

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN .....	8
AGRADECIMIENTOS .....	10
LOS AUTORES .....	11
INTRODUCCIÓN. CENTROAMÉRICA: UNA REGIÓN DE MÚLTIPLES AMENAZAS Y ALTA VULNERABILIDAD. ALGUNOS APUNTES CONCEPTUALES.....	17
Ángel María Ibarra Turcios	
I. Introducción.....	17
II. Región de múltiples amenazas .....	20
A) Amenazas naturales.....	21
A.1) Amenazas hidrometeorológicas o climáticas.....	21
A.2) Amenazas geológicas .....	22
B) Amenazas socionaturales.....	22
C) Amenazas antrópicas .....	23
III. Los desastres son construidos socialmente.....	23
IV. ¿Qué son los desastres y cómo se generan?.....	25
V. ¿Qué son los riesgos, las amenazas y la vulnerabilidad?.....	26
VI. Referencias.....	28
CAPÍTULO 1. VOLCANISMO Y SISMICIDAD.....	29
Benjamin van Wyk de Vries, Daniel Andrade	
1.0 Introducción .....	29
1.1 ¿Qué es un volcán? .....	30
1.1.1 Tipos de actividad volcánica .....	37
1.1.1.1 Fumarolas .....	37
1.1.1.2 Gases volcánicos .....	37
1.1.1.3 Ceniza y tefra .....	38
1.1.1.4 Erupciones freáticas.....	39
1.1.1.5 Erupciones freatomagmáticas.....	39
1.1.1.6 Erupciones estrombolianas.....	39
1.1.1.7 Erupciones vulcanianas.....	40
1.1.1.8 Erupciones plinianas.....	42

1.1.1.9 Coladas de lava.....	42
1.1.1.10 Flujos piroclásticos.....	43
1.1.1.11 Lahares.....	44
1.1.1.12 Inundaciones.....	44
1.1.1.13 Deslizamientos.....	45
1.1.2 Tipos de volcanes.....	45
1.2 Temblores de tierra y sismos.....	46
1.2.1 Tipos de sismos.....	46
1.2.1.1 Sismos tectónicos.....	46
1.2.1.2 Sismos volcano-tectónicos.....	46
1.2.1.3 Tremor.....	47
1.2.2 Tamaño de un sismo.....	48
1.2.3 Fallas.....	48
1.2.4 Peligros sísmicos.....	49
1.2.5 Mitigación del peligro sísmico.....	50
1.3 Referencias.....	51

## **CAPÍTULO 2. LOS RIESGOS GEOLÓGICOS EN EL SISTEMA DE CUENCA:**

### **PROCESOS FLUVIALES Y GRAVITACIONALES.....53**

Josep Mas-Pla, Joan Bach Plaza

2.0 Introducción.....	53
2.1 El concepto de riesgo geológico.....	55
2.2 Riesgos asociados a procesos fluviales.....	58
2.2.1 La generación de escorrentía. El hidrograma.....	58
2.2.2 La medida del caudal: aforos.....	60
2.2.3 Estimación de los caudales máximos.....	62
2.2.4 Dinámica y morfología fluviales.....	64
2.3 Riesgos asociados a procesos gravitacionales.....	69
2.3.1 Tipos de vertientes: laderas y taludes.....	70
2.3.2 Propiedades geotécnicas de los materiales geológicos.....	71
2.3.3 Factores influyentes en la estabilidad de vertientes.....	71
2.3.4 Tipología y clasificación de los movimientos gravitacionales.....	72
2.3.5 Metodología de análisis del riesgo asociado a procesos gravitacionales.....	73
2.4 Riesgo geológico en Centroamérica.....	76
2.5 Referencias.....	78

**CAPÍTULO 3. LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL SISTEMA CUENCA:  
DISPONIBILIDAD Y CALIDAD .....81**

