

materia

Xeoloxía Ambiental

unidade didáctica 7

Movements en masa

Teresa M^a Taboada Rodríguez

Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola
Facultade de Bioloxía



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA



unidade didáctica 7

Movimentos en masa

Teresa M^a Taboada Rodríguez
Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola
Facultade de Bioloxía



Copyright © Universidade de Santiago de Compostela, 2012

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Estudantes,
Cultura e Formación Continua
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital

Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 1139-2012

ISBN 978-84-9887-896-7

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen
consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Xeoloxía Ambiental

TITULACIÓN: Máster en Medio Ambiente e Recursos Naturais

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Unidade I. Introducción

Introdución e conceptos básicos
Método de traballo en Xeoloxía Ambiental
A Terra como sistema. Interacción entre sistemas. Ciclos
Conceptos de recurso xeolóxico e de reserva
O risco xeolóxico: Concepto e tipos
Valoración e prevención do risco xeolóxico

Unidade II. Recursos minerais e rocas industriais

Recursos minerais: Recursos metálicos e non metálicos
Xacementos minerais: orixe e métodos de investigación
Explotación de xacementos minerais
Rocas industriais: Pedras de construción e rocas ornamentais
Áridos. Cementos e formigóns. Arxilas. Vidros e asbestos
Regulación das actividades extractivas

Unidade III. A auga como recurso

Ciclo e distribución da auga
A subministración da auga: cursos fluviais, transvasamentos, pantanos, lagos, desalgación, augas subterráneas
Impacto causado pola extracción de auga
As augas termais

Unidade IV. Recursos enerxéticos

Tipos de fontes de enerxía
Enerxías fósiles (carbón e petróleo). Enerxía nuclear
Enerxía da auga. Enerxía solar. Enerxía eólica
Biomasa e biocarburantes

Unidade V. O risco volcánico

Distribución dos volcáns
Impactos producidos pola actividade volcánica
Previsión vulcanolóxica
Identificación e valoración do risco volcánico
Planificación do territorio volcánico

Unidade VI. O risco sísmico

Orixe e distribución dos terremotos
Magnitude e intensidade dun terremoto
Perigos dun terremoto. Medidas de seguridade
Maremotos e tsunamis
Mapa de prioridades de risco sismotectónico

Unidade VII. Movementos en masa

Movementos en masa lentos e na vertical
Os correntamentos de terra
Síntomas de risco de movementos en masa
Valoración e control dos movementos en masa

Unidade VIII. Inundacións

Orixe e efectos das inundacións

Factores ambientais que inflúen nas avenidas

Estratexias para previr as inundacións e para reducir as perdas que orixinan

Unidade IX. Procesos costeiros

Dinámica do mar

Procesos de erosión costeira

Estratexias de estabilización costeira

ÍNDICE

Presentación	8
Os obxectivos	8
Os principios metodolóxicos	9
Os contidos básicos	9
1. Introducción	9
2. Tipos de movementos en masa	10
3. Movementos en masa lentos	10
4. Movementos na vertical, afundimentos	10
4.1. Efectos e perigos dos afundimentos	11
4.2. Predición e mitigación dos afundimentos	12
5. Corrementos de terra	12
5.1. Factores de estabilidade das ladeiras	12
5.1.1. O gradiente da ladeira	13
5.1.2. A auga	14
5.1.3. O tipo de materiais	15
5.1.4. Mecanismos desencadeamentos	15
5.2. Clasificación dos corrementos de terra	15
5.2.1. Desprendementos	16
5.2.2. Corrementos de terra «s.s.»	16
5.2.3. Fluxos	17
5.3. Síntomas de risco de corremento de terra	17
5.4. Valoración e control dos corrementos de terra	18
Avaliación da UD	19
Bibliografía	19

PRESENTACIÓN

O programa que se presenta está especificamente deseñado para o alumnado que cursa o Máster de Medio Ambiente e Recursos Naturais, polo que se centra naqueles aspectos da Xeoloxía Ambiental que non se estudan noutras materias da titulación; por exemplo non se estuda o solo como recursos porque os alumnos cursan distintas materias desa disciplina.

Dentro do programa pódense diferenciar claramente dúas partes, na primeira estúdanse os recursos (unidades II a IV) e na segunda os riscos (unidades V a IX) xeolóxicos.

