

9770

MATEO GUTIÉRREZ ELORZA

GEOMORFOLOGÍA CLIMÁTICA



OMEGA

GEOMORFOLOGÍA CLIMÁTICA

MATEO GUTIÉRREZ ELORZA

Catedrático de Geomorfología de
la Universidad de Zaragoza

INTI - CONSTRUCCIONES
BIBLIOTECA



EDICIONES OMEGA

Índice de materias

Prefacio	XVII
----------------	------

PRIMERA PARTE

Introducción y conceptos	1
1 Geomorfología climática	3
1 Introducción a la Geomorfología	3
2 Historia de la Geomorfología climática	4
2.1 La Geomorfología anterior a la segunda mitad del siglo XIX	4
2.2 Los comienzos de la Geomorfología climática	5
2.3 Los modelos de evolución del relieve y su incidencia en la Geomorfología climática	7
2.4 Geomorfología de procesos	11
2.5 La estructuración de la Geomorfología climática	13
2.6 El desarrollo de la Geomorfología climática	13
2.7 Aplicaciones y tendencias futuras	15
3 Geomorfología climática: procesos y diferenciaciones morfoclimáticas	17
4 El concepto de zonalidad en Geomorfología climática	21
5 Las principales zonas morfoclimáticas	22
Bibliografía primera parte	27

SEGUNDA PARTE

Geomorfología de las zonas glaciares	31
2 Los glaciares	33
1 Introducción	33
2 Extensión actual y antigua de los glaciares	34
3 Balance de masas en los glaciares: acumulación y ablación	35
4 Transformación de nieve en hielo	36
5 Clasificación de los glaciares	39
5.1 Clasificación térmica	39
5.2 Clasificación morfológica	39

6	Movimiento de los glaciares	43
7	Estructuras de los glaciares	49
3	Erosión glaciár.....	54
1	Procesos erosivos	54
1.1	<i>Tipos de procesos</i>	55
1.1.a	<i>Abrasión</i>	55
1.1.b	<i>Fracturación</i>	57
1.1.c	<i>Evacuación de detritos</i>	58
2	Modelado de erosión glaciár.....	58
2.1	<i>Estrías, acanaladuras y pulido glaciár</i>	59
2.2	<i>Hendiduras de fricción y formas P</i>	60
2.3	<i>Rocas aborregadas y otras formas</i>	63
2.4	<i>Circos</i>	65
2.5	<i>Valles glaciares</i>	69
2.6	<i>Modelado glaciár en regiones de relieve poco contrastado</i>	74
2.7	<i>Fiordos</i>	75
4	Transporte y sedimentación glaciár.....	78
1	Alimentación y ambientes glaciares	78
2	Mecanismos de sedimentación glaciár	78
3	Características del till.....	81
4	Modelados resultantes de la sedimentación glaciár.....	83
5	Erosión y sedimentación fluvio-glaciares.....	91
1	Las aguas de deshielo	91
2	Formas resultantes de la erosión fluvio-glaciár.....	97
3	Modelados derivados de la sedimentación fluvio-glaciár.....	97
6	Geomorfología aplicada a las regiones glaciares	108
1	Introducción.....	108
2	Riesgos producidos por la actividad de las masas de hielo.....	108
2.1	<i>Icebergs</i>	108
2.2	<i>Avalanchas de hielo</i>	110
2.3	<i>Lagos de represamiento glaciár</i>	112
2.4	<i>Vulcanismo y glaciares</i>	116
3	Problemas derivados de la glaciotecciónica.....	117
4	Algunas consideraciones sobre ingeniería geológica en áreas que han estado ocupadas por los hielos	118
5	Los depósitos de placer en los ambientes glaciares.....	119
	Bibliografía segunda parte	121

TERCERA PARTE

Geomorfología de las zonas periglaciares.....	127
7 El dominio periglaciario	129
1 Introducción	129
2 Características del permafrost.....	130
3 Procesos periglaciares	134
3.1 Acción de la helada	134
3.1.a Crioclastia	134
3.1.b Levantamiento por helada	136
3.1.c Desplazamiento de masas	137
3.1.d Agrietamiento por helada	138
3.1.e Clasificación por helada	139
3.2 Meteorización química	140
3.3 Movimiento de masas	140
3.4 Procesos navales	144
3.5 Actividad fluvial	147
3.6 Acción del viento	148
8 Formas periglaciares.....	150
1 Suelos ordenados	150
2 Colinas con núcleo de hielo	153
2.1 Palsas	155
2.2 Pingos.....	155
3 Morfología y evolución de las laderas	156
3.1 Laderas de gelifluxión.....	157
3.2 Terrazas de crioplanación y criopedimentos.....	157
3.3 Canchales y conos de derrubios	159
3.4 Campos, laderas y ríos de bloques	161
3.5 Glaciares rocosos	165
3.6 Grèzes litées.....	169
3.7 Modelado resultante de la nivación.....	169
3.8 Evolución de las laderas	171
4 Modelado fluvial	175
5 Termokarst o criokarst	176
9 Algunos aspectos sobre geomorfología aplicada a las regiones periglaciares	179
1 Introducción.....	179
2 Avalanchas de nieve	180
3 Movimientos de masa	182
4 Problemas de ingeniería en las regiones de suelos helados.....	184
4.1 Edificios	184
4.2 Obras lineales	187
4.3 Oleoductos y gasoductos.....	188
4.4 Minería.....	190
4.5 Otras actividades.....	191
Bibliografía tercera parte	192

CUARTA PARTE

Geomorfología de las zonas áridas	197
10 Las zonas áridas	199
1 Introducción	199
2 Causas de la aridez	202
3 Rasgos climáticos de los desiertos	203
4 Diferenciación geomorfológica de las áreas desérticas	205
11 Procesos de meteorización y formas resultantes	209
1 Introducción	209
2 Procesos de meteorización	211
2.1 Termoclastismo	211
2.2 Hidroclastismo	211
2.3 Haloclastismo	213
2.3.a Influencia del clima	213
2.3.b Las rocas afectadas	214
2.3.c Las sales: tipos, procedencia y zonas de concentración	214
2.3.d Procesos físico-químicos	216
2.4 Disolución	217
2.5 Actividad biológica	219
3 Formas resultantes de la meteorización	220
12 La superficie de los desiertos: pavimentos, suelos ordenados, barnices y costras	225
1 Introducción	225
2 Pavimentos desérticos	225
2.1 Características generales	225
2.2 Procesos que intervienen en su formación	225
2.3 Desarrollo	228
3 Suelos ordenados	228
3.1 Grietas de desecación	228
3.2 Gilgai	232
4 Barniz desértico	234
4.1 Composición y edad	236
4.2 Procesos generadores	238
4.3 Implicaciones ambientales	239
5 Costras	239
5.1 Introducción	239
5.2 Caliches	240
5.2.a Geoquímica y mineralogía	240
5.2.b Morfología	241
5.2.c Origen	243
5.3 Costras silíceas	245
5.4 Costras yesíferas	246

13	La acción del agua en las zonas áridas	247
1	Introducción	247
2	Precipitación, vegetación y evapotranspiración	248
3	Características de la red fluvial de los desiertos	252
4	Escorrentía y transporte de sedimentos en las laderas	257
5	Erosión hídrica en las laderas	260
6	Procesos y formas fluviales	265
7	Rellenos de valle y canales encajados	272
14	Las laderas en las zonas áridas	273
1	Laderas en rocas cristalinas	273
2	Laderas en rocas estratificadas	275
2.1	Laderas simples	278
2.2	Laderas compuestas	279
3	Facetas triangulares de ladera	281
4	Velocidades de retroceso de la cornisa	284
5	Laderas acarcavadas (<i>badlands</i>)	286
15	Los piedemontes de las regiones áridas: glaciés y abanicos aluviales	294
1	Glaciés y pedimentos: definición, terminología y distribución	294
1.1	Morfología de los glaciés	296
1.2	Influencia de la geología y el clima en el desarrollo de los glaciés	299
1.3	Procesos dominantes en los glaciés	300
1.4	Hipótesis sobre el origen de los glaciés	300
1.5	Evolución de los glaciés. Pedillanuras	302
2	Abanicos aluviales	306
2.1	Definición, antecedentes y terminología	306
2.2	Morfología de los abanicos aluviales	309
2.3	Factores que influyen en el desarrollo de los abanicos	311
2.4	Procesos sedimentarios	314
2.4.a	Los procesos de alimentación	314
2.4.b	Los procesos de remodelación	319
2.5	Dinámica y evolución de los abanicos aluviales	319
16	Lagos desérticos: playas y sebkhas	323
1	Características generales	323
2	Origen de las depresiones cerradas en medios áridos	328
3	Rasgos generales sobre la hidrología de los lagos de las zonas áridas	331
4	Sedimentación en los lagos desérticos	332
4.1	Depresiones cerradas arcillosas	334
4.2	Lagos salinos	334
5	Sebkhas litorales	339
	Bibliografía cuarta parte	343

