UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Programa de Geología y Minas

POSGRADO DE ESPECIALIZACION EN GEOTECNIA

Módulo para el Curso de

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Geotecnia y Medio Ambiente

Gonzalo Duque-Escobar. P. As.

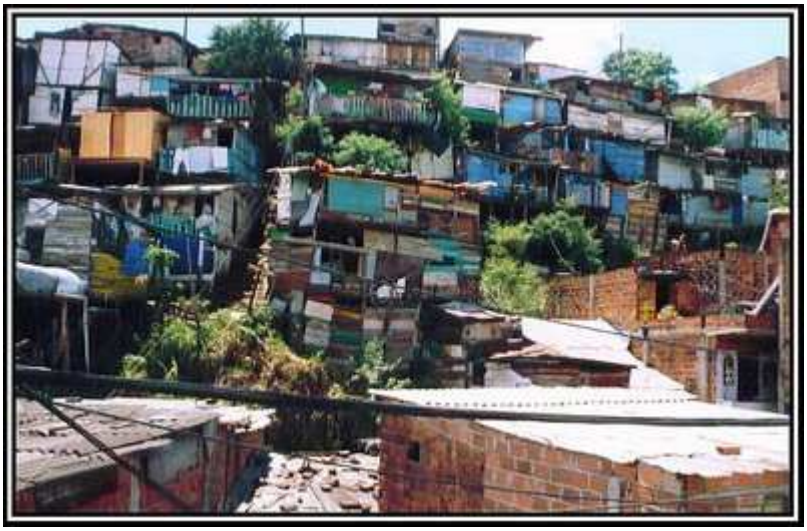
Departamento de Ingeniería Civil

Universidad Nacional de Colombia

Sede Manizales

Noviembre 13 de 2003, Manizales

Geotecnia y Medio Ambiente



PRESENTACIÓN

La primera parte de este módulo partirá de la taxonomía de las ciencias para entrar al problema de la tecnología, al del medio ambiente y luego al del desarrollo. . El documento se ha actualizado al 2006.

La parte segunda del módulo tiene como finalidad introducir al geotecnista en la problemática que debe enfrentar en el medio tropical andino, como profesional de las ciencias de la tierra. En el se examinarán los problemas propios de nuestros suelos y los desafíos para el geotecnista El documento sigue con la versión al año 2003.

De esta forma, el geotecnista podrá continuar esta asignatura, en el tercer módulo, analizando instrumentos y procedimientos tecnológicos, como son las pruebas y los modelos.

PRIMERA PARTE

Por Gonzalo Duque-Escobar

A- CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TAXONOMÍA DE LAS CIENCIAS EN RELACIÓN CON LOS SISTEMAS.

En su sentido más general, la **taxonomía** (del griego ταξις, *taxis*, "ordenamiento", y νομος, *nomos*, "norma" o "regla") es la ciencia y el arte de la clasificación.Una taxonomía es una clasificación con arreglo a un marco conceptual conveniente, seleccionado según el caso como una forma de obtener una herramienta idónea que permita alcanzar de la forma más adecuada un propósito deseado. Hablaremos de Ciencias Generales y Especializadas, y estas las relacionaremos con los sistemas rígidos y flexibles, de la siguiente manera.

Son tres las Ciencias Generales: Teoría General de Sistemas, Matemáticas y Filosofía. A su vez, de ellas dependen las Ciencias Especializadas que se agrupan así: las Ciencias Físicas, Las Ciencias de la Vida, las Ciencias del Comportamiento y las Ciencias Sociales, como se muestra en el Cuadro Nº1. Obsérvense además el dominio de los Sistemas Rígidos que alcanza al primero y parte del segundo grupo, mientras el de los Sistemas Rígidos abarca al resto de las Ciencias Especializadas. Las características y métodos de cada grupo de estas ciencias, depende de ese dominio.

Cuadro 1.1. CIENCIAS GENERALES y CIENCIAS ESPECIALIZADAS			
Ciencias Generales: Filosofía - Matemáticas - Teoría General de Sistemas.			
Teoría de Sistemas Rígidos	**Teoría de Sistemas Flexibles**		
Dominio de las Ciencias y Ciencias Especializadas			
←	→	←	→
Ciencia físicas	**Ciencias de la vida**	**C. del comportamiento**	**Ciencias Sociales**

Física Química Geología Etc.	Biología Botánica Zoología Etc.	Antropología Ciencias Políticas Psicologías Sociología	C. del comportamiento aplicado Economía Educación Ciencias de la Administración

Características de las ciencias especializadas según las T G de Sistemas

Sistemas no vivientes	Sistemas Vivientes
Importa la causa	Son de interés las consecuencias
Simplicidad-Organizada	Complejidad-Organizada
Sistemas con o sin retroalimentación	Los Sistemas son Abiertos

Los métodos de investigación aplicables a los dominios de los Sistemas Rígidos y Flexibles, como sus propiedades, difieren:

Cuadro 1.2: Métodos y Propiedades de los Sistemas

Sistema	***Método y propiedades para los S. Rígido***	***Método y propiedades para los S Flexible***
Proceso de razonamiento	Formalizado. Lógico-matemático	Informal. Juicio intuitivo
Modelos	Algoritmos	Heurística
Metodología de la Pericia	Aplicación rigurosa de los métodos científicos y matemáticos	Adaptación de métodos matemáticos y diseño de métodos especiales
Separabilidad	Desintegrable en componentes	Totalidad irreductible
Conceptos centrales	Fuerza y energía	Cantidad de información
Entropía y orden	Equilibrio, desorden máximo	Resisten la tendencia hacia el desorden

CIENCIA TECNICA Y TECNOLOGÍA

TECNOLOGIA: Conjunto de instrucciones aplicadas a un proceso productivo: Por ejemplo, el Café, y el Bahareque, o también la tecnología para el control de la erosión y el manejo de aguas torrenciales, las que se han desarrollado en la región.

Entre las tecnologías más fundamentales están el Fuego y la Rueda.

También se puede afirmar que uno de los desarrollos más portentosos de la humanidad, ha sido el invento de las ciudades. Una ciudad es un sistema de información codificado. Cosmológicamente, la ciudad es el espacio reticulado controlado por el reloj.

PROBLEMAS CONTEMPORÁNEOS ASOCIADOS A LA TECNOLOGÍA: Polución, agotamiento de recursos, guerras, gasto público, innovación y competencia, exclusión, crecimiento y desarrollo, expulsión demográfica, dependencia y poder, ideología y cultura, etc.

Desde la invención del fuego, el deterioro del medio ambiente ha resultado ser significativo

***Saber*:** fusión del objeto y el sujeto mediante una realización gnoseológica.

Ciencia: conjunto de conocimientos y leyes que rigen la dinámica de la naturaleza y la sociedad.

***Técnica*:** Etimológicamente manual (sánscrito). Se refiere al arte y al conocimiento práctico y riguroso. Técnica se relaciona con el COMO.

La técnica esta fuertemente asociada a los inventos.

Tecnología: conjunto ordenado de conocimientos basados en la producción, distribución y uso de bienes y servicios.

La tecnología incorpora el conocimiento científico a la técnica. Cuando se integra el "Como hacer algo" al "porque hacerlo así", surge la ***Revolución Tecnológica.***

Ingeniería: actividad especifica de aplicar o desarrollar *Tecnología*. La ingeniería aplica los conocimientos de las matemáticas y las ciencias naturales obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica.

Ciencia + Técnica = Tecnología

El **método científico** está sustentado por dos pilares fundamentales: la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento en cualquier lugar y por cualquier persona, y la falsabilidad. Es decir, que toda proposición científica tiene que ser susceptible de ser falsada. Francis Bacon definió el método científico por primera vez. Este supone varias etapas y se da de la siguiente manera:

- **Definición del Problema y caracterización del Contexto.** Es la etapa **de Observación** del objeto o del fenómeno tal como se presentan en realidad y la de **Inducción** o acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio general que en ellas está implícito. Aquí se construyen las preguntas de investigación
- **Presentación o Formulación de las Hipótesis.** Es la etapa del **Planteamiento** o supuesto que se busca comprobar o refutar mediante la observación, siguiendo las normas establecidas por el método científico.
- **Diseño del Proceso Investigativo**: Como probar la hipótesis por experimentación. Que estudios se requieren para relacionar causa y efecto, para explicar el fenómeno o la naturaleza del objeto investigado. Debe estimarse el grado de confiabilidad de cada proceso en cada hipótesis. Se deben identificar las variables de investigación en cada hipótesis.
- **Demostración o comprobación** para refutar o aceptar cada hipótesis planteada. Se parte de la preparación y presentación adecuada de las medidas, resultados, características, atributos y propiedades de cada variable de investigación. Estas se deben correlacionar. De la observación de los resultados saldrán nuevas hipótesis. La demostración es un proceso teórico y mientras la comprobación es experimental.
- **Conclusiones.** Incluye las **recomendaciones** y las nuevas preguntas de investigación que surgen del anterior ejercicio. La conclusión debe capitalizar la experiencia y debe ser propositiva.

CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA

Se puede hablar de “sociedad de tecnología dura” y de “sociedad de tecnología blanda”. Las fuentes de energía propias de la primera, son por ejemplo, la nuclear. De las segundas, la energía solar. Ahora, las primeras son fuentes alienantes, de alto costo, vulnerables, etc. Las segundas, son compatibles con la cultura, el medio ecosistémico y la valoración de la gente. No obstante, una sociedad no puede abastecerse solo con las segundas, pues industrias como las del acero y cemento, requieren altos consumos energéticos.

Cuadro 1.3. De las tecnologías duras y blandas

Sociedad de Tecnología Dura	**Sociedad de tecnología blanda**
Prototipo de su fuente energética: Central nuclear: Tecnología Dura	Prototipo de su fuente energética Energía Solar: Tecnología Blanda

Alienante	Industria Artesanal
Energívora	Baja Especialización
Alta especialización	Intensiva en mano de obra
Predominantemente urbana	De alto valor cualitativo
Política del desconcenso	Descentralizada
De alto Riesgo	Se integra a la cultura
Incomprensible	Democratizada y comprensible
Alta propensión al mal uso	Integrada con la naturaleza
Funciona un tiempo limitado	Economía de crecimiento cero
Elevado desempleo	Compatible con la cultura y la valoración de la gente
Propiedad de Elites especializadas	Ecológicamente sólida

EL DILEMA: tecnologías de punta o convencionales?:

Sin duda, existe la posibilidad de recurrir a la tecnología intermedia, como estrategia de desarrollo. Esto facilita incorporar la base científica y técnica para prevenir los efectos de la dependencia tecnológica y avanzar en el desarrollo de la propia tecnología. La estrategia pasa por crear la masa crítica de recursos humanos, físicos y económicos necesarios para jalonar el proceso de desarrollo. Por priorizar recursos y evitar su aplicación en asuntos menos prioritarios y sobre todo no necesarios.

www.southlink.com.ar/vap/**ciencia_tecnica**_arte.htm - 7k

www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20503.pdf

CAPACIDAD HUMANA Y RECURSOS

Los estudios de la U de Harvard y del MIT, elaborados para el **Club de Roma de 1985**, se titularon, en su orden:" Sin límites para el aprendizaje" y "Los límites del crecimiento"

1- CAPACIDAD HUMANA: El estudio titulado "**Sin límites para el aprendizaje**" de la **U de Harvard,** concluye que la especie humana a diferencia de la animal, evoluciona por la cultura.

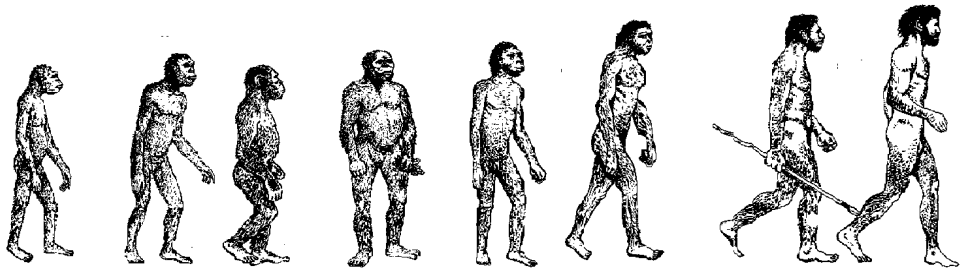


Figura 1.1.: del Pre-Homínido al Homo Hábilis y del Homo Erectus al Hombre Actual

El género *Homo* habría surgido hace unos 7 a 6 millones de años en Africa. El Australopithecus, especie nómada de posición bípeda y marcha erguida y comportamiento cooperativo es el iniciador de la línea humana que aparece hace unos 3 millones de años. El Homo habilis que se originó posiblemente a partir del Australopithecus afarensis, hace unos 2,5 millones de años desarrolló la Construcción de viviendas. El Homo Erectus es un Homínido extinto, que vivió hace unos 1,5 millones de años y hasta 50.000 años antes del presente: descubrió el fuego, se dividía el trabajo y presentaba un comportamiento cooperativo. El Homo Sapiens habría aparecido en el África nororiental hace unos 400.000 años. Hace unos 200 mil años usó sofisticadas herramientas, enterró a sus muertos y produjo el arte rupestre y las primeras esculturas. Apenas unos 90.000 años antes del presente, los humanos ya habrían comenzado a salir del África . El poblamiento de América se da hace unos 40.000, o cuando menos, 30.000 años atrás.

Regresando unos 2,5 millones de años atrás, el Homo Robustus habitó la Pradera, donde sus herramientas fueron la lanza y la red, para cazar los grandes herbívoros y pescar, pues estas son sus fuentes de proteínas. Entre tanto el Homo Hábilis habitaba la Selva y sus herramientas eran el arco y la flecha, o la cerbatana y el dardo. Este se alimentaba de pequeños mamíferos, de frutas y raíces.

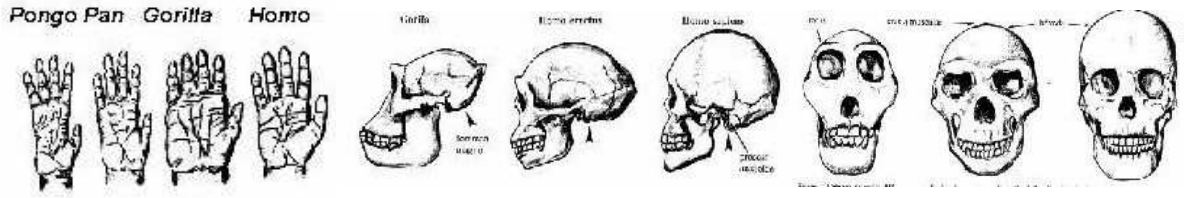


Figura 1.2. : Transformaciones de la evolución biológica que acompañan la evolución cultural.

Posteriormente aparece el Homo Sapiens, cuando el Homo Hábilis se establece en el Ecotono (frontera selva-pradera). Aquí, el Homo Hábilis que no tiene ninguna especialidad, las desarrollará todas para transformarse en Sapiens: no tiene la velocidad

de la gacela en sus piernas, por lo que desarrollará la rueda; no tiene en su mano la potencia de la garra del tigre y entonces desarrollará el serrucho.

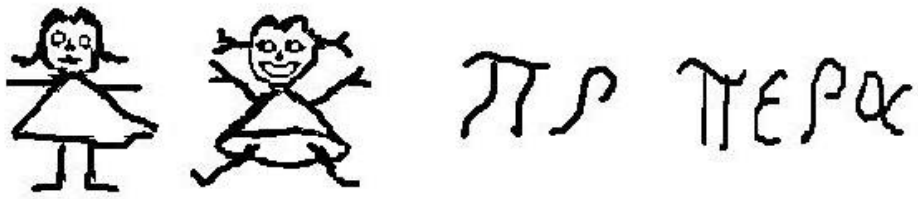


Figura 1.3. La escritura ha evolucionado: primero del pictograma al ideograma y luego del fonograma al alfabeto.

En un mayor plano de desarrollo, el Hombre actual, ya muestra que los calendarios están en la base de la civilización: Gracias a los calendarios surge la agricultura; gracias a la agricultura surgen los poblados, con los poblados surge la escritura, y gracias a la escritura surgen los imperios. La escritura también evolucionó: al inicio de ella, los jeroglíficos pasaron desde la contabilidad a los pictogramas, y de estos a los ideogramas. Luego aparecen los fonogramas desde donde surge el alfabeto, cuando se le añaden las vocales.