A presente unidade didáctica (en diante UD) encádrase na parte do programa onde se estudan os distintos riscos xeolóxicos, é dicir, aqueles fenómenos asociados a procesos xeolóxicos naturais que teñen lugar na superficie da Terra e que representan unha ameaza para a vida humana e para as súas propiedades. Nas unidades anteriores estudáronse os riscos xeolóxicos que son resultado de forzas do interior da Terra (erupcións volcánicas e terremotos) e nesta UD comezamos a analizar os resultantes de forzas externas (na superficie da Terra ou moi preto dela)

Os movementos en masa constitúen un conxunto de procesos mediante os cales os materiais terrestres móvense por acción da gravidade. A maioría destes movementos teñen lugar en zonas de ladeira; pero mesmo en zonas chairas pódense producir desprazamentos, de maneira que existen poucas áreas totalmente exentas de perigo.

En primeiro lugar trataranse aqueles movementos en masa non incluídos entre os correntamentos de terra e a continuación centrarémonos nos correntamentos de terra. Estudaranse os procesos, as consecuencias e as medidas para a prevención e a mitigación dos danos que poidan ocasionar.

OS OBXECTIVOS

Ao finalizar a UD, o alumnado será capaz de:

- Comprender os procesos que teñen lugar nos distintos tipos de movementos en masa.
- Coñecer as forzas que actúan nas ladeiras e como afectan á estabilidade destas.
- Identificar os efectos dos movementos en masa e a súa relación con outros riscos.
- Comprender como as actividades humanas poden incrementar o perigo dos distintos procesos.
- Estar familiarizado coas actuacións que se deben realizar para evitar ou mitigar os danos causados polos movementos en masa.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

Os contidos teóricos da UD desenvolveranse en clases maxistras (3 horas) co apoio dos medios audiovisuais dos que se dispón. Previamente o alumnado terá á súa disposición, na aula virtual da materia, un resumo da presentación que se utilizará nas clases maxistras, no que se incluírán os esquemas e as figuras; así como ligazóns a páxinas web de interese.

Fomentarase a participación diaria do alumnado mediante a formulación de cuestións sobre os distintos aspectos que se van tratar, en especial as relacionadas con aspectos de actualidade (noticias de prensa) ou de proximidade na contorna.

Os contidos teóricos complétanse tanto no itinerario de campo como na preparación do traballo de campo en grupo (3-4 persoas):

— O itinerario de campo consiste nunha saída que permite a observación *in situ* dos efectos dos riscos xeolóxicos máis habituais na nosa área (inundacións, movementos en masa, procesos costeiros) así como a visita a algunha explotación de recursos xeolóxicos (minerais, rocas e/ou recursos enerxéticos).

— No traballo de campo o alumnado fai un estudo dos recursos e riscos xeolóxicos dunha zona concreta seleccionada por el con axuda do profesor. Buscan a información bibliográfica e cartográfica dispoñible, recoñecen os recursos e os riscos no campo e presentan unha memoria na que deben incluír unha cartografía moi básica de recursos e risco. A esta actividade, que pretende ser unha aplicación dos coñecementos adquiridos ao longo do curso, o alumnado dedicará dúas horas de titoría e 22 horas de traballo persoal (horas non presenciais). O tempo necesario para o estudo dos movementos en masa, dentro do traballo global, vai depender da importancia que estes procesos teñan na zona de estudo seleccionada.

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción

Os movementos en masa constitúen un conxunto de procesos polos cales os materiais terrestres, en ocasións previamente afectados pola alteración, móvense por acción da gravidade.

Dentro dos movementos en masa existen uns rápidos e outros máis lentos como son o «creep» (reptación), a solifluxión e algúns fenómenos de subsidencia.

O tamaño dos movementos en masa vai desde desprazamentos de poucos metros cúbicos até avalanchas de rocas de centos de millóns de metros cúbicos que afectan a ladeiras montañosas enteiras.

A maioría destes movementos prodúcense en zonas de ladeira; pero mesmo en zonas chairas, se o subsolo está constituído por sedimentos finos non consolidados, poden producirse desprazamentos. Así pois pode comprenderse que se trata do risco xeolóxico máis estendido, de maneira que existen poucas áreas totalmente exentas de perigo. A probabilidade de

aparición deste tipo de movementos está incrementada por factores como: ladeiras moi abruptas, regolitas inestables, ausencia de árbores e alto contido en humidade. Con todo, o factor máis importante é determinar se o impulso que está a tentar superar o equilibrio nunha ladeira supera as forzas de resistencia que operan para manter a estabilidade.