QUINTA PARTE

Geomorfología eólica	357
17 Procesos eólicos y formas erosivas	359
1 Introducción	359
2 Características y procedencia de las partículas eólicas	360
3 Movilidad de las partículas por el viento	361
4 Tipos de transporte eólico	362
5 Ripples	364
6 Erosión eólica y formas resultantes	365
6.1 Ventifactos	366
6.2 Yardangs	367
6.3 Cuencas de deflación	370
18 Acumulaciones eólicas	373
1 Introducción	373
2 Factores que afectan al desarrollo de los ergs	374
3 Procesos dominantes en las dunas	377
4 Clasificación de las dunas	380
4.1 Dunas transversales	380
4.2 Dunas lineales	383
4.3 Dunas piramidales y reticuladas	385
4.4 Mantos de arena y zibars	386
4.5 Dunas obstaculizadas por vegetación	387
4.6 Dunas obstaculizadas por la topografía	392
5 Polvo desértico	392
5.1 Características generales	393
5.2 Área madre y procesos generadores	394
5.3 Movilización, transporte y sedimentación	395
5.4 Implicaciones geomorfológicas	396
5.5 Loess	397
Bibliografía quinta parte	399

SEXTA PARTE

Geomorfología aplicada a las zonas áridas	405
19 Geomorfología aplicada a las zonas áridas	407
1 Introducción	407
2 Meteorización	407
2.1 Hidroclastismo y meteorización salina	408
2.2 Disolución	409
3 Cambios de volumen	413

4	Sistemas fluviales	414
4.1	Erosión hídrica	415
4.2	Canales fluviales	418
4.3	Abanicos aluviales, debris flows y glaciares	421
4.4	Inundaciones	423
5	Sistemas lacustres	426
6	Subsidencia de origen antrópico	27
7	Acción eólica: problemática y control	430
8	Degradación de las zonas áridas. Desertificación	433
	Bibliografía sexta parte	439
 SÉPTIMA PARTE		
	Geomorfología de las zonas tropicales	443
20	Los trópicos húmedos: meteorización y lateritas	445
1	Introducción	445
2	Características climáticas, vegetación y dominios morfoclimáticos	446
3	Meteorización en los trópicos húmedos	448
3.1	Meteorización física y biológica	449
3.2	Meteorización química	450
3.2.a	Meteorización de los silicatos	451
3.2.b	Disolución de los carbonatos	453
3.3	Grados y productos de meteorización	454
3.4	El perfil de meteorización	457
3.5	Profundidad de meteorización	458
3.6	Zonas de meteorización	459
3.7	Velocidades de meteorización	464
3.8	Lateritas	464
3.8.a	Constitución y estructuras	465
3.8.b	Factores que afectan a su formación	466
3.8.c	Perfil de la laterita	468
3.8.d	Génesis de las lateritas	468
3.9	Bauxitas	470
21	El modelado tropical	472
1	Introducción	472
2	Erosión y sedimentación en los sistemas fluviales	472
2.1	Cuantificación de la pérdida de suelo	474
2.2	Laderas y líneas de cantos	475
2.3	Formas de erosión fluvial	479
2.4	Morfologías de sedimentación fluvial	484
2.5	Movimientos de masas	488
3	Modelados desarrollados en lateritas	494
4	Aplanamientos tropicales: llanuras grabadas	494

5	Inselbergs	499
5.1	<i>Inselbergs de bloques (tors)</i>	500
5.2	<i>Inselbergs en domo (bornhardts)</i>	503
6	Karst tropical	508
6.1	<i>Karst cónico</i>	510
6.2	<i>Karst de torres</i>	511
22	Geomorfología aplicada a las regiones tropicales	515
1	Introducción	515
2	Características del regolito. Algunas implicaciones en Ingeniería geológica	515
3	Las lateritas en la construcción	517
4	Yacimientos minerales supergénicos y placeres	518
5	Deslizamientos y riesgos	522
6	Inundaciones catastróficas	525
	Bibliografía séptima parte	529
	OCTAVA PARTE	
	Geomorfología y cambio climático	539
23	Cambio ambiental	541
1	Introducción	541
2	Algunas consideraciones sobre el cambio climático	544
3	El clima futuro y el efecto invernadero	547
24	Cambio climático en las regiones glaciares y periglaciares	551
1	Introducción	551
2	Información paleoclimática suministrada por los sondeos en los casquetes de hielo y en sedimentos de mar profundo	551
3	Fluctuaciones de los casquetes de hielo cuaternarios y formas resultantes	554
4	Retrocesos de los glaciares de valle	561
5	Glacioisostasia y glacioeustasia	563
6	Reconstrucción de los ambientes periglaciares	567
7	Formas periglaciares relictas	568
8	Fluctuaciones de las zonas periglaciares en el Cuaternario superior	570
9	Algunas consideraciones sobre el cambio climático global en las zonas periglaciares	571
25	Cambio climático en las zonas áridas y tropicales húmedas	573
1	Las regiones áridas	573
1.1	<i>Sistemas fluviales</i>	573
1.1.a	<i>Las laderas y su evolución</i>	575

1.1.b	Facetas triangulares de ladera	576
1.1.c	Las ramblas o arroyos	579
1.1.d	Abanicos aluviales	584
1.1.e	Ríos desérticos	585
1.2	Paleolagos	588
1.3	Sistemas de dunas	595
1.3.a	Introducción	595
1.3.b	Dunas activas e inactivas	598
1.3.c	Información paleoclimática que suministran los sistemas de dunas	603
1.4	Causas de las oscilaciones paleoclimáticas en el Cuaternario superior	606
2	Las regiones tropicales	608
2.1	Introducción	608
2.2	Modificaciones biológicas	608
2.3	Evidencia geomorfológica	609
2.3.a	El regolito y perfiles de meteorización relictos	609
2.3.b	Inselbergs	610
2.3.c	Sistemas fluviales	612
2.3.d	Acción eólica	616
	Bibliografía octava parte	617
	Índice alfabético	627

Índice alfabético

Las cifras en **negrita** remiten a las páginas en las que el tema se trata con mayor profundidad.

- Abanicos aluviales, 294 y sigs., 306-322, **486**, 487
 - agradación, 584
 - alimentación, 314-319
 - área, 310, 311
 - coalescencia, 308
 - construcción, 585
 - definición, 306
 - desarrollo, 311-314
 - destrucción, 321
 - estudio, 308
 - etapa de colapso, 320
 - etapa húmeda, 584
 - evolución, 319-322
 - factores extrínsecos, 312
 - forma, 309
 - historia del conocimiento, 306, 307
 - modelo paraglaciar, 584
 - modelo periglaciario, 584
 - morfología, 309, 310
 - pendiente, 310, 311
 - remodelación, 319
 - reptación, 320
 - sedimentación, 314-319
 - segmentados, 315
 - terminología, 309
 - y asentamientos humanos, 423
 - y cambio climático, 584, 585
 - y clima, 309, 311
 - y levantamiento de la montaña, 314
 - y litología, 311
 - y tectónica, 312
 - y topografía, 311
 - y transición a un clima más seco, 584
- Abanicos fluviales, **421**
- Ablación de glaciares, 35
- Abombamientos, 337
- Abrasión, **365**
- Abrigos, 220, 279
- Acanaladuras eólicas, 366
- Acción del hombre y erosión hídrica, 415, 416
 - eólica, **430-433**
- Actualismo, principio, 5
- Acumulación(es) de glaciares, 35
 - de laderas, etapas recientes, 578
 - eólicas, 373-398
- Aerosoles de sulfatos y cambio climático, 460
- Agassiz, 5
- Agricultura y permafrost, 191
 - y piping, 418
- Agrietamiento por helada, 138
- Agua(s), continentales, pH, 451
 - de deshielo, 91-96
 - obtención en las regiones áridas, 200
 - potable y permafrost, 191
 - residuales, 191
 - subterráneas y abanicos aluviales, 319
 - subterráneas y subsidencia antropogénica, 427-429
 - y zonas áridas, 247 y sigs.
- Alas, 178
- Alcoves, 279
- Alitización, zona, 456
- Alpes, avalanchas de hielo, 111
 - lagos de represamiento, 114
- Alterita, **458**
- Aludes, 144, 180-182, *véase también* Avalanchas
 - empalizadas de protección, 183
- Alveolos, 140, 220, **221**
- Ampollas, salinas, 338, **339**
- Andes, avalanchas de hielo, 111, 112
- Aplanamientos dobles, superficies, **497**
 - laterales, 301
- Arcillas expansivas, 415
 - glaciomarinas, 118
 - hinchables, 413
 - hinchables y piping, 262
 - moteadas, 468
 - rápidas, 119