Leyes

- No ocupamos ningún nicho en el ecosistema; somos independientes gracias a la cultura.
- Evolucionamos por la plataforma instrumental.
- El medio paranatural (transformado), deberá ser equilibrado.
- Las transformaciones del medio ecosistémico deben ser sólidas.

2- RECURSOS: El estudio titulado **"Los límites del crecimiento"** del Instituto Tecnológico de Massachusetts ,MIT, concluye que el problema de la humanidad es de 300 años, señala los principales problemas a resolver e identifica los recursos artificiales (tecnologías) con los que se podría contar.

Recursos naturales vs. Artificiales (según el MIT) El agotamiento de los primeros se debe compensar con los segundos. No obstante mayores las restricciones ambientales y el riesgo económico de demandas colectivas por una falla en un producto, retardan y hacen más difícil la aparición de nuevos productos que alivien la presión sobre los recursos naturales y den respuesta al crecimiento demográfico

El crecimiento de la población vs. los recursos. Según este estudio, la población mundial que se ha duplicado sucesivamente en los años 1800, 1930 y 1970 , se duplicaría de nuevo en 2003, para llegar a 8 mil millones de habitantes. Agregan que se estabilizará antes del 2100, en 12 mil 500 millones de habitantes. No obstante, datos más recientes permiten estimar el límite anterior en 9 mil 500 millones de habitantes.

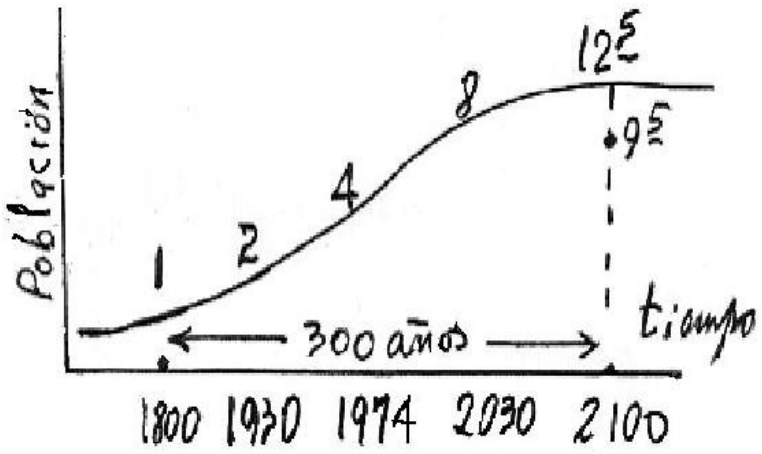


Figura 1.4. Curva de crecimiento poblacional. Abscisas tiempo en años, Ordenadas población mundial en miles de millones de habitantes. Antes de 1800, hubo crecimiento sostenido, luego se da el crecimiento exponencial de la población y después del 2030 se prevé un crecimiento asintótico.

Apenas en el año 1800 se alcanzó la cifra de 1 mil millones de habitantes. Pero gracias al desarrollo de la medicina y de la ingeniería sanitaria, y cuando una y otra se incorporan a la civilización como servicio público, la población crece en progresión geométrica de acuerdo a la ley maltusiana, pues pasaría de mil millones a 2 mil millones, luego a 4 mil millones y a 8 mil millones en los años señalados.

El IMT estimó que la población mundial se estabilizaría en 12,5 mil millones de habitantes antes del 2100, pero en el 2005 el nuevo estimativo anuncia una cifra inferior según la cual el crecimiento asintótico tiende a los 9,5 mil millones antes del 2100. Para estos 300 años, entre 1800 y 2100, los problemas según el IMT y en su orden, son cuatro:

1- **Energía**

2- **Alimentos**

3- **Vivienda (léase hábitat)**

4- **Trabajo**

El primero de los problemas a atender para el IMT fue el del agotamiento y la insuficiencia de las fuentes disponibles de Energía, porque de resolverse éste se resuelven más fácilmente los otros tres: se pueden construir riegos, se facilita el transporte y la construcción de viviendas, y se reducen los costos de producción y de materias primas, resolviendo de paso problemas de mercado y barreras de empleo.

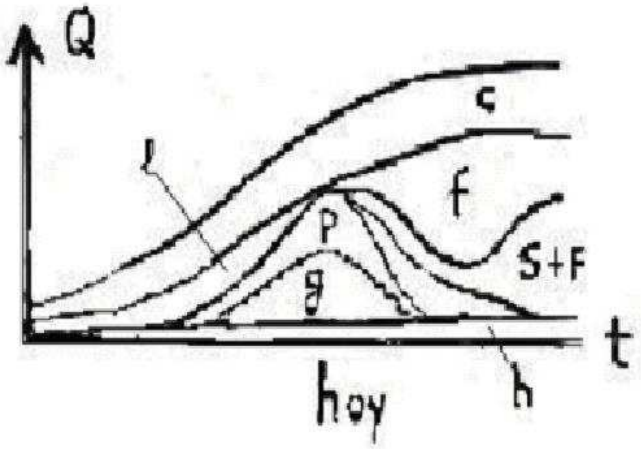


Figura 1.5. Arco energético por fuentes. Su crecimiento armoniza con el de la curva poblacional. En las abscisas el tiempo. En las ordenadas el consumo total de energía, que es la suma de lo que aporta cada fuente. : C= Carbón, L= leña, P= petróleo, g= gas, b= esquistos bituminosos, f fisión nuclear, S+F energía Solar más Fusión nuclear, h= energía hidroeléctrica (que en la gráfica está amplificada.

Queda con esto claro que al señalar las prioridades se asume también una posición respecto a un modelo de desarrollo. Otras perspectivas pueden surgir al señalar como problemas estratégicos, primero la alimentación y la salud humanas, luego la educación y la cultura, después la recreación y la seguridad. O si se quiere, primero el desarrollo humano y luego el medio ambiente visto como una relación entre cultura y medio ecosistémico.

La estructura estimada del consumo energético en los 300 años, es la que se ilustra en la Figura 2. Las energías alternativas entrarán en escena para complementar las fuentes tradicionales, después del siglo XX. El control de las fuentes energéticas no renovables conduce a guerras. Después de agotado el petróleo en Asia central, el siguiente reservorio estará en las cuencas sedimentarias de América del Sur: cuencas del Orinoco, Amazonas y Rió de la Plata.

En los 80’s el consumo anual percápita en USA, era de 6.2 Toneladas Equivalentes de Petróleo TEP; esta cuantía duplicaba al de los Suecos y sextuplicaba el consumo de Brasil y México. Para esa época, el consumo energético percápita anual en Colombia era del orden de 0.7 TEP y en China 0.2 TEP. El de la RDA fue de 4,5 TEP y en la Alemania de esa época de 3,5 TEP. En la URSS fue de 5,5 TEP por persona al año: según vemos, al comparar países con similar nivel de desarrollo, se puede decir que ese

consumo no sólo depende del nivel, sino también del modelo de desarrollo. Cuando se montan acerías y cementeras, crece notablemente ese consumo. Cuando se privilegia el transporte particular igualmente, pero esos dos son crecimientos asociados a conceptos diferentes.

PREVISIONES: Las Tecnologías Fundamentales previstas desde mediados del Siglo XX y hasta el año 2030, y con las cuales se atenderán estas necesidades asociadas al crecimiento demográfico, en su orden son:

Informática. Nace en 1948 gracias a la invención del transistor pero tarda 50 años en explotar. Las tecnologías fundamentales tardan una o dos generaciones para entrar en escena. Retroceder desmontando la tecnología de los ordenadores es como sacar el automóvil y regresar a la mula y al caballo.

Biotecnología. Surge gracias al microscopio electrónico a la ultra-centrifugadora y al espectrómetro de masas. Ya se ha logrado lo del genoma humano y la biodiversidad al lado de la biotecnología se constituyen en una temática integral estratégica de trabajo para Colombia.

Nuevos materiales: Estos materiales se logran combinando conocimiento con procesos en ambientes de bajas temperaturas-(cercanas a 0º K)- de ingravidez -(en los transbordadores y la IIS)- y bajo intensos campos magnéticos. Algunas funciones del cobre han sido sustituidas por la Fibra óptica, con mayor nivel de eficiencia.

