

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>IX</b>
<b>Resumen</b>	<b>x</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
1.1. Contexto del proyecto . . . . .	11
1.2. Trabajo relacionado . . . . .	12
1.3. Definición del problema . . . . .	12
1.4. Propuesta de solución . . . . .	13
1.5. Hipótesis . . . . .	14
1.6. Objetivos . . . . .	14
1.7. Alcances . . . . .	14
<b>2. Marco teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Sistemas de Información Geográfica . . . . .	15
2.1.1. Componentes de un SIG . . . . .	16
2.1.2. Tipos de datos en los SIG . . . . .	17
2.1.3. Funcionalidades de un SIG . . . . .	21
2.1.4. Aplicaciones de los SIG . . . . .	22
2.2. Sistemas de referencia y proyecciones terrestres . . . . .	22
2.2.1. Sistema de Referencia . . . . .	22
2.2.2. Proyecciones Terrestres . . . . .	23
2.2.3. NAD83 . . . . .	26
2.3. Teledetección . . . . .	26

2.3.1.	Imágenes Satelitales . . . . .	27
2.3.2.	Satélite LANDSAT . . . . .	27
2.3.3.	Índice Normalizado Diferencial de Vegetación . . . . .	30
2.4.	Arquitectura Cliente-Servidor . . . . .	31
2.4.1.	Base de datos espaciales . . . . .	31
2.4.2.	Servidor de mapas . . . . .	32
2.5.	Aflatoxinas . . . . .	33
2.5.1.	Antecedentes generales . . . . .	33
2.5.2.	Condiciones principales de crecimiento . . . . .	34
2.5.3.	Enfermedades . . . . .	34
2.6.	Sistema existente . . . . .	35
2.6.1.	GPSaflatoxin . . . . .	35
2.7.	Resumen . . . . .	36
<b>3.</b>	<b>Análisis del Problema</b>	<b>37</b>
3.1.	Definición del problema . . . . .	37
3.1.1.	¿Cómo se comprueba la presencia de aflatoxinas en el maíz? . . . . .	37
3.1.2.	Análisis Espacio-Temporal . . . . .	38
3.2.	Solución . . . . .	47
3.2.1.	Justificación . . . . .	48
3.2.2.	Funcionalidades básicas del sistema . . . . .	50
3.3.	Resumen . . . . .	51
<b>4.</b>	<b>Metodología</b>	<b>52</b>
4.1.	Introducción . . . . .	52
4.2.	Scrum . . . . .	53
4.2.1.	Eventos . . . . .	53
4.2.2.	Equipo Scrum . . . . .	53
4.3.	Aplicación de la Metodología en el proyecto. . . . .	54
4.3.1.	Etapas de desarrollo . . . . .	55
4.4.	Resumen . . . . .	56
<b>5.</b>	<b>Diseño de la solución</b>	<b>57</b>
5.1.	Herramientas . . . . .	57
5.1.1.	Herramientas de desarrollo . . . . .	57

5.1.2.	Herramientas de control . . . . .	58
5.1.3.	Herramientas de visualización . . . . .	58
5.2.	Historias de Usuario . . . . .	60
5.3.	Diseño de la Arquitectura . . . . .	61
5.3.1.	Arquitectura . . . . .	61
5.4.	Diseño de la Base de Datos . . . . .	63
5.4.1.	Modelo entidad-relación y modelo relacional . . . . .	63
5.4.2.	Entidades . . . . .	66
5.5.	Diseño de la Interfaz de Usuario . . . . .	68
5.6.	Resumen . . . . .	70
<b>6.</b>	<b>Desarrollo de la solución</b>	<b>71</b>
6.1.	Instalación y configuración . . . . .	71
6.1.1.	PostgreSQL/PostGIS . . . . .	71
6.1.2.	Geoserver . . . . .	72
6.2.	Implementación de la Base de datos . . . . .	74
6.2.1.	Pre-procesamiento de los datos . . . . .	74
6.3.	Generación de Mapas . . . . .	76
6.3.1.	Mapas de Nivel de Aflatoxinas, Temperatura y Precipitaciones	77
6.3.2.	Mapa de Tipos de Suelo . . . . .	79
6.3.3.	Mapa de cultivos de maíz . . . . .	82
6.3.4.	Mapa de riesgo por condado . . . . .	83
6.3.5.	Mapa de NDVI . . . . .	84
6.4.	Implementación del cliente web . . . . .	85
6.4.1.	Interfaz . . . . .	85
6.4.2.	Diseño del Mapa base . . . . .	86
6.4.3.	Controles . . . . .	88
6.5.	Visualización de Mapas . . . . .	91
6.6.	Resumen . . . . .	95
<b>7.</b>	<b>Pruebas</b>	<b>96</b>
7.1.	Introducción . . . . .	96
7.2.	Datos de Prueba . . . . .	96
7.3.	Resultados . . . . .	98