- Arenas, 108
 - fluvioglaciares, 109
 - velocidades de transporte, 376
- Areniscas, discontinuidades, 278
 - grabadas por el viento, 369
 - meteorización, 278
 - temperatura en los desiertos, 212
- Argilitas, microconductos subsuperficiales, 261, 262
 - regueros, 261, 263
- Aridez, causas, 202, 203
 - continentalidad, 202
 - corrientes oceánicas frías, 202
 - efecto de albedo, 203
 - efecto orográfico, 202
 - factor zonal, 202
 - y acción del agua, 247 y sigs.
 - y cambio climático, 573-608
- Armchair, 224
- Arroyos, *véase* Ramblas
 - aluvionamiento, 583
 - en manto, 300
 - encajamiento, 583, 583
 - modelos de variaciones aleatorias de los procesos, 583
 - y cambio climático, 579-584
- Ascenso capilar, 409
- Avalanchas, 144, 145, *véase también* Aludes
 - canales, 146
 - de detritos, 183
 - de hielo, 110-112
 - de nieve, 180-182
 - de rocas, 183, 314
 - mapas de zonas, 182
 - tipos, 144
- Azonal, proceso, 21
- Backswamp deposits, 488
- Bacterias quimiótroficas y barniz desértico, 238, 239
- Badlands, 258, 286-293, 417
- Bancos de gelifluxión, 157
 - de lateritas, 496
- Banquisa, 39, 42, 45
- Barjanes, 375, 376, 379, 380, 382
 - estabilización, 433
- Barniz como indicador de edad, 238
 - desértico, 234, 236-239
 - desértico, composición, 236, 238
 - desértico, origen, 238, 239
 - vítreo, 238
- Barrancos, 262, 271, 272, 480, 481, 482
 - cabecera, 516
 - de erosión remontante, 309
 - de las zonas áridas, 258
 - retroceso de la cabecera, 417
- Barras de meandro, 487
- Barreal, 324, 325
- Basalto(s) de meseta, 273
 - meteorización, 455
 - temperatura en los desiertos, 212
- Bauxitas, 453, 470, 471
 - kársticas, 471, 519
- Baydjarakhs, 178
- Biocostra, 220
 - en zonas áridas, 251, 252
- Biokarst, 217
- Bisialitización, zona, 456
- Bloques, 500
 - de arrastre, 142
 - erráticos, 81, 82
 - evolución, 501
- Blowouts, 389, 390
- Bolsón, 324
- Bornhardts, 11, 274, 500, 503-508, 509
 - origen, 612
 - y clima, 504
- Bourrelet, 329
- Bulgunniaks, 155
- Calcita, 241, 453
- Calcreta, 240
- Calentamiento climático y termokarst, 179
 - planetario, 458, 459
- Caliches, 240-245
 - acintados, 242, 243
 - costras silíceas, 245, 246
 - costras yesíferas, 246
 - edafogénicos, 244
 - geoquímica, 240
 - morfología, 241, 243
 - no edafogénicos, 244, 245
 - nodulosos, 242-244
 - origen, 243-245
 - per ascensum*, 244, 246
 - per descensum*, 244, 245, 246
 - pulverulentos, 242, 243
- Calizas, 217
 - socavación basal, 266, 267
 - tasas de disolución, 218
- Cambering, 494
- Cambio(s) ambientales, 541
 - antrópico, 542
 - de volumen en suelos áridos, 413, 414

- geológico, 541
- iónico, 452
- Cambio climático, 539 y sigs., 542
 - a corto plazo, 542
 - a largo plazo, 542
 - corto, 460
 - menor, 583
 - respuesta de la vegetación, 457
 - secular, 583
 - y lateritas, 466
 - y regiones glaciares, 561 y sigs.
- Campos de bloques, 161-165
- Canales, 315
 - cambios en el tipo, 419
 - de deshielo, 91
 - de erosión, 265
 - de incisión, 317
 - en abanico, 268
 - encajados, relleno, 272
 - fluviales, 418-421
 - rectos, 481, 482
 - sinuosos, 482
- Canales fluvioglaciares, 91
 - conducto interglaciar, 95
 - de desbordamiento, 97
 - interglaciares, 92
 - marginales, 92, 93
 - moulines, 92
 - proglaciares, 92, 95, 98
 - subglaciares, 92, 94
 - supraglaciares, 92, 94
 - tipos, 93
- Canchales, 146, 159, 183
- Cantos, ascenso, 227
 - fracturas paralelas, 211, 213
 - levantamiento, 136, 137
 - traslación, 136
- Caolinita, 456, 457
- Capilaridad, frente, 410
- Carbonatos, disolución, 453, 454
 - y caliche, 243, 244
- Cárcavas, 258, 286-293, 417
 - de las zonas áridas, 258
 - técnicas de estudio, 292, 293
- Carga en disolución, 485
 - en suspensión, 486
 - en suspensión de los ríos, 484
- Carreteras de invierno, 187
 - y humedad, 408-410
 - y permafrost, 189
- Cascadas, 482, 483
- Casquete(s), cordillera, 556
 - de Fenoscandia, 554
 - de Fenoscandia, retirada, 556
 - de hielo continental, 39
 - de hielo, fluctuaciones, 554-561
 - de hielo, formas deposicionales, 558
 - de hielo, morfologías erosivas, 558
 - de hielo, sondeos, 551-554
 - Lauréntido, 555, 556
 - Lauréntido, reconstrucción, 557
- Castle kopje, 274, 275, 500
- Cataratas, 482, 483
- Catastrofistas, ideas, 4, 5
- Cationes, orden de pérdida, 453
- Cavernas de los desiertos, 220
- Cesta de huevos, topografía, 86
- Channel fan, 268
- Chiflones, 364
- Chott, 324
- Ciclo(s) de erosión, 7, 8
 - kárstico, 9
 - de periglaciación, 172, 173
- Ciclones, 526, 527
- Cimatogenia, 11
- Circo glaciar, 65, 66, 68
 - coalescente, 68
 - corte, 67
 - escalonado, 68
 - morfometría, 65
 - origen, 67
 - procesos erosivos, 67
- Circulación atmosférica y cambio climático, 607, 608
- Cleaved boulder, 211
- Clima y formación de lateritas, 466
- Climas de tipo ártico, 129
 - de tipo de montaña, 129, 130
 - de tipo de montaña de bajas latitudes, 130
 - de tipo islas de altas latitudes, 130
 - secos con inviernos fríos, 129
 - y formación de lateritas, 466
- Climatología, datos, 20, 21
- Cockpits, 510, 511
- Coladas de barro, 142, 317
 - de detritos, 307, 421
- Colinas con núcleo de hielo, 153-156
 - de origen glaciar, 74
- Combamiento, 494
- Combe, 253
- Conductividad eléctrica, 411
 - eléctrica y holoclastismo, 409
- Conos de derrubios, 159-161, 321, 322
- Convergencia, 21

