesgos de la tercera combinación.....	173
Figura 81. Generar la cuarta combinación.....	176
Figura 82. Reclasificación por método de búsqueda de la cuarta combinación.....	183
Figura 83. Simbología configurada adecuadamente.....	184
Figura 84. Comparación de promedios y variabilidad de Usabilidad e Interfaz.	188
Figura 85. Promedios y variabilidad de la dimensión "valor pedagógico".	194
Figura 86. Promedios y variación en la dimensión "Fluidez procedimental"	199
Figura 87. Promedios y variabilidad en la dimensión "Rendimiento y Fiabilidad"	204
Figura 88. Promedios y variaciones en la dimensión "Utilidad y satisfacción percibida"	209