2. Tipos de movementos en masa

Existen moitas clasificacións diferentes, en xeral utilízase o termo corremto de terra para o fenómeno morfolóxico que consiste nun rápido movemento por gravidade, pero tamén se aplica este termo para a forma resultante dese desprazamento.

Existen, con todo, algúns tipos de movementos en masa que non adoitan incluírse baixo a denominación xenérica de corremto de terra, ben porque se trata de movementos lentos ou porque se inclúen baixo o termo de afundimento

En primeiro lugar referirémonos a aqueles movementos en masa non incluídos entre os corremto de terra e a continuación centrarémonos na clasificación dos corremto de terra.

3. Movementos en masa lentos: «creep» ou reptación e solifluxión

A reptación («*creep*») é un movemento de ladeira que non necesita fortes pendentes para que se desenvolva.

É un movemento lento do solo ou da regolita, causado pola gravidade e polos movementos de expansión - contracción que afectan o solo. As causas da expansión contracción poden ser procesos de xeo - desxeo ou de humectación e secado.

A solifluxión é un movemento de ladeira característico de climas fríos e está ligada a ciclos de xeo - desxeo. É un movemento estacional e paralelo á pendente, a profundidade do material afectado non adoita superar o metro. Este tipo de movemento pode afectar a un extenso manto de terreo, pero pouco profundo.

4. Movementos na vertical, afundimentos: Subsistencia e colapso

Subsistencia e colapso son movementos esencialmente verticais, sen apenas movemento na horizontal. Poden producirse por un movemento repentino (colapso) ou lentamente (subsistencia).

Estes movementos non requiren un medio de transporte como a auga ou o xeo, aínda que a auga poida facilitalos. Están controlados polas propiedades físicas dos materiais que subxacen na área e non pola estabilidade da ladeira.

O mecanismo que provoca o afundimento poden ser un proceso natural, pero en moitos casos as condicións que levan a que se produza poden ser promovidas ou mesmo creadas pola intervención humana.

Os colapsos (afundimentos repentinos) son característicos de áreas asentadas sobre macizos de rocas solubles (por exemplo calcarias), xa que nestas áreas poden formarse covas e cavernas pola disolución que exercen as augas subterráneas e orixinar afundimentos do seu teito.

As actividades mineiras, aínda en rocas non solubles, pode ser con frecuencia a causa de afundimentos, como ocorre nas minas de carbón.

Outros colapsos son, por exemplo, as fochas que ás veces son noticia en distintas cidades como, por exemplo Vigo onde gran parte da cidade está instalada sobre un subsolo areoso (ligado á proximidade á costa). Nestes materiais areosos, moi pouco estruturados, as correntes de auga orixinadas pola rotura de canos poden erosionalos e arrastralos chegando a crearse ocos no subsolo que provocan que se afunda o pavimento.

A subsidencia é un afundimento paulatino. A área á que pode afectar pode ser moi variable, nalgúns casos é un fenómeno localizado, pero noutros ten extensión rexional.

A subsidencia prodúcese, por exemplo, nos deltas onde a acumulación de sedimentos e a procura do equilibrio isostáseo son os causantes, pero pode producirse tamén tras a extracción de auga, petróleo ou gas natural, pois o material que os contiña vaise compactando a medida que desaparece o líquido que enchía os ocos. Ás veces este proceso de extracción de fluídos pode ter unha orixe natural como ocorre en épocas de seca, cando a vexetación contribúe a reducir a humidade do solo, pero a maior parte das veces está causada por actividades humanas.

A subsidencia tamén pode producirse como consecuencia do peso do desenvolvemento urbano, sobre todo en cidades instaladas en chairas de inundación (Nova Orleáns, Londres...), zonas costeiras con «*marsh*» ou deltas (Venecia, Tokyo...) ou lagos (México), nas que tanto o peso como a extracción de auga favorecen a subsidencia.

4.1. Efectos e perigos dos afundimentos

- Destrucción física e danos en edificios, pontes, presas, vías de comunicación... por asentamento diferencial e fracturas no terreo.
- Invasión de auga sobre as terras baixas costeiras e contorna dos lagos e ríos.
- Cambios de pendente no terreo, que poden afectar tanto aos cursos de auga naturais como ás canalizacións, drenaxes, tubaxes ou redes de sumidoiros.
- Colapso de tubaxes en pozos de auga ou petróleo.
- Perdas e filtracións en canles e encoros.
- Contaminación das redes de abastecementos de auga subterránea, cando se mesturan con augas superficiais contaminadas que chegan a través das fisuras producidas pola subsidencia.
- Desaparición de acuíferos.