- Cordones barjanoides, 381
 de arena, 386
 de nivación, 171, 570
 morrénicos, 66
 Cornisa, velocidad de retroceso, 284-286
 Costras calcáreas, 240
 desérticas, 239-246
 silíceas, 245, 246
 yesíferas, 246
 Cráteres, 332
 de impacto, 332
 Creep de helada, 141
 Crevasse splay deposits, 487
 Crioclastia, 67, 134, 449
 Criokarst, desplomes por deshielo, 178
 lagos de deshielo, 177
 lagos orientados, 177
 pingos colapsados, 177
 Criopedimentos, 157-159
 Crioturbaciones, 570
 Cristalización, series de Bowen, 453
 Cuaternario, 33
 causas de las oscilaciones climáticas, 606-608
 Cuencas de deflación, 370-372
 de sedimentación, 332
 del Chad, 591, 592
 endorreicas, 591
 erosivas, 328
 tectónicas, 328
 Cultivo abusivo y desertificación, 438
 Cuñas de hielo, 569
 fósiles, 568
 Dambos, 484-486
 Dayas, 329
 Debris flows, 307, 309, 310, 314-318, 320-322, 421, 422, 523-525
 flows, olas de detritos, 316
 Deflación, 227, 365
 Deforestación, 438
 Depósitos de ciénaga, 488
 de ladera estratificados, 170
 de soliflucción, 570
 de tamiz, 317
 eólicos, 374
 glaciares del lago Michigan, 559
 interdunares, 604, 605
 kerógenos, 336
 Depresión(es) cerradas, 494
 cerradas arcillosas, 335
 de Qattara, 328
 Desastres por aludes, 180-182
 Descarga fluvio-glaciaria, 92
 fluvio-glaciaria, jökulhlaup, 92
 fluvio-glaciaria, paleoinundaciones, 96
 Desertificación, 433-438
 áreas de riesgo, 434
 definición, 434
 Deshielo subglaciario, 79, 91
 supraglaciario, 79
 Desiertos, véase también Zonas áridas
 abrigo, 220
 acción del agua, 247 y sigs.
 actividad biológica, 219, 220
 actividad eólica, 604, 606
 afloramientos rocosos, 209
 africanos, extensión, 615
 alveolos, 221
 areniscas, meteorización, 212
 ascenso de cantos, 227
 barniz, 234, 236-239
 bucles de lodo, 230, 231
 cálidos, 203
 cantos recubiertos por barniz, 229
 cantos y grietas, 230
 cavernas, 220
 costras, 239-246
 cursos fluviales, 252-256
 de arena, datación, 596, 597
 de arena, formación, 603
 de arena, límites y cambio climático, 596
 de escudos y plataformas, 205
 de escudos y plataformas, lagos, 591
 de montañas y depresiones, 205
 de montañas y depresiones, lagos, 592, 593
 descamación, 211
 descamación de la arenisca, 210
 disgregación granular, 210
 disolución, 217-219
 erosión hídrica, 227
 eskorrentia, 254, 255
 eskorrentia superficial, 227
 fisuras gigantes de desecación, 230, 232
 formas poligonales, 228, 229
 fracturación de rocas, 210
 fríos, 203
 gilgai, 232-234
 grietas, 228, 230, 232
 litorales, 203
 meteorización, 209 y sigs.
 meteorización subsuperficial, 228
 meteorización superficial, 228
 óxidos de hierro, 210
 periodos de estabilización, 604, 606

- polígonos, 234
- polígonos de piedra, 233
- polígonos de yeso, 233
- precipitaciones, 203
- red fluvial, 252
- resultado de la meteorización, 220-224
- rocío, 212
- sistemas no octogonales, 230, 231
- sistemas octogonales, 230
- splash, 227
- suelos ordenados, 228-234
- superficies, 225-246
- tafonis, 221
- temperaturas, 203
- tipos, 203, 205
- vientos, 203
- zonas de capilaridad, 214
- Deslizamientos, 315, 488-490, 493
 - con inundaciones, 523
 - en zonas áridas, 279
 - factores, 489
 - riesgos en los trópicos húmedos, 522-525
- Desplomes por deshielo, 178
- Desprendimientos de rocas, 141
- Diapiro, 218
- Diatomeas y estudio del cambio climático, 596
- Dióxido de carbono, registros paleoclimáticos, 553
- Diques naturales, 487
- Disolución, 217, 411-413, 453, 454
 - kárstica, 329
- Doble aplanamiento, superficies, 497
 - teoría de los procesos, 15
- Dolinas, 218
 - y cultivos, 413
- Dolocretas, 241
- Dolomita, 241
- Dominio de sabanas, 448
 - de selvas, 448
 - eólico, 205
 - fluvial, 205
- Domos en hongo, 274
 - rocosos, 497, 500
- Dreikanter, 366
- Drenaje arreico, 252, 253
 - endógeno, 252
 - endorreico, 252, 253
 - exógeno, 252
 - exorreico, 252
- Dropstones, 39
- Dunas, 221, 359, 373, 377 y sigs., 431
 - activas, 598, 599
 - activas, límite, 603
- clasificación, 380 y sigs.
- crestas, 378, 379
- de sotavento, 392
- de techo de acantilado, 392
- descendentes, 392
- desérticas, 374
- durmientes, 599, 600
- durmientes e isoyetas, 604
- en domo, 382
- en estrella, 605
- episódicamente activas, 599
- estabilización, 433, 601
- etapas de iniciación, 378
- fijas, 599
- fitogénicas, 387
- formación, 377
- inactivas, 598, 599, 600
- inversas, 383
- laderas de barlovento, 378
- laderas de sotavento, 379, 380
- lineales, 383-385
- lineales, formación, 384, 385
- litorales, 374, 392
- localización global, 602
- longitudinales estabilizadas, 601
- obstaculizadas, 387, 392
- parabólicas, 390, 391
- parabólicas, desarrollo, 391
- piramidales, 385
- piramidales, formación, 387
- rampantes, 392
- relictas, 599
- relictas e isoyetas, 604
- reticuladas, 386
- tiempo de formación, 601
- transversales, 380
- y cambio climático, 588, 595-606
- Duyoda, 178
- Edificios y suelos helados, 184-187
- Efecto invernadero, 547-560
- Empalizadas y erosión eólica, 430, 432, 433
- Enciclopedia de Geomorfología, 15
- Endrumpf, 10
- Energía eólica, 376
- Epirogenesis, 23
- Epirovarianza, 23
- Equifinalidad, 21
- Ergs, 373, 374
 - dinámicos, 375
 - estáticos, 375
 - factores del desarrollo, 374-376

- formas barjanoides, 375
- Erosión de laderas, etapas, 578
- en interregueros, 260
- eólica, control, 430
- eólica, resultados, 365-372
- fluvial, 479-484
- fluvioglaciario, 91-107
- fluvioglaciario, formas-P, 97
- fluvioglaciario, marmitas, 97
- hídrica, 19
- hídrica, cálculos, 415
- hídrica en climas áridos, 250, 251, 260-265, 415-418
- hídrica laminar, 478
- pluvial, 16
- por regueros, 260
- térmica, 175
- velocidades, 11
- Erosión glaciario, 54-77
 - abrasión, 55
 - abrasión, factores glaciológicos, 56
 - abrasión, velocidad, 55, 56
 - acanaladuras, 58, 59, 60
 - aristas, 68
 - circos, 58, 65
 - circos coalescentes, 68
 - circos escalonados, 68
 - circos, grado de oclusión, 65
 - circos, morfometría, 65
 - cizallamiento basal, 57
 - clasificación de las formas, 58
 - colina y cola, 75
 - crioclastia, 57
 - cuenas rocosas, 58, 65
 - cumbre residual, 58
 - desfondo periglaciario, 57
 - drumlins, 75
 - drumlins rocosos, 58, 63
 - espolones alineados, 58, 63
 - estrias, 58, 59, 60
 - evacuación de detritos, 58
 - fiordos, 75, 77
 - flyggborgs, 58, 63
 - formas, 58
 - formas caveto, 61
 - formas-P, 58, 60, 61
 - fracturas conchoideas, 60
 - fracturas crecientes, 60
 - fracturas en media luna, 60
 - fracturación, 57
 - harina glaciario, 56
 - hendiduras de fricción, 60, 62
 - horns, 58, 68, 70
 - lajamiento, 57
 - lomos de ballena, 58, 63
 - muecas crecientes, 60, 63
 - nunataks, 58
 - perfiles de meteorización, 57
 - procesos erosivos, 54
 - pulido glaciario, 59, 61
 - rocas aborregadas, 58, 63, 64
 - rocas aborregadas, génesis, 65
 - sichelwannen, 62
 - till, 61
 - tollstringen, 64
 - valle, 58
 - velocidades, 55
 - y sustrato rocoso, 54, 55
 - y temperatura del hielo, 54
- Escalonamiento altitudinal, 21
- Escarpes, 475
- Escoorrentía, coeficiente, 259
 - en desiertos, 254, 255
 - en zonas áridas, 257-260
 - etapas, 290
 - superficial, 319, 574
 - y erosión hídrica, 416
- Eskers, 99-102
- Estacionalidad, 17
- Estadiales, fases, 553
- Estromatolitos domáticos, 342
- Etapa Yoldia, 554
- Etchplain, 497
- Europa en el Cuaternario, 570
- Evaporación en regiones áridas, 200, 251
- Evaporitas, 217, 218, 334
- Evapotranspiración en zonas áridas, 251, 252
- Eventos Heinrich, 554
- Excavación y relleno de cursos de agua, 266, 268, 270
- Exposición, 22
- Extrazonal, proceso, 21
- Facetas triangulares de ladera, 281-284, 576-579
 - triangulares de ladera, evolución, 577
- Fase lacustre, 573
- Fauna, áreas de refugio amazónicas, 611
- Fengcong, 512
- Fengling, 512
- Fernlinge, 500, 506
- Ferricretas, 495
- Fiordo, 75-77
- Fisuras gigantes de desecación, 230, 232, 414