Joan Bach Plaza, Josep Mas-Pla

3.0	Introducción .....	81
3.1	El ciclo del agua .....	82
3.2	Recursos hídricos en el sistema cuenca .....	84
3.2.1	Balance hídrico en el sistema cuenca .....	84
3.2.2	Ciclo del agua en una cuenca.....	85
3.2.3	Balance hídrico de una cuenca en condiciones naturales .....	86
3.2.4	Intervención humana en el balance hídrico de una cuenca.....	88
3.2.5	La cuenca hidrográfica y la cuenca hidrogeológica .....	90
3.2.6	El caudal mínimo o de conservación (caudal ecológico).....	91
3.3	Usos del agua .....	91
3.3.1	Usos consuntivos.....	92
3.3.2	Usos no consuntivos.....	94
3.4	Elementos del balance hídrico.....	95
3.4.1	Precipitaciones y cálculo de aportes.....	95
3.4.2	Evapotranspiración.....	97
3.4.3	Circulación superficial .....	99
3.4.3.1	Escorrentía .....	99
3.4.3.2	Medida del caudal o aforo .....	101
3.4.3.3	Hidrograma.....	103
3.5	Nociones geológicas básicas.....	106
3.6	Las aguas subterráneas.....	108
3.6.1	El agua en el subsuelo: porosidad y permeabilidad.....	109
3.6.2	Acuíferos .....	111
3.6.3	Movimiento del agua subterránea.....	113
3.6.4	Extracción del agua subterránea.....	115
3.6.5	Impactos derivados de la explotación de aguas subterráneas.....	116
3.7	Calidad de las aguas y contaminación .....	117
3.8	Referencias .....	122

**CAPÍTULO 4. EROSIÓN: EVALUACIÓN DEL RIESGO EROSIVO  
Y PRÁCTICAS DE PROTECCIÓN DEL SUELO .....125**

Josep Maria Alcañiz

4.0	Introducción .....	125
4.1	Los costes de la erosión.....	126
4.2	Tipos de erosión .....	127

4.3 Tasas de erosión tolerables .....	128
4.4 Procesos que intervienen en la erosión hídrica.....	130
4.4.1 Erosión por salpicadura (splash) .....	130
4.4.2 Erosión laminar (sheet erosion) .....	130
4.4.3 Erosión por escorrentía concentrada .....	132
4.4.4 Erosión por flujo subsuperficial (Piping) .....	133
4.5 Movimientos en masa.....	133
4.6 Erosión por laboreo (tillage erosion) .....	134
4.7 Modelos para estimar las pérdidas de suelo .....	134
4.7.1 Ecuación universal de la pérdida de suelo y sus versiones actualizadas.....	135
4.7.1.1 Estructura de la USLE .....	135
4.7.1.2 Factor erosividad de la lluvia (factor R).....	136
4.7.1.3 Factor K - erosionabilidad (erodibility).....	138
4.7.1.4 Factores topográficos (S, L) .....	138
4.7.1.5 Factor cubierta del suelo (C) .....	139
4.7.1.6 Factor prácticas de protección del suelo (P) .....	139
4.7.2 Modelos derivados, la RUSLE y la MUSLE .....	139
4.8 Prácticas de conservación de suelos .....	140
4.8.1 Terrazas y bancales .....	141
4.8.1.1 Cálculo del espaciamiento de las terrazas .....	142
4.8.1.2 Movimientos de tierras para la construcción de bancales.....	144
4.9 Referencias .....	144

**CAPÍTULO 5. AGROECOLOGÍA: UNA PERSPECTIVA INTEGRADORA  
PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SOCIOAGROECOSISTEMAS .....** 147

David Tarrasón

5.0 Introducción .....	147
La agroecología como alternativa: de la modernización de la agricultura a un enfoque crítico .....	147
5.1 La agroecología, un nuevo paradigma productivo .....	150
5.1.1 Agroecología, ecosistema y sociedad.....	150
5.1.2 Una agricultura sostenible.....	151
5.2 Concepto y dinámica de los agroecosistemas .....	153
5.3 Principios ecológicos en el manejo del suelo .....	155
5.3.1 Manejo sostenible del suelo.....	155
5.3.1.1 La materia orgánica como fuente de alimento y protectora del suelo .....	156
5.3.1.2 El manejo físico del suelo: la labranza mínima o labranza cero .....	157

5.4 Principios ecológicos en el manejo de insectos plagas, enfermedades y plantas espontáneas .....	159
5.4.1 Control de insectos plagas .....	159
5.4.2 Control de enfermedades .....	162
5.4.3 Manejo de plantas espontáneas.....	163
5.5 El papel de la biodiversidad en los agroecosistemas: manejo, conservación y recuperación .....	164
5.6 Diseño espacial y temporal de un sistema agroecológico .....	166
5.7 Los agroecosistemas tradicionales .....	168
5.7.1 La agricultura tradicional en el control de riesgos ambientales.....	171
5.8 Transición de una agricultura convencional a una agricultura ecológica .....	172
5.9 Metodología de análisis y evaluación de los agroecosistemas.....	175
5.9.1 Identificación y validación de indicadores de sostenibilidad.....	175
5.9.2 La calidad del suelo como indicador de sustentabilidad del agroecosistema .....	177
5.10 Referencias.....	179