4.2. Predición e mitigación dos afundimentos

Cando se trata de afundimentos debidos á extracción de material sólido, a predición e valoración do risco baséase, polo xeral, na cartografía de áreas susceptibles. Por exemplo en zonas de explotación de carbón os mapas mostrarán a distribución das áreas previamente explotadas con información sobre os afundimentos en áreas similares, a profundidade dos traballos mineiros...

Nas zonas con rocas solubles (rocas calcarias e xesos) os mapas basearanse en estudos de fotografía aérea da zona, observando os lugares onde se interrompen as áreas de drenaxe e a existencia de dolinas históricas e prehistóricas.

No caso de subsidencias debido á extracción de fluídos interesa coñecer a velocidade de extracción e as características das rocas do subsolo. Nestes casos adoita presentarse un conflito de intereses entre a explotación de recursos tan valiosos como a auga ou o petróleo e a existencia deste risco.

5. Correntos de terra

Como xa se sinalou ao principio da UD, o termo correntos de terra úsase tanto para o fenómeno morfolóxico que consiste nun rápido movemento por gravidade, como para a forma resultante dese desprazamento. Este termo adoita empregarse abarcando os movementos por caída, escorregamento e fluxo; incluso os movementos rápidos por gravidade subacuáticos inclúense xeralmente baixo o termo de correntos de terra.

Os correntos de terra aparecen en case todos os terreos e poden desenvolverse baixo diferentes climas; todo o que se necesita para a súa formación é un mecanismo «provocador» suficientemente forte como para vencer a estabilidade natural das rocas e do solo; cando se supera o limiar de resistencia prodúcese un correnteo de terra e pode dar lugar a unha variedade de movementos e formas.

5.1. Factores que inflúen na estabilidade das ladeiras

Aínda que unha ladeira pareza estable ou nun estado estacionario, ao seu pé é fácil atopar materiais que proceden da parte superior; estes materiais poden desprazarse lenta ou rapidamente, pero sempre como consecuencia da forza da gravidade.

Existen moitos factores que afectan á estabilidade das ladeiras, un cambio en calquera deles ou unha combinación de varios factores pode conducir ao desastre. Nalgúns casos a causa pode ser un acontecemento repentino como un terremoto ou unha explosión ou ben a causa pode ser debida a un cambio que se foi producindo lentamente (como unha longa época de precipitacións, por exemplo).

Os principais factores que inflúen na estabilidade das ladeiras son:

- 1.- A forza da gravidade e, por tanto, o gradiente da ladeira.
- 2.- A auga, é dicir, as características hidrolóxicas da zona.
- 3.- O tipo de materiais, en concreto a presenza de materiais problemáticos.
- 4.- A aparición de mecanismos desencadeamentos.

5.1.1. O gradiente da ladeira

Dúas forzas opostas determinan se un corpo situado nunha ladeira moverase ou permanecerá quieto. Estas forzas son:

a) O esforzo cortante «shear stress» (forza de acción)

b) A resistencia ao corte «shear strength» (forza de reacción)

a) O esforzo cortante (T) causa o movemento do corpo paralelamente á superficie. O primeiro factor que inflúe nesta forza é a gravidade, que está relacionada co gradiente da ladeira, é dicir, coa pendente.

Nunha superficie horizontal a gravidade deixa o obxecto estable, porque tira del en dirección perpendicular á superficie. Nunha ladeira a forza da gravidade (P) pode descomporse en dúas forzas (fig. 1):

— Un compoñente perpendicular á ladeira (N) que tende a que o obxecto permaneza estable.

— Un compoñente paralelo á superficie (T) que tende a deslizar o bloque ao longo da superficie.

A medida que o gradiente da ladeira é maior, incrementase o esforzo cortante (T). Este esforzo cortante causa o movemento do corpo paralelamente á superficie de cizalla.

b) A resistencia ao corte (S): É a resistencia interna que opón o corpo ao desprazamento. Esta resistencia depende de factores inherentes á roca ou a regolita, tales como fricción e cohesión entre partículas e ao efecto que poidan exercer as raíces das plantas.

Se a resistencia supera o esforzo cortante, a roca non se move.

En termos xerais a estabilidade dunha ladeira pode definirse polo factor de seguridade (Fs), que é a relación que existe entre a suma das forzas de resistencia (S) e as forzas que tenden a desestabilizar a ladeira (T): $F_s = S/T$. Cando este factor é inferior a 1, o desastre é inminente.