- Flash floods, 317
- Flatirons, 281
- Flint, 6
- Fluctuaciones periglaciares, 570, 571
- Flujo de arena, 376, 377
- Fluvial, acción, 147
- Fondos marinos, 3
- Formas acastilladas, 274, 275, 500
 - deposicionales de los casquetes de hielo, 558
 - erosivas de los casquetes de hielo, 558
 - glaciares de Canadá, 560
 - periglaciares, laderas de gelifluxión, 157
 - periglaciares relictas, 568-570
- Formas fluvioglaciares, clasificación, 100
 - deltas de kame, 102
 - deltas glaciolacustres, 105
 - deltas levantados, 107
 - eskers, 99, 100
 - kame y kettle, 103
 - kames, 100, 102, 103
 - kettle holes, 103
 - kettled sandur, 104
 - llanuras de origen lacustre, 105
 - lodos de fondo emergidos glaciomarinos, 107
 - modelado, 101
 - outwash, 103
 - pitted outwash, 104
 - playas glaciolacustres, 105
 - playas levantadas, 107
 - sandur, 100, 103, 104
 - terrazas de kame, 102
- Frente de capilaridad, 409
 - de meteorización, 458
- Frostpull, 137
- Frostpush, 137
- Fuerzas endógenas, 3
 - exógenas, 3
- Gaseoductos y permafrost, 188-190
- Gases invernadero, 457, 459
- Gelifluxión, 141, 157
- Gelifracción, 134, 135
- Gelivación, 134
- Geocriología, 129
- Geomorfología ambiental, 15
 - climática, 329
 - climatogénica, 13, 22
 - cuantitativa, 3, 13
 - de las zonas áridas, 14
 - de los desiertos, 6
 - de procesos, 11
 - de zonas glaciares, 108 y sigs.
- eólica, 7
- glaciár, 5, 14
- histórica, 3
- órigenes, 4
- periglaciár, 6, 14
- planetaria, 3
- tropical, 7, 15
- Ghourds, 385
- Gibber, 225
- Gilgai, 232-234, 414
 - circular, 234
 - circular, desarrollo, 236
 - escalonado, 234
 - formación, 236
 - formas, 235
- Glaciación Wisconsin, 96
- Glaciares, 3353
 - ablación, 35
 - acumulación, 35
 - balance de masas, 35, 37
 - balance neto, 36
 - banquisa, 39, 42, 45
 - campos de hielo, 43
 - casquetes de hielo de llanura, 43
 - casquetes de hielo de meseta, 43
 - clasificación térmica, 39
 - con flujos espasmódicos, 47, 48
 - de circo, 43, 44, 561
 - de nicho, 43
 - de piedemonte, 43
 - de valle de salida, 45
 - de valle de tipo alpino, 43, 44
 - de valle de tipo escape, 43
 - de valle, retroceso, 561-563
 - desastres debidos a, 111
 - deslizamiento basal, 43
 - deslizamiento por recongelación, 46
 - dropstones, 39
 - épocas, 33
 - estratificación, 49
 - estructura, 49-53
 - extensión actual, 34
 - extensión antigua, 34
 - fallas, 50
 - flujo compresivo, 49
 - flujo extensivo, 49
 - flujo plástico basal, 46
 - foliación, 49
 - formación interna, 43
 - grietas, 50
 - grietas de extensión, 51
 - grietas de extensión radial, 53

- grietas marginales, 51
- grietas, tipos, 52
- grietas transversas, 51, 53
- icebergs, 35, 39, 41
- irregularidades del lecho, 48
- límites, 561
- línea de equilibrio, 36
- marcianos, 34
- máximo, 554, 555
- morrenas, 46
- nunataks, 39
- ogivas, 50, 51
- plataforma de hielo, 39
- pliegues, 50
- polares, 39
- regiones, cambio climático, 561 y sigs.
- rimaya, 53
- rocosos, 165-169
 - rocosos activos, 167, 184
 - rocosos, anchura, 167
 - rocosos compuestos, 167
 - rocosos en espátula, 167
 - rocosos en lengua, 167
 - rocosos fósiles, 569
 - rocosos lobados, 167
 - rocosos relictos, 167
- sección longitudinal, 47
- séracs, 51, 52
- superficie total, 34
- templados, 39, 56
- y volcanes, 116, 117
- zona de ablación, 36
- zona de acumulación, 35
- Glaciar-fiordo, 562, 564
- Glacioeustáticas, variaciones, 566, 567
- Glacioisostasia, 563, 565
- Glaciotectónica(s), estructuras, 99
 - problemas, 117, 118
- Glacis, 294 y sigs., 423, *véase también* Pedimentos
 - aplanamientos laterales, 301
 - concavidad de enlace, 304
 - de acumulación, 296
 - de erosión, 296
 - definición, 294
 - encajados, 302, 305
 - evolución, 302-305
 - geología, 299
 - inundación en manto, 301
 - laderas extraplomadas, 302
 - morfología, 296-299
 - origen, 300-302
 - partes, 299
 - procesos dominantes, 300
 - terrazas encajadas, 305
 - y clima, 299, 300
- Gnammas, 21, 220, 222, 223
 - en cubeta, 223
 - en pozo, 222, 223
 - en sillón, 224
 - voladizos, 224
- Gossan, 518
- Granulometría de gelifractos, 135
- Gravas, 108
 - cementadas, 241, 243
- Grèzes litées, 169, 570
- Grietas de desecación, 228, 230, 232
- Groenlandia, casquete, 34
- Groise litées, 169
- Grus, 458
- Gullies, 258, 262, 272, 289, 480
- Gusanos y meteorización, 450
- Haboob, 395
- Halitas, 326
 - placas cabalgantes, 340
- Haloclastismo, 213-217, 408
 - acumulación de sales, 216
 - crecimiento de cristales, 216, 217
 - expansión térmica, 217
 - hidratación, 217
 - origen de las sales, 215, 216
 - procesos físico-químicos, 216, 217
 - rocas afectadas, 214
 - tipos de sales, 214
 - y clima, 213, 214
 - y condiciones ambientales, 409
- Hamadas, 225, 226, 328
 - de bloques, 225
 - rocosas, 225
- Hartlinge, 500
- Heladas, acción, 16, 134-140
- Hidratación, 453
- Hidroclastismo, 211, 212, 408
- Hidrogramas de zonas áridas, 255-257
- Hidrolacolitos, 155
- Hielo, 36
 - avalanchas, 110-112
 - cálido, 39
 - densidad de la neviza, 36
 - frío, 39
 - glaciar, sondeos, 551-554
 - riesgos de las masas, 108-116
- Hierro y barniz desértico, 239
- Hohlkarren, 576