Nuevas fuentes energéticas. La energía solar y la de fusión, mostradas en el arco energético por fuentes de la Figura 2. La energía solar será rentable cerca del 2010. Se usaran cada vez más los biocombustibles y entrará más adelante el uso del hidrógeno.

Nuevos espacios: son ellos la Orbita planetaria terrestre y los fondos oceánicos con sus nódulos polimetálicos, ambos importantes para Colombia, país que cuenta con órbita geoestacionaria y con aguas en dos mares. La nueva constitución Política de Colombia reconoce que limitamos con otros países más allá de los mares y no con ellos. Esos mares eran los límites de ayer, cuando los señalábamos como si no fueran parte del territorio nacional

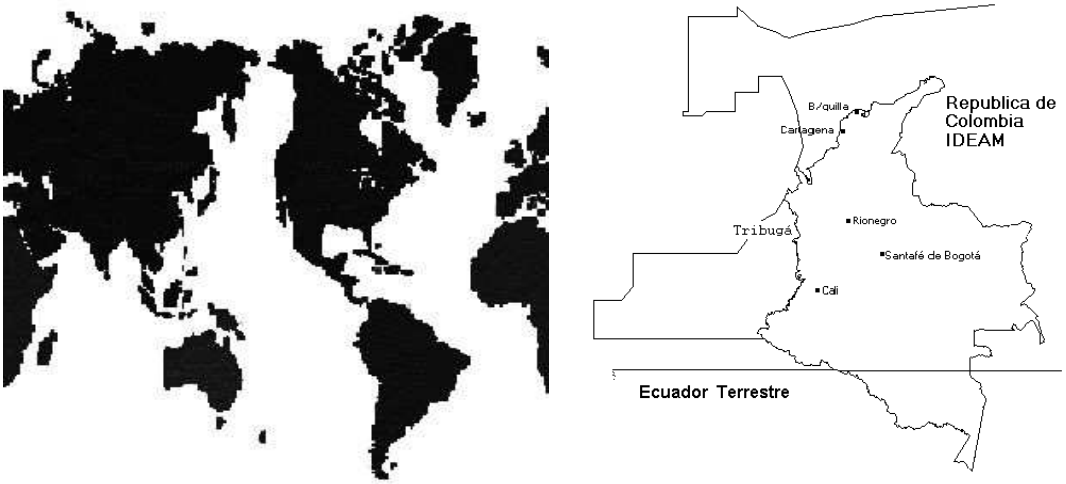


Figura 1.6. Obsérvense la posición de Colombia respecto a China, Australia, África y Europa, y las fronteras de Colombia después de la Constitución Política de 1992

Colombia se ubica en la mejor esquina de América del Sur: posee costas en ambos océanos: en el Pacífico cuya cuenca contiene cerca del 50 % de la población mundial y produce 2/3 del PIB mundial. Y en el Atlántico que si bien en su cuenca sólo se produce 1/3 del PIB mundial, el ancho del océano es apenas 1/3 de la extensión del Pacífico. De otro lado, el tamaño del territorio colombiano ha variado sustancialmente a través de los distintos periodos históricos; la disolución de la Gran Colombia en 1830 y la separación de Panamá en 1903, han marcado la definición de su dimensión territorial. De conformidad con la Constitución Política de 19914, Colombia cuenta actualmente con 1.141.748 Km2 de superficie terrestre y 928.660 Km2 de área submarina, para un total de 2.070.408 Km2.

Fuentes:

www.paralibros.com/passim/p20-soc/pg2068cr.htm - 10k

www.revistaespacios.com/a97v18n01/11971801.html - 17k

www.upm.es/canalUPM/notasprensa/Doc2005051601.html - 12k -

www.clad.org.ve/fulltext/0029805.html - 52k

B- EL MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente –MA- es la parte del medio natural que nos hemos apropiado, y que hemos ido transformando El medio ambiente aparece en medio de la siguiente relación, donde intervienen la naturaleza y las colectividades humanas, es decir, el medio ecosistémico y la cultura. a su vez, el Medio Ecosistémico comprende el Medios biótico y el medio abiótico, y la Cultura comprende Industrias, Instituciones, y Símbolos y Valores.

Medio ecosistémico MA Cultura

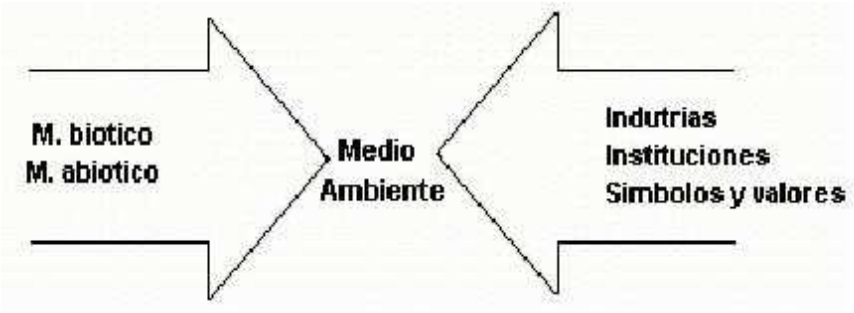


Figura 2.1. El medio ambiente y sus dos dimensiones : El Medio ecosistémico y la Cultura, según Augusto Angel..

La **ecología** se ocupa del estudio científico de las interrelaciones entre los organismos y sus ambientes, y por tanto de los factores físicos y biológicos que influyen en estas relaciones y son influidos por ellas. Pero las relaciones entre los organismos y sus ambientes no son sino el resultado de la selección natural, de lo cual se desprende que todos los fenómenos ecológicos tienen una explicación evolutiva.

ECOSISTEMA	Componentes estructurales	Bióticos (comunidad)	Productores, consumidores, descomponedores
		Abióticos (hábitat)	Fisico-químicos, climáticos, fisiográficos
	Ciclo de materia y flujo de energía	Fotosíntesis, Respiración	

Ciclos biogenéticos	Gaseosos (estables, rápidos)	Del carbono(CO_2) Del Nitrógeno(NO_3) Del Oxigeno (O_2)
	Sedimentarios (lentos)	Hidrológico (H_2O) Del Fósforo(P_2O) Del Azufre (SO_2)

Cuadro 2.1. Ecosistema y biociclos

- La relación de los humanos con la naturaleza es dialéctica, de simbiosis y parasitismo.
- La cultura es el resultado de la interacción de los humanos con la naturaleza.
- La cultura se ocupa de lo útil, de la utilización de lo útil y de la valoración y representación de las cosas útiles y de su forma de utilización.

En ecología se emplea el término *ecosistema* para indicar una unidad natural en la que las partes vivientes o inertes, gracias a su interacción de partes vivientes o inertes mutuas crean un sistema estable en el cual el intercambio de sustancias entre las plantas vivas e inertes es de tipo circular. Como condición para el ecosistema, es que la la unidad debe ser un sistema estable, donde el recambio de materiales sigue un camino circular.

Hábitat es el lugar donde vive y al cual está adaptada cada especie..Nicho ecológico es la función que cada especie cumple en el ecosistema, es la que ella cumple en el hábitat. Un determinado hábitat es compartido por varias especies, cada una con una función específica y característica en el mismo, la que se conoce como nicho ecológico.

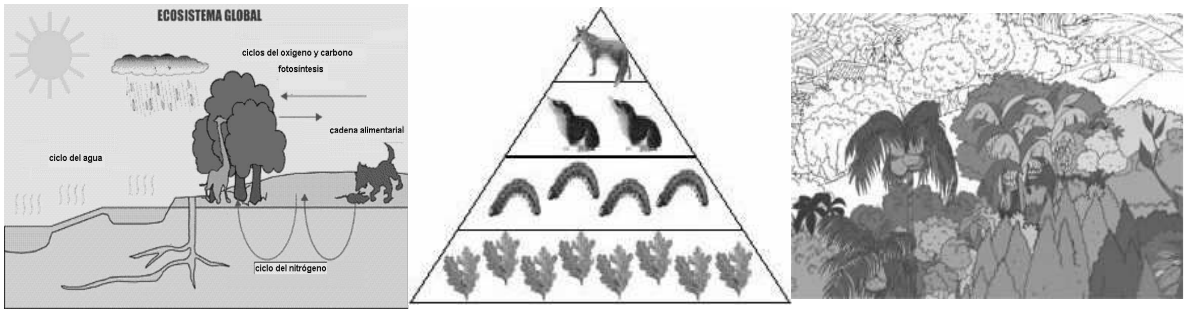


Figura 2.2. Ecosistema global -Izquierda-; pirámide de una cadena trófica -Centro- y ecosistema amazónico -Derecha-

Una Cadena Trófica es una cadena alimentaria. Normalmente y dada la complejidad de un ecosistema, en él existe es una **red trófica** constituida por una serie de cadenas alimentarias íntimamente relacionadas, por las que circulan energía y materiales del ecosistema.