## CAPÍTULO 6. RECURSOS NATURALES: APROVECHAMIENTO

SUSTENTABLE DE RECURSOS TERRESTRES Y ACUÁTICOS .....	185
Topiltzin Contreras-MacBeath	

6.0 Introducción .....	185
6.1 Recursos Naturales .....	185
6.1.1 Clasificación de los recursos.....	186
6.1.1.1 Recursos perpetuos.....	186
6.1.1.2 Recursos no renovables.....	187
6.1.1.3 Recursos potencialmente renovables.....	187
6.2 Recursos bióticos en la región mesoamericana.....	188
6.3 La huella ecológica de la humanidad.....	193
6.4 Desarrollo sustentable .....	197
6.4.1 Características básicas de un sistema.....	198
6.4.1.1 El ecosistema.....	198
6.4.1.2 Sistema tradicional .....	199
6.4.1.3 Sistema ecológico.....	199
6.4.1.4 Sistema socio-ecológico.....	200
6.4.1.5 Las escalas y enfoques del desarrollo sustentable.....	202
6.5 Referencias .....	204

**CAPÍTULO 7. CONCEPTOS GENERALES SOBRE RESIDUOS .....207**  
August Bonmatí, Xavier Gabarrell

7.0	Introducción.....	207
7.1	Conceptos básicos y definiciones.....	208
7.1.1	Contaminación.....	208
7.1.2	Ciclo de la materia y la energía en el metabolismo industrial .....	208
7.1.3	Residuo.....	209
7.1.4	Subproductos .....	210
7.1.5	Rechazo.....	210
7.2	Clasificación de los residuos.....	210
7.2.1	Clasificación de los residuos según su peligrosidad .....	210
7.2.2	Clasificación de los residuos según su origen.....	210
7.3	Estrategia de gestión de residuos.....	211
7.3.1	Reducir (Minimizar).....	211
7.3.2	Reutilizar .....	212
7.3.3	Reciclar .....	212
7.3.4	Tratamiento / Valorización .....	212
7.3.5	Eliminación .....	212
7.4	Referencias.....	213

**CAPÍTULO 8. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
SÓLIDOS URBANOS.....215**  
August Bonmatí

8.0	Introducción .....	215
8.1	Generación y gestión de residuos sólidos urbanos (RSU).....	215
8.1.1	Generación y composición de los RSU .....	215
8.1.2	Gestión de residuos sólidos urbanos.....	216
8.1.2.1	Actividades en origen .....	216
8.1.2.2	Recolección .....	216
8.1.2.3	Transferencia .....	218
8.1.2.4	Plantas de separación y reciclaje.....	218
8.1.2.5	Tratamiento y disposición final.....	219
8.2	Elaboración de planes de gestión de RSU .....	219
8.2.1	Organización local para el desarrollo del Plan de Gestión de Residuos.....	219
8.2.2	Diagnóstico de la gestión actual de los residuos.....	220
8.2.3	Establecimiento del alcance y objetivos del Plan de Gestión.....	220
8.2.4	Identificación y evaluación de alternativas.....	221

8.2.5	Elaboración del Plan de Acción .....	221
8.2.6	Ejecución y monitoreo del Plan de Acción .....	222
8.3	Tratamientos biológicos .....	222
8.3.1	Compostaje .....	223
8.3.1.1	Campo de aplicación del compostaje y características del compost..	223
8.3.1.2	El proceso de compostaje .....	224
8.3.1.3	Tecnologías de compostaje .....	227
8.3.1.4	Emisiones secundarias.....	228
8.3.2	Digestión anaerobia.....	229
8.3.2.1	Campo de aplicación de la digestión anaerobia.....	230
8.3.2.2	El proceso de digestión anaerobia .....	231
8.3.2.3	Tipologías de reactores.....	233
8.3.2.4	Valorización del biogás.....	233
8.3.3	Otros procesos biológicos .....	235
8.3.3.1	Lombrihumus.....	235
8.3.3.2	Bocashi.....	236
8.4	Procesos termoquímicos.....	237
8.4.1	Clasificación de los procesos termoquímicos.....	237
8.4.2	Principios de la combustión.....	238
8.4.2.1	Generación de calor .....	239
8.4.2.2	Emisiones gaseosas .....	239
8.4.3	Instalaciones de combustión (incineradoras) .....	239
8.4.3.1	Generación de energía .....	241
8.4.3.2	Control de emisiones.....	241
8.5	Rellenos sanitarios.....	242
8.5.1	Clasificación de los rellenos sanitarios.....	244
8.5.2	Planificación de los rellenos sanitarios.....	244
8.5.3	Diseño y construcción.....	245
8.5.4	Explotación .....	246
8.5.5	Gas de vertedero.....	246
8.5.6	Lixiviados.....	248
8.5.7	Clausura y control post-clausura .....	248
8.6	Referencias .....	249