- Hojas de geliflución, 157
Hombre y cambio climático, 542
Humedecimiento y secado, 408
Huracanes, 526
- Icebergs, 39, 41, 108-110
 circulación, 110
 glaciares, 35
Índice de aridez, 200
Ingeniería en suelos helados, 184-191
 geológica, 118, 119
 y karst, 412, 413
 y piping, 417
 y regolitos, 516
Inselbergs, 297, 298, 475, 499, 500, 610
 de escudos, 497
 de posición, 297, 500, 506
 de resistencia, 297, 500
 en bloques, 500-503, *véase también* Tors
 en domo, 500, 503-508
 en domo, desarrollo, 509
 exhumación, 506
 retroceso del escarpe, 506, 508
 y cambio climático, 610-616
Interestadiales, eventos, 552
Interhills, 257, 258
Interregueros de las zonas áridas, 257, 258
 erosión, 260
Interrils, 258
Inundaciones, 422, 423-426
 catastróficas, 525-528
 de zonas áridas, 256
 en manto, 301, 317
 en zonas semiáridas, 573, 574
 lucha contra, 423, 425, 426
 repentinadas, 317
 y deslizamientos, 523
Involuciones, 570
Isobasas, 563, 566
- Jökulhlaups, 114
- Kamenitzas, 218
Kames, 100, 102, 103
Karst de dolinas, 510
 de mogotes, 511
 de pináculos, 511
 de torres, 510, 511-514
Karst tropical, 508, 510-514
 karst cónico, 510
 karst de torres, 511
 kegelkarst, 510
 turmkarst, 510
Karstificación, 217, 218, 411
 y yacimientos de hierro, 519
Kavir, 324
Khonu, 178
Kluftkarren, 576
Knick, 297
Knickpoint, 267
 regresión, 482, 483
Knobs, 497
- Laderas, 156-174, 477, 475
 acarcavadas, 286-293
 complejas, 275
 compuestas, 275, 277, 279-281
 compuestas, cornisas, 280
 compuestas, cresta, 280
 de areniscas, desarrollo, 279
 de bloques, 161-165
 de geliflución, 157
 de zonas áridas, 273 y sigs.
 en rocas cristalinas, 273-275
 en rocas estratificadas, 275-281
 escalonadas, 273
 etapas de acumulación, 578
 etapas de erosión, 578
 evolución, 575, 576, 614
 extraplomadas, 302
 facetas triangulares, 281, 284-283, 576-579
 inestabilidad y actividades humanas, 182
 perfiles y clima, 575
 simples, 275, 276, 278, 279
 simples, deslizamientos, 279
 simples, discontinuidades, 278
 simples, socavamiento basal, 279
Lago(s), 590, 591
 Agassiz, 556
 Ancylus, 555
 biología, 326
 Chad, 328
 de deshielo, 177
 de origen glaciar, 74
 de represamiento glaciar, 112-116
 de zonas áridas, 426, 427
 desérticos, 323-343
 desérticos, orígenes, 328-332
 desérticos, sedimentación, 334-343
 desérticos y fauna, 330, 332
 Eyre, 328, 332, 333
 fluctuación de niveles, 591
 helado báltico, 554
 hidrología, 332, 333

- Missoula, 556
- Natrón, 328
- orientados, 177, 326
- pluviales, 593, 594
- profundos, líneas de costa, 595
- proglaciár, 98
- represados por el hielo, 562
- Rodolfo, 328
- salinos, 323, 324, 335
- salinos, formas superficiales, 337
- salinos, precipitación, 335
- salinos, procedencia de las sales, 335
- Turkana, 328
- Victoria, 328
- Lahares, 116
- Lajamiento, 273, 449
- Lapiaces, 217-219
 - estructurales, 218, 219
 - hohlkarren, 218
 - kluftkarren, 218, 219
 - oquerosos, 218
 - rillénkarren, 218
 - spitzkarren, 218
- Lateritas, 464-470
 - auríferas, 519
 - bloques sueltos, 496
 - composición, 465
 - definición, 464, 465
 - erosión, 469
 - estructura, 465
 - formación, 466, 468-470
 - inversión del relieve, 494
 - laderas, 494, 497
 - minerales, 465
 - modelados, 494
 - nódulos, 465
 - oolitos, 465
 - perfil, 468
 - periodos de formación, 466
 - pisolitos, 465
 - tipos, 465
 - vermiformes, 466, 467
 - y carreteras, 518
 - y construcción, 517, 518
 - y migración de óxidos de hierro, 469
 - y nivel freático, 470
- Lecho fluvial, evolución de la altura, 545
- Levantamiento, 136, 137
- Levees, 315
- Líneas de cantos, 478, 479, 485
- Llanuras de bloques, 161-165
 - de inundación, 487
 - grabadas, 494, 497-498
- Lóbulos de derrame, 487
 - de gelifluxión, 157
 - de tamiz, 307, 317
- Loess, 148, 397, 398
 - peridesérticos, 397
 - perimontanos, 398
- Lunetas, 329, 371, 392
 - modelo de desarrollo, 371
- Lunette, 329, 330
- Lutitas y piping, 417
- Manganeso y barniz desértico, 238, 239
- Mantos de arena, 374, 386, 388
- Mar Aral, 426, 427
 - de arena, 373
 - Muerto, 323, 328
 - temperatura superficial cenozoica, 595
- Marmitas, 483
- Marte, glaciares, 34
- Masas, movimientos, 182-184
- Meandros, 419
- Medias naranjas, 475, 489
- Megabrechas, 314
- Megaripples, 364
- Mesas, 35, 494
- Metamorfosis del canal, 586, 587
- Meteorización biológica, 449, 450
 - biótica, 408
 - de areniscas, 278
 - de silicatos, 451-453
 - en los trópicos húmedos, 448-471, 520
 - en zonas áridas, 209 y sigs., 407-410
 - esferoidal, 459, 461, 462, 463
 - física, 449
 - fracturas paralelas, 211
 - grados, 454, 455
 - perfiles relictos, 609, 610
 - por insolación, 211, 449
 - procesos, 211-220
 - química, 16, 140, 450-457
 - regiones, 16
 - salina, 213-217
 - secuencia de Goldich, 453
 - velocidades, 464
 - y abanicos aluviales, 319
 - zonas, 19
- Microconductos subsuperficiales, 261
- Microformas grabadas, 366
 - helicoidales, 366
- Micropedimentos, perfiles, 301
- Micropipes, 261, 289

- Microyardangs, 368
- Minas a cielo abierto, 190, 542
 - de estaño y karst, 520
 - subterráneas, 191
 - y actividad glaciectónica, 118
 - y permafrost, 190, 191
- Minerales de arcilla, 455-457
 - de arcilla, distribución y profundidad, 456
- Modelado(s) en lateritas, 494
 - lábil, 546
 - resistentes, 546
 - respuesta al cambio climático, 457
 - tropical, 472-514
- Modelos, 13
 - lábil, 546
- Modificaciones biológicas y cambio climático
 - tropical, 608, 609
- Monadnocks, 8
- Monolitos, 503, 505
- Monosialitización, zona, 456
- Montera de yacimientos minerales, 518
- Montmorillonita, 288, 456, 457
- Monzones, 526
- Morrenas, 46
 - acanaladas, 81, 85
 - anuales, 90
 - centrales, 83, 84
 - clasificación, 86
 - de descarga, 89
 - de desintegración, 90
 - de empuje, 89, 90
 - de fondo, 85
 - drumlins, 86, 87
 - drumlins en crecimiento, 88
 - hummocky, 90
 - lagos de obturación, 83
 - laterales, 83, 84, 85, 106
 - terminales, 83
 - terminales y lagos de represamiento, 114, 115
 - transversales de valle, 89
 - y retroceso de glaciares de valle, 562
- Movimientos de masas, 16, 140, 488-494
- Mud carl, 230, 231
 - flows, 317
- Natural levee, 487
- Nebkhas, 251, 382, 387-389
- Nevado del Ruiz, volcán, 116, 117
- Neviza, 36
 - variación de densidad, 38
- Nichos de nivación, 145, 169-171
 - de termoerosión, 175
- Nieve(s) fresca, 36, 36
 - fusión, 266
 - granular, 36
 - transformación en hielo, 36
 - venteada, 38
- Nivación, 67, 145, 169-171
- Norteamérica en el Cuaternario, 570-572
- Nubes y cambio climático, 459
- Nunataks, 39, 40, 58
- Obras lineales y suelos helados, 187, 188
- Oleoductos y cilindro de deshielo, 190
 - y permafrost, 188-190
- Oquedades eólicas, 366
- Oro de las lateritas, 519
- Oscilaciones paleoclimáticas, causas, 606-608
- Ouads, 252, 256, 573, 574
- Overforming, 272
- Oxígeno del hielo, registros, 552
 - en foraminíferos planctónicos, 553
- Pack ice, 39
- Paleoclimática, información, 551-554
- Paleoinundaciones, 96
- Paleolagos, 588-595
 - cartografía, 589
 - registro estratigráfico, 589
- Palsas, 155
- Pan, 324
- Partículas eólicas, arrastre, 361
 - características, 360
 - procedencia, 360
 - umbral de fluido, 361
 - umbral de impacto, 361
 - umbral de velocidad, 361
 - umbral dinámico, 361
 - umbral estático, 361
 - y viento, 361, 362
- Pavimentos desérticos, 225-228
 - desérticos, formación, 225, 227
- Pedillanuras, 11, 302, 494
 - escalonamiento, 304
- Pedimento(s), 294 y sigs., véase también Glacis
 - cubierto, 294
 - definición, 294
 - distribución mundial, 297
 - terminología, 296
- Pediplanación, 304
 - ciclo, 306
- Penillanuras, 7, 494
- Perfil(es) de meteorización, 457, 458, 461-463
 - de meteorización relictos, 609, 610