Las dos grandes categorías que conforman la cadena trófica son la red de pastoreo y la red de detritos. La red de pastoreo se inicia con las plantas verdes, algas o plancton que realizan la fotosíntesis, y la cadena o red de detritos comienza con los detritos orgánicos. Estas redes están formadas por cadenas alimentarias independientes. En la **red de pastore**o, los materiales pasan desde las plantas a a los herbívoros) y de éstos a los carnívoros. En la **red de detritos**, los materiales pasan desde las plantas y sustancias animales a las bacterias y hongos que son los descomponedores, luego de éstos a los consumidores de detritos, y de los detritóboros a sus depredadores: los carnívoros.

Regiones biogeográficas o ecoregiones de Colombia

Colombia es un país con gran diversidad regional, la cual se manifiesta, no sólo en las condiciones topográficas sino también en las condiciones sociales, culturales y económicas. A partir de las características físicas y bióticas similares que se identifican en algunas regiones, teniendo en cuenta la combinación de factores como el relieve, el clima, la vegetación y la fauna es posible definir y caracterizar seis regiones naturales en el país: del Pacífico, del Atlántico, Andina, Insular, del Amazonas y del Orinoco.

PERFIL AMBIENTAL: MARCOS TEÓRICO Y METODOLÓGICO.

El perfil ambiental supone un marco teórico y la correspondiente metodología. Una teoría sin metodología, es ciega. Supongamos un grupo de trabajo responsable de elaborar un documento en tres etapas, con el contenido teórico que se ha de señalar a continuación.

Como quiera que se trata de obtener un instrumento de gestión, la participación comunitaria debe ser el instrumento necesario para garantizar la apropiación y legitimidad de las propuestas que surjan de la elaboración de ese perfil. El perfil es entonces el diagnóstico que conduce a la toma de decisiones, y las decisiones son de la absoluta competencia de todos los actores sociales.

1- MARCO TEÓRICO:

Primer Capítulo

A1- **Medio ecosistémico natural**.

Se evalúan todos los elementos y procesos del medio natural antes de cualquier ocupación. El medio natural tiene sus equilibrios límites y sobre este se plantea una oferta y una demanda ambiental

A2- **Medio ecosistémico transformado**.

Se evalúa el proceso de ocupación y de transformación del medio natural. La primera transformación es rural y a esta le sucede la transformación urbana. Lo agrario y lo rural no son la misma cosa. Se pretende establecer si los modelos de ocupación y transformación, se están dando dentro de esos límites y posibilidades señalados

Segundo Capítulo

B1- **Uso; transformación, flujo y disposición final de recursos**.

La ciudad, por ejemplo, para poder crecer y para mantenerse, toma materia y energía del entorno y tiene sus propias "excretas". Además de los procesos y productos de deterioro y contaminación ambiental, se valoran todos los resultados significativos de la transformación de los recursos. Esto es, se consideran los flujos económicos en una matriz insumo producto, para valorar la generación de valor agregado, y la separación de costos y beneficios, resultado de esa explotación.

B2- **Las Zonas y sus Funciones en los medios rulares y urbanos (I-R-C-S**)

La Zona Industrial vale por su posición con respecto a los medios de transporte, pero suele estar contaminada. La Zona Residencial se estima por su valor estético, paisajístico. La Zona Comercial, suele coincidir con el centro histórico, pero su estabilidad depende de las garantías que tengan los moradores de esos viejos inmuebles.

La Zona de Servicios, vale por su nivel de equipamiento. En las grandes ciudades, más que el número de camas, el sistema de salud o el hotelero se miden por los servicios que ofrecen a los habitantes locales. Allí, el hotel ya no es sólo para el viajero, la Universidad vale es por sus programas de PhD y sus laboratorios

Tercer Capítulo

C1- **Conflictos y contradicciones** (Sociales, Políticos, Económicos, Culturales, Físicos),

Se estudian las tensiones en las diferentes dimensiones del desarrollo, se identifican los actores sociales y se examinan las verdaderas opciones de desarrollo ambiental. Esto supone examinar lo ambiental desde las dimensiones Social, Política, Económica, Cultural y Física.

C2- **Gestión ambiental**

Con base en lo anterior, se construye un instrumento de decisión como una matriz DOFA, que permita identificar alternativas y propuestas de desarrollo ambiental a los actores sociales. Esa gestión debe ser el resultado de consensos, debe enfrentar la solución de los conflictos y propender por el verdadero desarrollo. Debe tener perspectiva de futuro y objetivos de alto valor humano.

2- MARCO METODOLÓGICO:

Fase Inicial	**A_1,B_1,C_1** Es el primer documento resultado de la recopilación de información ya procesada. Está a cargo del equipo de trabajo responsable del proyecto. Este resultado se socializa con técnicos y expertos de las instituciones responsables.
– Se crean observatorios para verificar los procesos y se hacen mediciones de variables necesarias.	**Primera Mesa de Trabajo** (interdisciplinaria) Reunión del equipo de trabajo con técnicos de instituciones responsables y otros expertos, para mejorar el documento anterior. El diálogo de saberes es condición necesaria para consolidar el la interpretación de la información, el significado de los análisis.
Fase Propositiva	**A_2,B_2,C_2** Es el segundo documento resultado de ajustar el anterior con los aportes de la primera Mesa de Trabajo. Estos resultados deberán socializarse para sensibilizar a los actores sociales y comprometerlos con el proceso.

Se crean los instrumentos de control y verificación necesarios para asegurar la gestión ambiental	**Segunda Mesa de Trabajo** (transdisciplinaria) Reunión del equipo de trabajo con los actores sociales para construir acuerdos y resolver conflictos ambientales. El papel del grupo de trabajo es señalar el alcance de las propuestas a la luz de los análisis y de la información existente.
Fase Decisoria	**A_3, B_3, C_3** Es el documento final resultado de ajustar y complementar el anterior documento con los acuerdos logrados entre los Actores sociales, en la segunda Mesa de Trabajo. Este documento deberá socializarse y traducirse en indicadores de gestión.

Cuadro 2.2. Metodología para el perfil, ambiental

Fuentes:

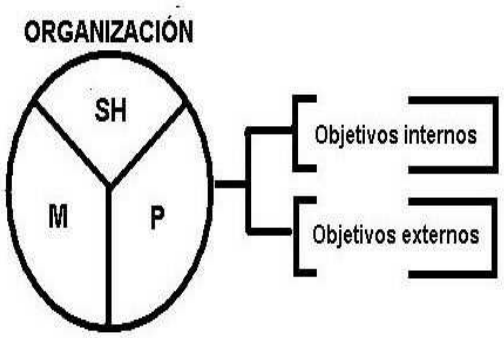
www.monografias.com/trabajos/ la**ecologia**/la**ecologia**.shtml - 88k -

www.wikilearning.com/habitat_ y_**nicho**_ecologico-wkccp-2660-6.htm - 31k

LA ORGANIZACIÓN:

Una Organización es un sistema diseñado para alcanzar metas y objetivos. La organización está compuesta por uno o varios subsistemas interrelacionados cada uno con funciones especializadas.

Los elementos de una organización son seres Humanos **(H**), Maquinas **(M)** y Programas **(P).** Toda organización tiene sus Objetivos internos y externos. Además, los instrumentos adicionales necesarios para interrelacionar sus funciones y alcanzar las metas y cumplir con cada grupo de objetivos, operando desde cada subsistema como un conjunto. Lo más importante de cualquier organización, son los seres Humanos.

La Organización	Ob. Internos (Eficiencia)	El primer recurso es el H El tiempo: Futuro, Cambios El rol y la ética	
	Ob. Externos (Eficacia)	La cultura y El medio ecosistémico	

Cuadro 2.3. La Organización y sus objetivos.