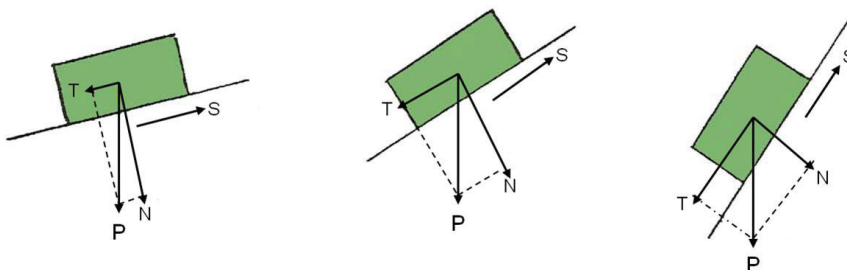


Figura 1.- Influencia do gradiente de ladeira (P = peso do bloque, N = presión normal á ladeira, T = esforzo cortante, S = resistencia ou corte).

Como acabamos de ver, o esforzo cortante pode aumentar por causas tales como o incremento do ángulo da pendente (por desmontes artificiais ou causas naturais). Ao aumentar a pendente aumenta o esforzo cortante, existindo para cada material un nivel máximo de esforzo admisible. Esta inclinación crítica denomínase ángulo de repouso e é un dos factores a considerar cando se determina a susceptibilidade ao corrememento de terra.

Ángulo de repouso: É o ángulo que forma a pendente dun cono realizado cun determinado material. O ángulo de repouso varía coa textura do material, a cobertura vexetal e o contido en auga (táboa 1).

Material	Ángulo de repouso
Rocas consolidadas	70°-90°
Arxilas compactas con boa drenaxe	50°-80°
Arxilas non compactas saturadas en auga	5°-20°
Arxilas compactas con cobertura vexetal	35°-50°
Solos francos, areo-arxilosos con boa drenaxe	35°-40°
Cantos	35°-40°

Táboa 1.- Ángulos de repouso dalgúns materiais

5.1.2. A auga

A auga xoga un papel moi importante, tanto nos movementos en masa da roca sólida como da regolita. O comportamento dos materiais non consolidados é diferente se están secos ou se están húmidos (lembrede os castelos de area na praia, se a area está seca ou excesivamente húmida é imposible moldeala).

Como se acaba de sinalar, o ángulo de repouso depende, en gran medida, do contido en auga. Unha certa cantidade de auga pode incrementar o ángulo de repouso, porque favorece a cohesión entre partículas (por tensión superficial); con todo, se se engade demasiada auga, a area satúrase e os seus grans perden entre si o contacto e o material flúe facilmente.

Sedimentos húmidos ou debilmente cementados, tales como limos ou arxilas, poden permanecer estables en paredes case verticais; pero se estas arxilas e limos se saturan de auga incrementase a presión interna do fluído e pódense volver inestables e fluír.

O movemento dalgunhas masas rochosas foi atribuído á presión de auga nos ocos das rocas. Se os ocos ao longo da superficie que separa dúas masas de roca están recheos de auga, e a auga está sometida a presión, pode producir un efecto de «flote».

Estes exemplos mostran que a auga pode reducir o rozamento e facilitar o escorregamento dos sedimentos e rocas por efecto da gravidade.

O papel da auga sobre os movementos en masa é tamén importante cando erosiona a base dunha ladeira ou cando provoca a alteración da composición químico-mineralóxica dun material.

Outra causa relacionada coa auga pode ser o aumento de peso da superficie do solo provocado pola excesiva acumulación de auga.

5.1.3. O tipo de materiais

Alguns materiais son particularmente susceptibles de producir movementos en masa. Entre eles cabe destacar:

- Solos e sedimentos arxilosos, cohesivos e saturados de auga.
- Materiais capaces de sufrir procesos de expansión, por exemplo cando contén xesos e/ou arxilas inchables.
- Solos e sedimentos soltos con baixa resistencia ao corte.
- Rocas sedimentarias con estratos paralelos á pendente das ladeiras.
- Rocas metamórficas con planos de xistosidade paralelos á pendente das ladeiras.
- Rocas ígneas e metamórficas moi alteradas.
- Series con alternancia de materiais con distinto comportamento fronte á alteración ou diferente grao de permeabilidade, sobre todo se teñen estruturas paralelas á pendente das ladeiras.
- Existencia de fallas e diáclases no material.