- laterítico, 468
- Pergelisuelo, 130
- Periglaciación, ciclo, 172, 173
- Periglaciares, fluctuaciones, 570, 571
 - reconstrucción de las condiciones, 567, 568
 - regiones, ingeniería, 179
 - tipos de climas, 129, 130
 - zonas, 127-149
- Periglaciares, formas, 150-191
 - bandas estriadas, 153
 - campos de rocas, 161-165
 - canchales, 159-161
 - césped almohadillado, 153, 154
 - círculos, 150
 - círculos clasificados, 150-152
 - conos de derrubios, 159-161
 - convergencia de formas, 150
 - cordones de nivación, 171
 - criopedimentos, 157-159
 - equifinalidad, 150
 - escalones, 153
 - evolución de las laderas, 171-174
 - facetas triangulares de laderas, 173
 - glaciares rocosos, 165-169
 - grèzes litées, 169
 - laderas, 156-174
 - laderas cantil-talud, 172
 - laderas de bloques, 161-165
 - laderas tripartitas, 173, 174
 - modelado fluvial, 175, 176
 - nichos de nivación, 169-171
 - nichos de termoerosión, 175
 - palsas, 155
 - pingos, 155
 - polígonos, 151
 - polígonos clasificados, 152, 153
 - redes, 153
 - ríos de bloques, 161-165
 - suelos estriados, 153, 154
 - suelos ordenados, 150-153
 - terrazas de crioplanación, 157-159
 - valles asimétricos, 176
 - valles de fondo plano, 176
 - valles en cuna, 176
- Periglaciares, procesos, 134-149
 - acción del viento, 148, 149
 - actividad fluvial, 147
 - agrietamiento, 138
 - agujas de hielo, 137
 - avalanchas de placa, 145
 - avalanchas de polvo, 145
 - bloque de arrastre, 142
 - clasificación lateral, 140
 - clasificación mecánica, 140
 - clasificación por helada, 139
 - clasificación vertical, 139
 - coladas de barro, 142
 - creep de helada, 141
 - crioturbaciones, 138
 - cuñas de arena, 138, 139
 - cuñas de hielo, 138
 - desplazamiento de masas, 137
 - frostpull, 137
 - frostpush, 137
 - gelifluxión, 141
 - huecos alrededor de los cantos, 137
 - involuciones, 139
 - involuciones periglaciares, 138
 - levantamiento, 136, 137
 - meteorización química, 140
 - movimientos de masas, 140
 - nivales, 144
 - nubbins, 137
 - pipkrake, 137
 - presión crioclástica, 137
 - traslación, 136
- Periodo árido, 573
 - interpluvial, 573
 - pluvial, 573
- Permafrost, 129, 130
 - alpino, 130
 - aufeis, 131
 - capa activa, 130
 - características, 130-134
 - continuo, 130
 - cuñas de hielo, 131-133
 - discontinuo, 130
 - esporádico, 130
 - hielo de pingo, 131
 - hielo glaciar, 130
 - icings, 131
 - ingeniería, 179, 184
 - lentejones de hielo, 131
 - mollisuelo, 130
 - polar, 130
 - régimen térmico, 133
 - sección, 132
 - submarino, 130
 - venas de hielo, 131
 - y agricultura, 191
 - y agua potable, 191
 - y aguas residuales, 191
 - y cambio climático, 570-572
 - y edificios, 185-187

- y minería, 190, 191
- Petrovarianza, 23
- pH de aguas continentales, 451
 - y solubilidad de compuestos químicos, 452
- Piedemontes de regiones áridas, 294 y sigs.
- Piedmonttreppen, 10
- Pilancones, 21, 220
 - de meteorización, 222
- Pináculos de lodo, 340
- Pingos, 155, 156
 - antiguos, 569
 - colapsados, 177, 178
 - etapas de desintegración, 177
 - génesis, 156
 - submarinos, 155
- Piping, 261-264, 289, 329, 417, 418, 480
 - control, 418
- Pistas del desierto, 227
- Pits, 222, 223
- Placas de arena, 381
 - márgenes activos, 541
- Placeres, 119, 120, 190, 613
- Plataformas, 494
- Plateau, 273
- Playa, 324, 328
 - etapas, 340
 - zonación de sales, 336
- Pleistoceno, glaciares, 34, 35
- Plumas de polvo, 395
- Pluvial, 447
- Población de zonas áridas, 407
- Point bar, 487
- Polígonos salinos, 339, 340
- Polvo atmosférico y estudio del cambio climático, 596
- Polvo desértico, 392-398
 - áreas madre, 394
 - consecuencias, 396, 397
 - desplazamientos globales, 394
 - origen, 394, 395
 - propiedades, 393
- Polvo eólico, 430
 - movilización, 395
 - sedimentación, 396
 - transporte, 395, 396
- Popcorn, estructura, 261, 288, 289
- Potencial de oxidación-reducción, 451
- Precipitación en regiones áridas, 200, 247-249
 - impacto y salpicadura en regiones áridas, 259, 260
 - variabilidad global, 204
 - y densidad de drenaje, 574
- Presas, 419, 420
 - y avalanchas de hielo, 111
- Presión crioclástica, 137
- Primärrumpf, 10
- Procesos eólicos, 359-372
 - eólicos, estudio, 359, 360
 - fluviales, 317
- Profundidad de meteorización, 458-460
- Protalus, 171
- Pseudoanticlinales, 243
- Pseudodolinas, 264, 331
 - en embudo, 263
- Puentes y permafrost, 188, 189
- Quelación, 452
- Rainsplash, 259, 289
- Ramblas, 579-584
 - encajamiento, 580-582
 - niveles de sedimentos, 580, 581
 - y cambio climático, 579-584
- Ramparts, 171
- Rampas salinas, 339
- Rápidos, 482
- Reg, 225, 226
- Regímenes climáticos, 18
- Regiones áridas, 199 y sigs.
 - acción del agua, 247 y sigs.
 - diferenciación geomorfológica, 205-208
 - distribución, 201
 - escorrentía, 257
 - evapotranspiración, 247
 - infiltración, 257
 - laderas, 273 y sigs.
 - piedemontes, 294 y sigs.
 - precipitación, 247
 - procesos fluviales, 265-271
 - rainsplash, 259
 - superficie, 200, 201
 - tipos de aridez, 200
 - vegetación, 247
 - zonas de interregueros, 257
- Regiones morfoclimáticas, 20
 - morfogenéticas, 17
- Regolitos, 288, 458, 499
 - características, 515
 - comportamiento mecánico, 489
 - de climas tropicales húmedos, 515-517
 - distribución espacial, 459
 - e ingeniería, 516
 - mapas tridimensionales, 516
- Regueros de gelifluxión, 157