**CAPÍTULO 9. LOS RESIDUOS INDUSTRIALES.....251**

Xavier Gabarrell

9.0 Introducción .....	251
9.1 Criterios y prioridades de gestión .....	252
9.2 Legislación y definición de residuo .....	253
9.3 Clasificación .....	256
9.4 El modelo de gestión y el CRC.....	258
9.5 Resumen del marco legal en Nicaragua, México y El Salvador .....	261
9.5.1 Nicaragua.....	261
9.5.2 El Salvador .....	262
9.5.3 México .....	263
9.6 Referencias .....	266

**CAPÍTULO 10. LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS  
EN CENTROAMÉRICA. EL CASO DE NICARAGUA .....267**

Mauricio Lacayo Escobar

10.0 Introducción .....	267
10.1 Situación geográfica, división política y factores que inciden en la vulnerabilidad del territorio nicaragüense y de su población.....	268
10.2 Manejo de los residuos e impactos que generan presión.....	269
10.2.1 Residuos Sólidos Urbanos: generación, administración y prestación del servicio de recolección y disposición final.....	270
10.2.1.1 Producción y composición de los residuos sólidos urbanos .....	271
10.2.1.2 Manejo de los residuos sólidos urbanos .....	272
10.2.2 Residuos Peligrosos .....	273
10.2.3 Implicaciones del Manejo Inadecuado de los Residuos (Impacto)...	276
10.3 Forma en la que el gobierno y la sociedad de Nicaragua enfrentan los problemas ambientales que generan los residuos (respuesta).....	277
10.3.1 Marco Jurídico.....	277
10.3.2 Políticas, estrategias y planes.....	278
10.3.3 Arreglos institucionales e instrumentos .....	279
10.4 Conclusiones.....	282
10.5 Referencias .....	283



<b>CAPÍTULO 11. CONTAMINACIÓN DEL AGUA: ORIGEN, CONTROL Y MONITOREO</b> .....	285
Ignasi Rodríguez-Roda, Joaquim Comas, Manel Poch	
11.0 Introducción .....	285
11.1 Composición del agua residual urbana .....	286
11.1.1 Parámetros físicos.....	286
11.1.2 Parámetros químicos.....	287
11.2 La problemática de las aguas residuales .....	289
11.3 Tratamiento intensivo de las aguas residuales mediante las estaciones de tratamiento de aguas residuales (EDAR) .....	290
11.4 Sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales.....	294
11.4.1 Infiltración – percolación .....	297
11.4.2 Filtros subterráneos .....	298
11.4.3 Humedales.....	298
11.4.4 Filtros verdes.....	299
11.4.5 Lagunaje.....	300
11.5 Referencias .....	302
 <b>CAPÍTULO 12. SEGURIDAD INDUSTRIAL</b> .....	303
Xavier Gabarrell	
12.0 Introducción .....	303
La industria química .....	303
Seguridad integrada.....	309
Normativa.....	309
12.1 Señalización .....	309
12.2 Sustancias químicas y preparados peligrosos .....	311
12.2.1 Clasificación .....	311
12.2.2 Fichas de datos de seguridad.....	313
12.3 El transporte de mercancías peligrosas.....	314
12.4 Análisis de riesgo .....	315
12.4.1 Clasificación de los riesgos .....	316
12.4.2 Etapas del análisis de riesgo .....	317
12.4.3 Metodologías de análisis de riesgo .....	317
12.4.4 Identificación de peligros .....	318
12.5 Referencias .....	319

**CAPÍTULO 13. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES DE PREVENCIÓN: DESDE LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA HACIA EL ORDENAMIENTO URBANÍSTICO.....321**

Scira Menoni

13.0 Introducción .....	321
13.1 Definición de riesgo .....	322
13.2 Amenazas naturales: definiciones y situación en Centroamérica .....	323
13.3 Desastres en Centroamérica .....	325
13.4 Medidas de reducción de la exposición .....	327
13.5 Medidas de reducción de la vulnerabilidad.....	328
13.5.1 Vulnerabilidad física.....	329
13.5.2 Vulnerabilidad sistémica.....	330
13.5.3 Vulnerabilidad social .....	331
13.5.4 Vulnerabilidad económica.....	332
13.6 El papel del ordenamiento territorial en la prevención de los riesgos .....	334
13.7 Conclusiones.....	335
13.8 Referencias .....	336