5.1.4. Mecanismos desencadeamentos

Trátase de factores externos independentes que proporcionan a forza que inicia o movemento en masa. Antes do desprazamento existe un equilibrio entre os materiais e a súa contorna. As tres perturbacións máis importantes, que fan que se supere o limiar de desastre son: precipitación excesiva, terremotos e actividades humanas.

A maioría dos correntamentos de terra provocados polo ser humano están causados por cambios na configuración das ladeiras ou por actividades que orixinan unha maior entrada de humidade no substrato. Calquera cambio que incremente o gradiente das ladeiras, anada peso ás ladeiras ou introduza un maior contido en auga, pode levar á inestabilidade e prepara a etapa de correntamentos de terra, entre eles podemos citar:

- A construción de vías de comunicación.
- Construcións nas ladeiras.
- Construción de presas e pantanos.
- Actividades mineiras.
- Corta de árbores.

Antes de realizar unha obra debe estudarse coidadosamente a estabilidade das ladeiras desde o punto de vista xeolóxico, xeomorfolóxico, hidrolóxico e de mecánica de solos.

5.2. Clasificación dos correntamentos de terra

Propuxéronse multitude de clasificacións, xeralmente teñen en conta o tipo de material que se move (roca, regolita, sedimento ou solo), a

proporción de masa que se move, a xeometría do movemento, o contido en humidade ou a velocidade.

Unha das máis utilizadas é a que propón Coates (1981), esta clasificación ten en conta a importancia dos diversos tipos de materiais na formación dos distintos tipos de corrementos de terra, o tipo de movemento e o contido de humidade (táboa 2). A continuación descríbense os distintos tipos seguindo a este autor.

Tipo de movemento	Tipo de materiais		
	Rocas	Sedimentos grosos	Material fino
Desprendementos	Desprendementos de rocas	Desprendementos de derrubas	Desprendementos de solos
De translación ▲ Corrementos ▼ Rotacionais	Corrementos de bloques e de rocas	Corrementos de derrubas	Corrementos de terras
Fluxos	Avalanchas de rocas	Avalanchas de derrubas	Fluxo de terras
		Fluxo de derrubas	Coadas de barro

Táboa 2.- Clasificación dos corrementos segundo Coates (1981)

5.2.1. Desprendementos

Son movementos abruptos de caída libre desde cantís e pendentes acusadas, onde os materiais non están en contacto continuo co solo, senón que poden rodar, saltar e rebotar ladeira abaixo. Divídense en: desprendemento de rocas e de laxas, desprendemento de derrubas e desprendemento de solos.

5.2.2. Corrementos de terra en sentido estrito

Son aqueles movementos en masa onde o desprazamento realízase ao longo dunha superficie (ou varias) de cizalla definida e o material desprázase como unha unidade. A superficie do corremento de terra pode ser plana ou cóncava e así diferenciamos:

— Corrementos de terra planos ou de translación: A rotura prodúcese a partir dun plano de debilidade con dirección máis ou menos paralela á superficie do terreo. Dentro deles podemos diferenciar: corrementos de bloques e de rocas, corrementos de derrubas ou de cantos, corrementos de láminas e corrementos de terras.

— Corrementos de terra rotacionais: O material desprázase como unha unidade ao longo de superficies de esvaramento cóncavas. Adoitan estar asociados a solos cohesivos e poden ser: simples (unha soa superficie de rotura) ou múltiples (varios esvaramentos que van ligándose) (Fig. 2).

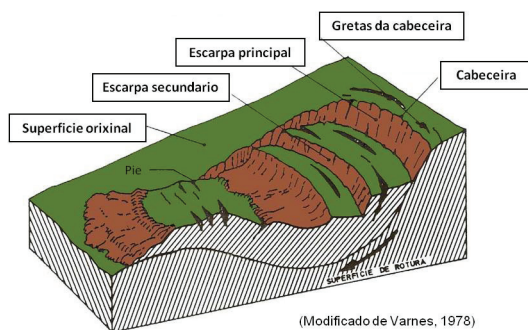


Figura 2.- Corrememento de terra rotacional

5.2.3. Fluxos

Os mecanismos de transporte por fluxo moven os materiais como unha masa viscosa. Non existe unha superficie de ruptura claramente definida. Este tipo de movemento se subdivide posteriormente de acordo co tipo de material e o seu contido en humidade, así diferéncianse:

- Avalancha de rocas: É unha enorme masa de roca fracturada cun movemento extraordinariamente rápido que termina cun fluxo seco.
- Avalancha de derrubas: Constitúe outro tipo de fluxo que produce movemento de materiais seguindo un curso (camiño) longo e relativamente estreito. Prodúcese en terreos montañosos e abruptos, en climas húmidos e tropicais; sempre están desencadeados por precipitacións excepcionais.
- Fluxo de derrubas: Diferénciase das avalanchas de derrubas en que a pendente da cabeceira do corrememento de terra é moito máis ampla, incorporándose unha gran cantidade de auga aos materiais, de forma que a diminución da viscosidade permite un desprazamento moito máis amplo.
- Fluxo de terras: É un termo que comprende un amplo rango de materiais non consolidados que se deslizan con algún tipo de fluxo. Refírese a un material parcialmente sólido ou con pouca cantidade de auga e que non está asociado a xeadas.
- Coadas de barro: O contido en auga deste tipo de fluxo é elevado, chegando a exceder o límite líquido.

Por último, as avalanchas de neve son outro fenómeno de gravidade, constituíndo un risco nas zonas de alta montaña.

5.3. Síntomas de risco de corrememento de terra

Os corremementos de terra poden aparecer en case todos os tipos de terreos, materiais xeolóxicos e climas, pero existen certos medios máis propensos a que se desenvolvan. Aínda que cada tipo de corrememento de

terra ten a súa causa, existen diversos síntomas que poden indicar o risco de corremento de terra.

Entre as características superficiais inclúense: cambios dos contornos e rupturas nos perfís das ladeiras, protuberancias frontais, fracturas no solo e desgarras laterais, chanzos, montículos, condicións anómalas de humidade e filtración, cambios bruscos na vexetación.

Se xa se produciron cambios, a existencia de condicións inestables pode detectarse por: portas e xanelas que se agarrotan e atascan; aparición de fracturas en escaiolas, tellas, ladrillos, cimentos, camiños e estradas; muros exteriores, paredes e chanzos que se «afastan» dos edificios; lento desenvolvemento de gretas no solo, movementos e inclinacións de árbores, mastros, postes, valos, paredes e outras estruturas.

5.4. Valoración e control dos corrementos de terra

A valoración dos corrementos de terra necesita unha combinación de estudos xeolóxicos, xeomorfolóxicos e hidroxeolóxicos con estudos de mecánica de rocas e solos. É necesario realizar estudos detallados para valorar e calcular os factores característicos da área como, o tamaño e a forma das masas inestables, a natureza e composición dos tipos de rocas e as súas estruturas, a posición das diáclases e planos de estratificación e as condicións de humidade.

Algunhas zonas son tan inestables que a única posibilidade de evitar o risco é evitar a área. Esta estratexia ten a vantaxe de ser a alternativa máis segura, pero non sempre é posible aplicala. No caso de construción de vías públicas, se non existen alternativas, a fase de construción debe ser extremadamente coidadosa, posto que as voaduras e as vibracións poden ser os mecanismos desencadeamentos.

Dentro dos métodos máis utilizados para a prevención e o control dos corrementos de terra inclúense:

1) Métodos de **control das augas** (superficiais e subterráneas):

No caso das augas superficiais a estratexia é impedirles que penetren na área de risco e drenar a que está no terreo. Entre os métodos aplicables están: construír cunetas e outros sistemas de colectores, modificar a pendente para permitir unha drenaxe máis uniforme, fixar con aglutinantes as fracturas e outros ocos, e mesmo en casos excepcionais, pode asfaltarse completamente a área.

Para controlar as augas subterráneas a técnica consiste en, se é posible, desecar os materiais e rebaixar o nivel freático. Isto pode conseguirse mediante galerías e túneles, drenaxes horizontais e tubaxes e mesmo bombear e recoller a auga con drenaxes verticais e pozos.

2) Métodos de **escavación**:

Estes métodos utilízanse cando existen circunstancias moi perigosas, cando xa se produciu a catástrofe ou se a área do corremento de terra é pequena:

— Remoción do corremento de terra

- Descarga da cabeceira do corremento de terra
- Cambio (redución) da pendente da ladeira
- Formación de terrazas

3) Métodos **estruturais**:

Os métodos de construción de estruturas úsanse para aumentar a resistencia aos corremos de terra e, polo xeral instálanse en, ou preto, da base da área inestable. A súa vantaxe é un custo relativamente baixo, pero só poden usarse para pequenos corremos de terra, que xa se sabe que existen. Para ser efectivos estas estruturas deben completarse con outros métodos, especialmente con técnicas de drenaxe, porque actúan como barreiras e a auga pode acumularse detrás delas.