- de las zonas áridas, 257, 258
- erosión, 260
- Relieve, modelos de evolución, 7-11
 - y formación de lateritas, 466
- Remolinos de polvo, 395
- Reptación, 362, 478, 488
- Residuos y permafrost, 191
- Resistencia litológica, 23
- Respuesta compleja, 545
- Riesgo eólico, 430-433
- Rift valleys, 206, 273, 328, 332, 475, 476, 589
- Rilling, 289
- Rills, 257, 258
- Ríos, actividad, 147, 148
 - canales trenzados, 147
 - cantidad de sedimentos, 574
 - de bloques, 161-165
 - desérticos y cambio climático, 585-588
 - en zonas áridas, 252-256, 414-426
 - erosión y sedimentación, 472-494
 - trenzados, 487
 - tropicales, 475
 - tropicales, terrazas, 613, 615
 - y cambio climático, 573-588, 612-616
 - y etapas eólicas y fluviales, 588
- Ripples, 364, 365
- Rocas desnudas acanaladas, paisaje, 96
 - desprendimientos, 141
 - fracturas paralelas, 211
 - karstificables, 217
- Rodadura, 362
- Ruapehu, volcán, 116
- Rusia en el Cuaternario, 570
- Sabanas, 447
- Salares, 205, 207, 324, 327
- Sales en los desiertos, 213
 - y karst, 412
- Salinas, 324
- Salinización, 434-436
- Salmueras, minerales, 336
- Saltación, 362, 363
 - modificada, 363
 - pura, 363
- Sapping, 480
- Saprolito, 458
- Schlieren, 463
- Scroll bars, 487
- Sebkhas, 324
 - interdunas, 328
 - litorales, 324, 342, 343
- Secuencia sedimentaria tipo Scott, 318
 - sedimentaria tipo Trollheim, 318
- Sedimentación fluvial, 484-488
 - fluvioglaciario, 91, 97-107
 - glaciario, 78-90
 - glaciario, detritos endoglaciares, 78
 - glaciario, detritos subglaciares, 78
 - glaciario, detritos supraglaciares, 78
 - glaciario, mecanismo, 78-81
- Sedimentos en suspensión, concentración, 268
 - en zonas áridas, 257-260
 - glaciogénicos, 118
- Seifs, 383, 384
 - rampantes, 393
- Selvas, cambios de extensión y climáticos, 609
 - distribución antigua, 610
- Sensibilidad al cambio climático, 545
- Serir, 225
- Shamal, 395
- Sheet floods, 317, 319
- Sheeting, 273, 449
- Shield inselbergs, 497
- Sieve lobes, 307
- Silcretas, 245, 246
- Silicatos, meteorización, 451-453
- Sílice vítrea, 238
- Sísmica de martillo, 516
 - de refracción, 516
- Sistemas clima-proceso, 17, 18
 - de dunas y cambio climático, 595-606
 - fluviales, véase Ríos
 - lacustres, 426, 427
- Sobrepastoreo, 438
 - y arroyos, 581, 582
- Socavación basal, 480
- Sodificación, 434
- Sodio, cationes y piping, 264, 265
 - y cambios volumétricos del suelo, 413
- Soliflucción, 6
- Solubilidad y pH, 451, 452
- Sondeos en casquetes de hielo, 551-554
 - en sedimentos marinos profundos, 553
- Sorpresas climáticas, 460
- Spring mounds, 337
- Subsidencia antropogénica, 427-429
 - karstica, 408, 412-414
- Suelos, ecuación universal de pérdida, 415
 - expansivos, 414
 - ferralíticos, 456
 - ferruginosos, 456
 - fersialíticos, 456
 - helados, véase Permafrost
 - lateríticos e ingeniería, 517

- ordenados, 150-153
- pérdidas en los trópicos, 474, 475
- Superficies basales de meteorización, 458
 - de grabación, 15, 300
 - exhumadas, 497
- Superinterglaciación, 459
- Surcos eólicos, 366
- Suspensión, 363
 - cercana, 364
 - lejana, 364
- Swales, 487
- Tafonis, 21, 140, 220, 221, 278
- Takir, 324
- Talus flatirons, 281, 576, 577, 578
- Técnicas de datación, 543, 544
- Temperatura global y cambio climático, 543
 - media anual, 20
 - y meteorización, 448
 - y pérdida de sedimentos de los ríos, 574
- Termitas, 450, 451, 478, 479
- Termocircos, 170
- Termoclastismo, 211
- Termokarst, 176-179
- Terrazas, 271
 - de altiplanación, 158
 - de crioplanación, 157-159, 570
- Terremotos y estabilidad de las laderas, 493
- Terreno, mapas de sensibilidad, 180
- Till, 83, 108
 - bloques erráticos, 81
 - características, 81-83
 - curva de carga-deformación, 88
 - fábrica, 82
 - subglaciación, 79, 80
 - supraglaciación, 79
 - tamaño de partículas, 82
- Topografía kárstica glaciación, 35
 - y dunas, 392
- Tormentas, frecuencia anual, 525
- Tornados, 429, 430
- Tors, 158, 274, 275, 500-503
 - desarrollo, 502
 - periglaciares, 570
- Tráfico de vehículos y erosión, 416
- Transpiración en regiones áridas, 200, 251
- Transporte eólico, tipos, 362-364
 - glaciación, 78-90
- Trap, 273
- Traslación, 136
- Tremedal, macizo, formas acumulativas, 163-165
- Trópicos húmedos, 443 y sigs.
- clasificación de suelos residuales, 517
- clima, 446
- definición, 445
- deslizamientos, 522-525
- dominios morfoclimáticos, 447, 448
- erosión, 472-494
- evidencias geomorfológicas del cambio climático, 609-616
- geomorfología, 515 y sigs.
- inundaciones, 525-528
- meteorización, 445, 448-471
- pérdida de suelo, 474, 475
- placeres, 520
- precipitación, 446, 447
- sedimentación en sistemas fluviales, 472-494
- vegetación, 447
- y cambio climático, 573 y sigs., 608-616
- yacimientos minerales, 518-522
- Túmulos salinos, 338
- Tunnelling, 261
- Turberas reticuladas, 155
- Ulltanuras, 494, 497
- Uplains, 497
- Umbral de energía crítica del agua, 311
 - geomórfico, 545
- Undercutting, 480
- Uniformista, teoría, 5
- Valles asimétricos, 176
 - de fondo planos, 176
 - en cuna, 176
 - encajados, relleno, 272
- Valles glaciares, 68, 69, 70
 - colgados, 72
 - cuencas, 72, 73
 - de tipo alpino, 69
 - de tipo compuesto, 69
 - de tipo intrusivo, 71
 - de tipo inverso, 71
 - de tipo islándico, 69
 - desfonde periglaciación, 73
 - difluencia, 74
 - espolones afectados, 72
 - firths, 77
 - hombrecas, 72
 - perfil longitudinal, 72, 73
 - perfil transversal, 71
 - skjaergard, 77
 - strandflats, 77
 - topografía de colinas y lagos, 74
 - transfluencia, 74

- umbrales, 72, 73
- Varvas, 107
- Vegetación, áreas de refugio amazónicas, 611
 - de las dunas y modificaciones del tiempo, 597, 598
 - en zonas áridas, 248-250
 - respuesta al cambio climático, 457
 - y deslizamientos, 491, 492
 - y dunas, 387, 389, 597, 598
 - y erosión eólica, 430
 - y estabilidad de las laderas, 492
 - y formación de lateritas, 466
- Velocidad de meteorización, 464
 - de retroceso, 284-286
- Ventirafactos, 366
- Viento(s), acción, 16, 148, 149, 430-433
 - acumulaciones, 373-398
 - catabáticos, 395
 - procesos, 359-372
 - y abanicos aluviales, 319
 - y cambio climático tropical, 616
- Volcanes y cambio climático, 460
 - y glaciares, 116, 117
 - y polvo desértico, 394
- Vostok, lago, 116
- Yacimientos de hierro y karstificación, 519
 - supergénicos, enriquecimiento, 518
- Yacimientos minerales, 518
 - lateritas, 519
 - placeres, 520
 - y medio ambiente, 522
 - zonas, 519
- Yardangs, 360, 367-370
- Yesos y arroyos, 270
 - y karst, 412
- Zapamiento, 480
- Zibars, 387
- Zonal, proceso, 21
- Zonalidad, 21
- Zona(s) acarcavadas, 417, 417
 - áridas, 24, 199 y sigs., *véase también* Desiertos
 - áridas, acción del agua, 247 y sigs.
 - áridas de conservación de aplanamiento, 26
 - áridas, geomorfología, 407 y sigs.
 - de meteorización, 459, 464
 - de nivel del mar, 567, 568
 - ectropical con formación de valles, 26
 - ecuatorial de aplanamientos parciales, 26
 - forestal de latitudes medias, 24
 - fría, 24
 - glaciar, 25
 - intertropical, 24, 448
 - morfoclimáticas, 22-26
 - periglacial con formación de valles muy encajados, 25
 - peritropical de extensos aplanamientos, 26
 - subárida, 24
 - subtropical de morfogénesis mixta, 26
- Zonda, 395
- Zweikanter, 366