7.3.1. Nivel de Aflatoxinas . . . . .	98
7.3.2. Riesgo Total . . . . .	99
7.4. Resumen . . . . .	102
<b>8. Conclusiones</b>	<b>103</b>
8.0.1. Trabajo futuro . . . . .	104
<b>Glosario</b>	<b>106</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>108</b>
<b>Anexos</b>	
<b>A: Consultas SQL</b>	<b>113</b>
A.1. Aflatoxinas, Temperatura y Precipitaciones . . . . .	113
A.2. Tipos de suelo . . . . .	114
A.3. Riesgo Total . . . . .	116
<b>B: Proceso de calculo de NDVI</b>	<b>119</b>
<b>C: Archivos SLD</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Representación del mundo mediante capas. . . . .	16
2.2. Modelos de datos Vectorial y Raster . . . . .	19
2.3. Imagen satelital de Chicago, capturada por el Landsat 7 . . . . .	20
2.4. Sistema de referencia basado en coordenadas geográficas . . . . .	23
2.5. Proyecciones más comunes: cilíndrica, cónica y planar . . . . .	24
2.6. División de Estados Unidos en zonas UTM . . . . .	26
2.7. Captura de la plataforma web GPSaflatoxin . . . . .	36
3.1. Imagen Raster del estado de Georgia . . . . .	39
3.2. Imagen parcial de los cultivos del estado de Georgia . . . . .	41
3.3. Imagen satelital capturada por el Landsat 5 correspondiente a la banda 5 . . . . .	42
3.4. Mapa del estado de Georgia a partir de un archivo Shapefile . . . . .	46
3.5. Ejemplo de representación de temperaturas en un mapa . . . . .	49
3.6. Ejemplo de un mapa para representar la cantidad de aflatoxinas por condado . . . . .	50
5.1. Proceso básico para la generación y visualización de datos en forma de mapas. . . . .	61
5.2. Arquitectura del sistema y herramientas utilizadas. . . . .	62
5.3. Modelo Entidad-Relación. . . . .	64
5.4. Modelo Relacional. . . . .	65
5.5. MockUp de la interfaz de usuario. . . . .	69
6.1. Proceso de generación de mapas mediante consultas SQL . . . . .	78
6.2. Shapefile con los tipos de suelo. . . . .	80
6.3. Resultado del procesamiento de los datos de los tipos de suelo. . . . .	81
6.4. Interfaz del cliente web para la visualización de mapas. . . . .	85
6.5. Visualización de un mapa básico con Openlayers. . . . .	87
6.6. Imagen del control LayerSwitcher. . . . .	88
6.7. Imagen del control Slider Range para la opacidad. . . . .	90
6.8. Imagen del control Mouse Position. . . . .	90

6.9. Imagen del control Overview Map. . . . .	91
6.10. Formulario de generación de mapas de nivel de aflatoxinas. . . . .	92
6.11. Resultado final del proceso de generación de un mapa de aflatoxinas. . . . .	95
7.1. Mapa de los diez condados seleccionados para las pruebas. . . . .	97
7.2. Mapa del nivel de Aflatoxinas para los 10 condados de prueba. . . . .	98
7.3. Mapa del nivel de riesgo asociado a la cantidad Aflatoxinas para los 10 condados de prueba. . . . .	99
7.4. Mapa del riesgo total por condado. . . . .	101
7.5. Mapa del riesgo total por condado por número factores. . . . .	101
B.1. Raster parcial capturado por el satélite Landsat 5. . . . .	120
B.2. Mezclado de las imágenes parciales para la banda 3 y 4. . . . .	121
B.3. Cálculo del NDVI con los raster generados. . . . .	122
B.4. Proceso de filtrado poligonizado de los cultivos de maíz. . . . .	123
B.5. Raster correspondiente al NDVI para los cultivos de maíz. . . . .	124
C.1. Resultado del archivo SLD. . . . .	126

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Cuadro con los tipos de bandas espectrales con las que opera LAND-SAT, junto a sus principales aplicaciones . . . . .	29
3.1. Cuadro correspondiente a un extracto de los datos tabulados de lluvia y temperatura del estado de Georgia desde el año 1977 . . . . .	43
3.2. Cuadro parcial con los datos contenidos en el Shapefile de condados. .	44
7.1. Conjunto de datos para las pruebas. . . . .	97
7.2. Cuadro correspondiente al resultado del procesamiento de los datos de prueba . . . . .	100