**CAPÍTULO 14. INTRODUCCIÓN A LA CARTOGRAFÍA.....339**

Pilar Andrés

14. 0 Introducción .....	339
14.1 La cartografía y la creación de mapas.....	339
14.1.1 Meridianos, paralelos y coordenadas geográficas.....	339
14.1.2 Las proyecciones.....	342
14.1.2.1 Proyecciones cenitales o azimutales .....	342
14.1.2.2 Proyecciones cónicas .....	344
14.1.2.3 Proyecciones cilíndricas.....	345
14.1.3 Las coordenadas UTM.....	345
14.2 La lectura de los mapas.....	348
14.2.1 La escala de los mapas .....	348
14.2.2 Localización de nuestro mapa en el globo terrestre .....	348
14.2.3 Leer las coordenadas de cualquier punto en nuestro mapa .....	350
14.2.4 La declinación magnética.....	350
14.2.5 Las curvas de nivel .....	351
14.2.6 La leyenda de los mapas .....	352
14.3 Cálculos muy básicos sobre los mapas topográficos.....	354
14.3.1 Cálculo de las distancias reales .....	354

14.3.2 Cálculo de la pendiente.....	355
14.3.3 Construir un perfil a partir de un mapa topográfico .....	355
14.4 Referencias .....	356

## CAPÍTULO 15. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....357

Josep Vila, Diego Varga

15.0 Introducción .....	357
15.1 Definición de los SIG .....	357
15.2 Aplicaciones.....	359
15.3 Características fundamentales de los datos geográficos.....	361
15.4 La representación de los datos geográficos en un SIG.....	363
15.4.1 El modelo raster.....	363
15.4.2 El modelo vectorial.....	364
15.5 Fundamentos de los SIG raster.....	366
15.6 Fundamentos de los SIG vectoriales .....	367
15.7 Prácticas .....	368
15.7.1 Algunos datos sobre ArcGIS .....	369
15.7.1.1 ¿Qué es ArcGis? .....	369
15.7.1.2 ¿Qué es el ArcGIS Desktop?.....	369
15.7.1.3 ¿Qué son las extensiones en ArcGis?.....	370
15.7.2 Georreferenciar imágenes, digitalizar en pantalla y añadir a un mapa puntos definidos por coordenadas X, Y .....	371
15.7.2.1 Agregar una imagen en ArcMap y georreferenciarla a partir de un archivo de puntos confeccionado manualmente.....	371
15.7.2.2 Crear un World File.....	371
15.7.2.3 Digitalizar en pantalla .....	372
15.7.2.4 Añadir a un mapa puntos definidos por coordenadas x, y.....	372
15.7.3 Trabajar con Spatial Analyst: álgebra de mapas y reclasificación .....	372
15.7.3.1 Introducción al álgebra de mapas.....	372
15.7.3.2 Reclasificar imágenes raster.....	373
15.7.4 Trabajar con Spatial Analyst: cálculos de distancia y análisis superficial .....	373
15.7.4.1 Cálculo de distancia, lineal y de coste .....	373
15.7.4.2 Análisis de superficies.....	374
15.7.5 Trabajar con 3d Analyst: análisis tridimensional y modelos digitales de elevación.....	375
15.7.5.1 Análisis tridimensional con 3D Analyst.....	375
15.7.5.2 Trabajar con Modelos Digitales de Elevaciones (MDE).....	375
15.8 Referencias .....	375

**CAPÍTULO 16. LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO: CONCEPTOS Y  
HERRAMIENTAS BÁSICAS.....377**

Pilar Andrés

16.0 Introducción .....	377
16.1 El territorio visto por los ecólogos .....	377
16.1.1 La estructura del territorio .....	378
16.1.2 La heterogeneidad y la escala .....	380
16.1.3 Los flujos en el territorio .....	383
16.1.3.1 Flujos asociados al viento .....	384
16.1.3.2 Flujos asociados al agua .....	384
16.1.3.3 Flujos biológicos.....	385
16.2 La planificación del territorio.....	386
16.2.1 Algunos conceptos importantes sobre ordenación del territorio .....	388
16.2.2 La planificación física del territorio .....	389
16.2.2.1 Exigencias del uso y limitaciones del medio .....	389
16.2.2.2 Esquema metodológico para la ordenación del medio físico .....	390
16.3 La planificación integrada del territorio .....	396
16.3.1 Nuevas propuestas metodológicas.....	398
16.4 Referencias .....	399