Eficiencia y eficacia son cosas diferentes que se complementan. Con los objetivos internos la Organización se hace eficiente. Estos objetivos pasan por la ética. Los objetivos externos van al medio ambiente y por lo tanto al medio natural y a la cultura. Con los objetivos externos la Organización se hace eficaz. Si falla la eficiencia, la actividad de la Organización no puede resultar eficaz.

El esquema muestra los elementos relacionados con los dos objetivos de la organización. En cuanto al tiempo, en lo de Cambio, la **moda** es un asunto de 2 a 3 años, los **esquemas** duran de 5 a 7 años, los **cambios estructurales** se dan cada generación (25 años) y los **ciclos estructurales** cada 2 o 3 generaciones. Las normas y leyes, son instrumentos complementarios pero fundamentales para la Organización.

En cuanto a la **estructura organizativa**, la Organización puede optar por una de estas alternativas: la más simple de tipo Funcional típica de productos para el consumo, sigue en complejidad la O. por Divisiones generalmente estructurada por procesos, la que requiere un grupo permanente de coordinación. Para casos más complejos, la Organización de tipo Matricial que sólo así puede alcanzar economías de escala, pero que para blindase del desempeño anárquico y responder a varios frentes y al exceso de complejidad, debe consolidar procesos participativos y considerar cuerpos de dirección, coordinación y asesoría idóneos, que sean legítimos y que expresen el resultado de un proceso abierto de construcción y distribución del poder. La O. Matricial es óptima si se alcanza; además permite la reingeniería de estructuras complejas que previamente no operan en forma sistémica, sobre todo cuando el estilo de liderazgo de la nueva organización, más que autocrático (del experto) o de rienda suelta (por un líder liberal), es un estilo democrático o participativo. Además de las tres anteriores, otras formas de organización son la O. Adhocrática para atender presiones sin burocratizarse eternamente y la O. de Forma Misionera que ofrece estabilidad por medios no estructurales.

Las **ventajas y desventajas** de estas 5 formas de Organización, son:

De la O. Funcional: es eficiencia y funciona en lo básico, pero no es creativa ni emprendedora.

De la O. por Divisiones: maneja bien lo básico y es más adaptable que la funcional, pero las divisiones crecen demasiado y se hacen no funcionales o se dividen en mezclas de centralismo y federalismo, con desorden.

La O. Matricial: concuerda con la realidad de hoy pero deja de ser innovadora, es débil en su estructura de autoridad, degrada en anarquía y le resulta difícil ejecutar lo básico.

La O Ad-hoc: es mas flexible pero puede anarquizarse y desatender lo básico por ocuparse de la temporalidad.

La O. Misionera: marcha bien si se acompaña de experiencia y de experimentación y si el conjunto de valores es apropiado, pero por basar su estructura en dogmas, se torna más rígida y estrecha que la O. Funcional

Fuentes:

www.monografias.com/trabajos6/napro/napro.shtml - 67k

es.wikipedia.org/wiki/Organización

C- TEORÍA DEL DESARROLLO

El descubrimiento de América, dice Augusto Ángel, es el encuentro de dos neolíticos: el del español, la gallina y el caballo, y el del indio, el pavo y el perro. Según el ilustre académico, el canibalismo se explica como un asunto ambiental: no habíamos resuelto el problema de proteínas, porque al no poseer energía animal, teníamos la rueda acostada en los telares. Lo anterior significa que éramos igualmente capaces; muestra que pudimos inventar esa poderosa herramienta y por lo tanto, que no somos menos ni más que nadie.

Figura 3.1. El encuentro de dos neolíticos hace sólo 500 años.

Desarrollo: cambio estructural que implica estos conceptos:

- Crecimiento absoluto y sostenido
- Progreso científico y tecnológico
- Propagación social del crecimiento y progreso

Subdesarrollo: fenómeno en si mismo, que supone dominación desde afuera y desarticulación hacia adentro.

Izquierda : Propensión a la revolución **Subnormalidad**

→ **Modelo de Desarrollo**

Derecha : Estabilidad del establecimiento **Normalidad**

Cuadro 3.1.: Una línea imaginaria separa la normalidad de la subnormalidad. ¿Cómo tomar vectores no contaminados de consumismo para pasarlos de un lado al otro?. ¿ Cómo construir una agenda propia de desarrollo sin exclusiones, y más equitativa? ¿ Cómo desarmar los espíritus y conceder privilegios a los menos favorecidos?.

Si se da crecimiento sin desarrollo, sobrevienen las crisis. El mercado dinamiza el crecimiento mientras el Estado corrige la tendencia a la concentración de la riqueza y la imposibilidad de atender necesidades sociales que el Mercado no atiende. Poder económico y político, van de la mano; no son poderes independientes.

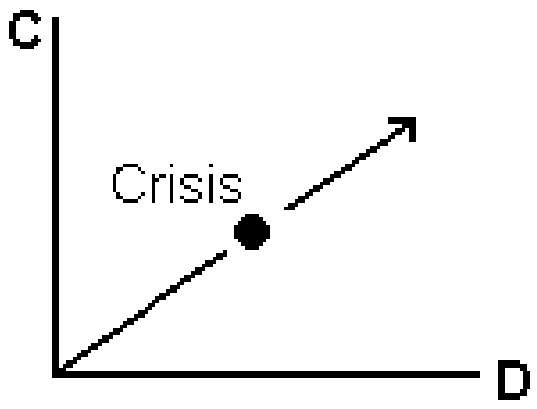


Figura 3.2. Crecimiento(C) vs. Desarrollo(D): si a lo largo del tiempo, la línea se horizontaliza, hay desarrollo sin crecimiento pero el modelo de desarrollo es

relativamente estable. Contrariamente, si se verticaliza, entonces el modelo de desarrollo resulta inestable y se presentan las crisis.

El **crecimiento** no garantiza el verdadero desarrollo. Puede crecer la riqueza y simultáneamente generarse un incremento en los índices de pobreza e indigencia. El mercado puede dinamizar la economía pero el Estado debe corregir costo de los efectos de la concentración del ingreso.

Cada vez más seres humanos pasan al lado de la informalidad, empujados por las presiones del actual modelo de desarrollo, el que no les ofrece más alternativas y les ha arrebatado lo poco que aún les quedaba.

¿Cómo tomar vectores no contaminados, tanto de los escenarios y procesos formales como de los informales, para construir nuestro modelo de desarrollo?. ¿Cómo limpiar nuestro modelo de desarrollo de los vectores inconvenientes? Al lado de la costosa medicina de Washington, debemos desarrollar la medicina alterativa de nuestra oferta biótica, desde el aula de medicina. Sabemos aplicar la tecnología del concreto del Instituto Americano del Concreto -ACI- en los cursos de concreto reforzado de los programas de ingeniería, pero no hemos desarrollado en ellos la del bahareque que usa la guadua, para darle una alternativa menos onerosa a nuestras comunidades. En los cursos de leyes se aprende mucho sobre el derecho laboral de Lovaina y muy poco sobre manejo del espacio público en los escenarios de la informalidad.

ENFOQUES

Desarrollo y crecimiento: El ingreso percápita es solo un promedio que enmascara el desequilibrio, la falta de redistribución del ingreso y las economías de subsistencia.

Productividad y equidad: Desarrollo pero con crecimiento para reducir la brecha. El Papel del estado es la clave.

Necesidades Básicas: El mercado no corrige desequilibrios. La equidad es clave para valorar el desarrollo.

***Expansión de capacidades humanas*:** No solo buscar que las cosas lleguen al pobre. Además de las metas, ver los procesos y formas de resolver y mantener los cubrimientos básicos.

Transformar los recursos por nosotros mismos: Estrategia del hacia fuera al hacia adentro, mirando productos, sectores, mercados, régimen de propiedad y el objetivo que se ha de procurar, así:

-**Productos**: petróleo, carbón, banano, café.

- **Sectores**: agricultura, industria minera, pesca.

- **Mercados**: interno, externo, rural, urbano.

- **Régimen de propiedad**: solidaria, privada, estatal, cooperativa.