Entre os tipos de estruturas que se utilizan están: contrafortes («*buttress*»), muros de contención, muros de gabións, coídos, redes metálicas, ancoraxes, pilotes...

4) Métodos **físico-químicos**:

En ocasións, para suxeitar as regolitas utilízanse métodos físico-químicos que aumentan a resistencia dos materiais fronte ao corremento de terra, entre eles podemos citar recheos con morteiro, electro-osmose e cambios de temperatura.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

A avaliación desta UD farase no conxunto da materia. Para a superación da materia será obrigatoria a asistencia ás clases, a realización do traballo de campo e a asistencia ao itinerario de campo. A puntuación máxima total que se poderá alcanzar é de 10 puntos que se reparten da seguinte maneira:

- O exame (sobre a docencia teórica e práctica) representa o 60% da cualificación final e é necesario acadar polo menos 1/3 do valor máximo (2 sobre 6).
- A asistencia e participación nas actividades docentes supoñen o 10% da nota final.
- O traballo de campo representa o 30% restante.

BIBLIOGRAFÍA

- BLATT, H. (1994): Laboratory exercises in Environmental Geology. Wm. C. Brown Pub. Dubuque, Iowa.
- BENNET, M.R. e P. DOYLE (1997): Environmental Geology. Geology and the human environment. John Wiley & sons, New York.
- COATES, D.R. (1981): Environmental Geology. John Wiley & Sons, Inc.
- DÍEZ HERRERO, A., L. LAÍN HUERTA e M. LLORENTE ISIDRO (2008): El estudio y la gestión de los riesgos geológicos. Publicaciones del IGME, Serie Medio Ambiente. Riesgos Geológicos nº 12.
- GONZÁLEZ VALLEJO, L.I., M. FERRER, L. ORTUÑO e C. OTO (2002): Ingeniería

- geológica. Pearson Educación. Madrid.
- IGME (1987): Manual de taludes. Serie Geotecnia. IGME, Madrid.
- (1988): Riesgos Geológicos. Serie: Geología Ambiental. IGME, Madrid.
- Mapas geológicos de escalas 1:50.000 y 1:200.000
- Mapas geotécnicos de escala 1:200.000
- IGN Mapas topográficos de escala 1:25.000
- KELLER, E.A. e R.H. BLODGETT (2007): Riesgos naturales. Pearson Prentice Hall. Madrid.
- MONTGOMERY, C.W. 2008: Environmental Geology. McGrawHill. New York.
- MONROE, J.S., R. WICANDER e M. POZO (2008): Geología. Dinámica y evolución de la Tierra. Ed. Paraninfo. Madrid.
- MURCK, B.W. e B.J. SKINNER (1999): Geology Today: Understanding our Planet . John Wiley and Sons, New York.
- e S.C. PORTER (1995): Environmental Geology, John Wiley & Sons, New York.
- PIPKIN, B., D.D. TRENT, R. HAZLETT e P. BIERMAN (2011): Geology and the environment. Brooks/Cole, Cengage Learning. USA.
- PLUMMER, C.C. e D. MCGEARY (1985): Physical Geology. Wm. C. Brown. Dubuque, Iowa.
- TARBUCK, E.J. e F.K. LUTGENS (2005): Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física. Pearson Prentice Hall. Madrid.
- VARNES, D.J. (1978): Slope movements types and processes. Landslides analyses and control. Transportation Research Board. National Academy of Sciences. Washington D.C. Cap. 2.
- WATSON, J. (1983): Geology and Man: An introduction to applied earth science. George Allen & Unwin Ltd.
- ZUMBERGE, J.H. e R.H. RUTFORD (1988): Laboratory manual . Physical Geology. Wm. C. Brown Pub. Dubuque, Iowa.

Citas de recursos en internet

- IGME: <http://www.igme.es/internet/default.asp> (consultada 17-2-12)
- IGN: <http://www.ign.es/ign/main/index.do> (consultada 17-2-12)
- Servicio Geológico de los Estados Unidos: <http://landslides.usgs.gov/> (consultada 8-2-2012)



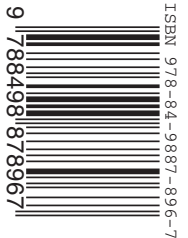
Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN
LINGÜÍSTICA



ISBN 978-84-9887-896-7