La clave en materia de desarrollo ***"El despliegue de las capacidades humanas***". La prioridad más fundamental en los planes de desarrollo será sin duda alimentación y salud de la población. Luego la educación, incorporando en esta dimensión los programas de Ciencia y Tecnología desde los primeros niveles, en la escuela.

Fuentes:

www.monografias.com/trabajos10/prin/prin.shtml - 54k

www.monografias.com/trabajos10/prin/prin.shtml - 54k

www.monografias.com/trabajos15/ conf-**subdesarrollo**/conf-**subdesarrollo**.shtml - 53k -

CULTURA POPULAR

Esta expresión supone definir pueblo y cultura.

El concepto del pueblo está referido a varias circunstancias (historias, etnias, cultura). El pueblo Israelí como nación o como grupo religioso. El pueblo colombiano como comunidad de un Estado soberano. El pueblo desde la perspectiva de Elites y Masas

La cultura popular: es la producción cultural que se concreta en la vida social, económica y política de un pueblo que asume su propia conciencia como exterioridad del sistema. Ella es espontánea y no tiene dueño.

El folclore: es la expresión mas genuina del arte popular, pero no coincide con este, ni mucho menos lo agota. Hace referencia a lo popular pero teniendo en cuenta solo el pasado.

Cultura de Masas: el papel alienante de los medios de comunicación masiva

Nuestra propia agenda: descontaminar la mentalidad alineada.

Cultura de Elites: expresión de alto valor agregado con contenidos de una realidad socioeconómica. La universalidad y refinamiento pueden hacer del producto un valor cultural universal. Mientras el arte popular no tiene dueño, el de elites, que se origina en los sectores más cultivados, privilegia la producción individual.,

Cultura Imperial: la cultura de elites que domina en el establecimiento bajo formas de dependencia ideológica.

Fuentes:

www.uca.edu.sv/publica/realidad/eli.htm - 4k

es.wikipedia.org/wiki/Cultura

EL MODELO ECONÓMICO

Tendencias Globales

Globalización de la economía : tendencia que se explica por la revolución de las comunicaciones y la informática.

Restricciones Ambientales: gracias a la revolución científica que ha transformado la educación. Esto es, el protagonismo del conocimiento.

Globalización de la cultura: hoy se habla de la aldea global. Los conflictos del futuro serán entre naciones, pueblos y no entre países. ¿Qué puede ofrecerle el modelo de occidente a las naciones y pueblos pobres de Asia, África y América?

EL ESTABLECIMIENTO

Son cuatro los factores de producción. Cada uno ha tenido su protagonismo en diferentes clases de sociedad, en el pasado:

El Trabajo: dominó la sociedad esclavista. Las clases sociales son dos: Esclavos y Esclavistas.

Tierra: domina la sociedad agraria o feudal Las clases sociales son Campesinos (Siervos) y Terratenientes. El desarrollo socio-económico es lineal y moderado.

Capital (maquinaria): domina la sociedad capitalista o de mercado. Las clases sociales son Obreros y Empresarios. El desarrollo social es exponencial y conflictivo.

Conocimiento: dominará la sociedad del futuro Las clases sociales son Consumidores y Tecnócratas. El desarrollo social es asintótico y equilibrado.

Entropía Vs. Factores de producción

En la **sociedad primitiva**: no se dio la explotación del hombre por el hombre. Pero en adelante, lo que podría llamarse la entropía social, será la característica de las sociedades en las que aparecen las **clases sociales**: una dominante y otra dominada. Se muestra en cada una de estas, el instrumento empleado para mantener ese establecimiento de inequidad

Trabajo : sociedad esclavista : la espada, el grillete y la cadena.

Tierra: sociedad agraria o preindustrial: el rito. La anuencia del monje evangelizador y del noble.

Capital: sociedad de consumo o industrial : las leyes del mercado. Fama dinero y poder

Conocimiento: sociedad del futuro o informatizada: la razón y el argumento. Sin consensos coactivos.

SECTORES ECONÓMICOS

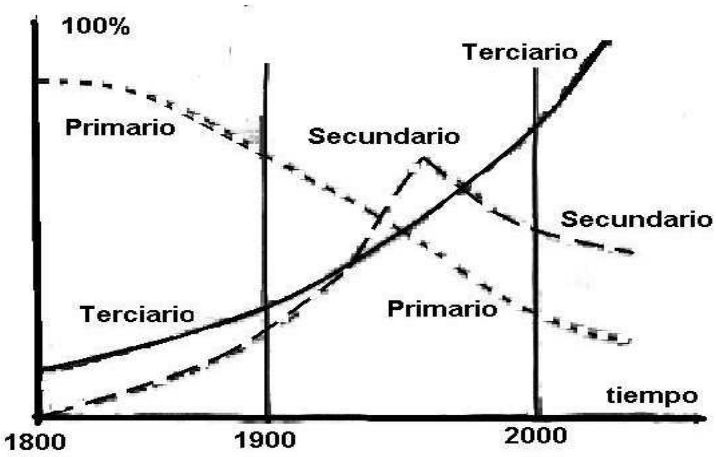


Figura 3.3. Participación de los Sectores Económicos

1) Sector Primario: agricultura, minería. Producción de materias primas

1) Sector Secundario: transformación de materias primas. Industrias.

2) Sector Terciario: comercio, ventas. Bienes y servicios.

Obsérvense el auge en la participación para el sector terciario, la depresión sistemática del primario y la forma como pierde protagonismo el sector secundario de la economía, hacia la década de los 70s. Hoy, el sector terciario informal, plantea retos para los países en vía de desarrollo.

Fuentes:

www.eumed.net/cursecon/ecolat/cl/srn-neolibal.doc

http://www.geocities.com/economiaytransportes/

TECNOLOGÍAS DOMINANTES Y TIPO DE EDUCACIÓN

Sector primario: Tecnología agraria; Educación Informativa

Sector secundario: T energía de procesos; Educación informativa, formativa

Sector terciario: T de la informática; Educación formativa

MERCADOS:

Un mercado supone cuatro elementos: *Oferta (O)* y *demanda* (S); *cantidad* de productos ofertados y demandados (Q) y *precio* de esos productos (P). La cantidad Q va en las Abscisa y el Precio P en las Ordenadas. La función de Oferta normalmente es de pendiente positiva y la de demanda, lo contrario. A mayor precio mayor incentivo para el productor pero nunca para el consumidor.

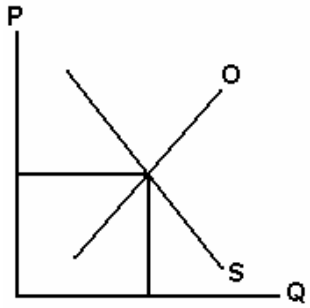


Figura 3.4. En un mercado de bienes y servicios, la Oferta representa la racionalidad de los productores y la Demanda, la de los consumidores. El punto de equilibrio de los mercados: donde se cortan la Oferta (O) y la Demanda (S), está el punto de equilibrio señalando un precio bajo el cual las cantidades ofertadas ($Q_{0)}$ y demandadas Q_d son iguales. Esto es, $Q_d = Q_0$.

En un mercado confluyen productores y consumidores. La oferta representa a los productores y la demanda a los consumidores. En el plano cartesiano Oferta y Demanda, son dos funciones de pendientes positiva y negativa, respectivamente. Por eso ambos, productores y consumidores, encuentran un **punto de equilibrio**: este es el de la intersección de las dos curvas, en el que a un precio, las cantidades ofertadas igualan a las cantidades demandadas.

Son cuatro **los mercados básicos** de una economía:

- M de Bienes y Servicios,
- M de Divisas,
- M de Capitales
- M de Trabajo.

Los **elementos** en cada uno de los mercados y en ese orden, son:

Mercado de Bienes y Servicios:

Productores vs. Consumidores. Cantidad de BB SS y Nivel de Precios

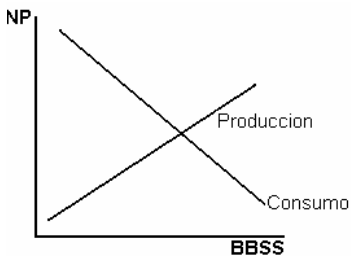


Figura 3.5. Mercado de BB SS.

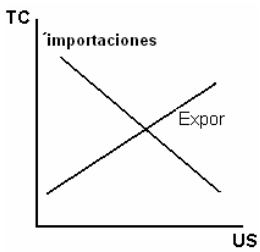


Figura 3.6. Mercado de Divisas.

Mercado de Divisas:

Exportadores vs Importadores. Cantidad de divisas y Tasa de Cambio (Precio de las divisas)

Mercado de Capitales:

Ahorradores vs. Inversionistas. Cantidad de dinero ($) y tasa de interés (Precio del dinero)

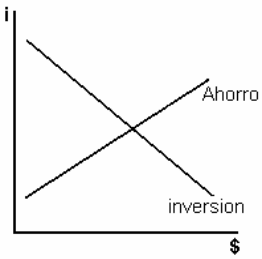


Figura 3.7. Mercado de Capitales.

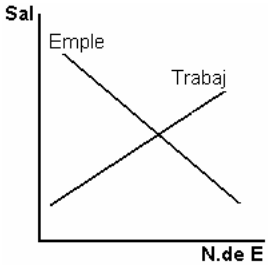


Figura 3.7. Mercado de Trabajo.

Mercado Laboral o de trabajo:

Trabajadores vs. Empleadores. Nivel de Empleo y Salario (precio del trabajo)

INTERVENCIONISMO ECONÓMICO

Según **la Ley de Say**, toda oferta genera su propia demanda; y según Adam Smith, el mercado se autorregula: por eso se habla de una mano invisible que lo conduce al punto de equilibrio.

Si se impone un precio mayor por arriba del punto de equilibrio, la cantidad de BB SS ofertada superará a la demanda. Esto se traduce en un excedente de BBSS

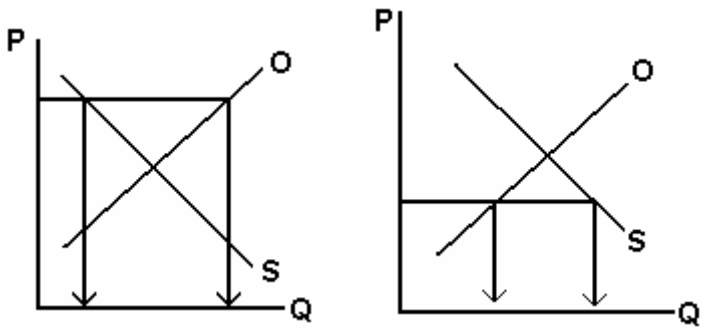


Figura 3.8. Excedente (izq) y déficit (der) en el mercado.

Las figuras ilustran un **excedente** (Izq) y un **déficit** (Der) en la producción a causa de una supuesta intervención Estatal, modificando el precio de equilibrio de un mercado.

Al comparar en ambos casos las cantidades ofertadas y demandadas, se concluye que si el precio fijado está por encima del punto de equilibrio (izq), de las dos es mayor la ofertada. Si ese precio es menor (der), de las dos cantidades la demandada es la mayor.

CIRCUITO ECONÓMICO

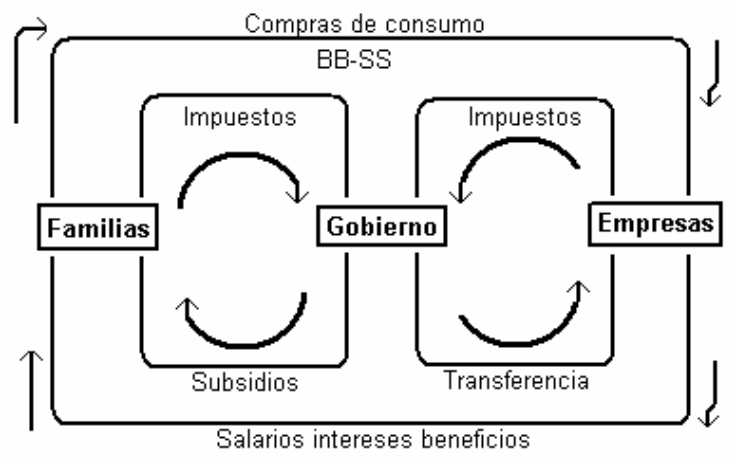


Fig 3.9. El circuito económico ampliado. En el centro, el Gobierno, además de regular la actividad económica, compensa los problemas de inequidad y concentración de la riqueza, generados por el mercado.

La siguiente ecuación mide la corriente económica del público a las empresas, **Y=C+I** que son las que invierten, o la contraria, **Y=C+S** que es igual, porque el público es quien ahorra esa fracción del ingreso Y, que no consume . Esto es, la Inversión I se financia con el Ahorro S, por lo que:

$$\mathbf{S=I}$$

$$\mathbf{Y=C+I}$$

$$\mathbf{Y=C+S}$$

Donde:

Y = Ingreso, C= Consumo, I= Inversión, S= Ahorro.

Obsérvese que el Ahorro **S** es igual a Inversión **I**, gracias a que el costo del dinero que es la tasa de interés, está en el punto de equilibrio.

Si colocamos el gobierno en medio de ambos, se presenta la situación que ilustra la Figura 3.9.

El gobierno cobra impuestos T a empresas y familias, pero con ese dinero entrega transferencias Tr a las empresas y subsidios Sb a las familias. Además, financia el gasto público G.

Las empresas remuneran a las familias por los factores de producción adquiridos en el mercado de Factores y éstas, las familias, le pagan a las empresas los BB y SS comprados para su consumo.

La ecuación ampliada, es:

$$Y= C+S+G+(X-M)-T+Tr+Sb$$

$$Y= C+I+G+(X-M)-T+Tr+Sb$$

Aquí S=I, de nuevo. Por eso si la cuantía **(S-I)** es positiva, se habla del excedente del ahorro sobre la Inversión Además, X-M significa la diferencia entre las divisas aplicadas a Importaciones (M) y obtenidas por Exportaciones (X).

La expresión **(X-M)** se denomina estado de la balanza de pagos y esta puede ser positiva o negativa. Además, **T** son los impuestos, con los cuales se financian las transferencias Tr y los subsidios Sb, además de las obras públicas, los gastos de la burocracia oficial, la defensa y la seguridad, entre otros rubros, todos ellos valorados con G.

Así el déficit o superávit del presupuesto nacional estará dado por **T-(G+Tr+Sb)**.

Obsérvese que la parte externa del circuito corresponde a los mercados y la interna al estado. En la externa se dan los procesos de crecimiento económico y acumulación de la riqueza, y en la interna el Estado corrige las deficiencias del modelo económico y aplica estrategias de desarrollo e instrumentos para redistribuir el ingreso.

El PNN, es el Producto Nacional Neto y el PNB, el bruto. El PNN se define como el pago de factores o valor agregado nacional. Es igual al PNB, menos las depreciaciones e impuestos indirectos

PNN = PNB - Depreciaciones – Impuestos indirectos

Los Impuestos Indirectos se aplican sobre lo que se hace y los Directos sobre lo que se tiene.

LAS CRISIS DE LA ECONOMÍA Y LOS MODELOS ECONÓMICOS

En la economía capitalista se han dado **dos crisis**: la del año 1929 y la de 1974 La primera conocida como crisis de los años 30 y la segunda como crisis del petróleo.

En la **primera crisis**, se desmontaron los grandes hornos de USA y Europa. Bajo el supuesto de que el problema de la economía residía en la demanda (Keynes), el Estado se transformó en el gran empleador e intervino los mercados favoreciendo el consumo.

En la **segunda crisis**, el desempleo y la inflación “galopan”. Bajo el presupuesto de que el problema de la economía se ha trasladado a la oferta (Friedman), se implanta el actual modelo neoliberal y por lo tanto se desmontan los privilegios antes concedidos a los consumidores, así como el tamaño del Estado.

1929 Recesión Económica. Keynes Problema en la demanda- El Estado interviene los Mercados. Precio máximo, y Salario mínimo.- Subsidio al consumo e impuestos para los productores. Tasas diferenciales de cambio y Sustitución de importaciones.- Salud y educación públicas- Sindicatos de base. Modelo laboral blando. Democracia representativa.

1974 Estanflación- Friedman- Problema en la oferta. Privatización y desmonte de las empresas del Estado Apertura económica y libertad de precios - Salud y Educación privadas. Tarifas de SSPP y salud costeables (sin subsidio) - Sindicato de industrias- Reprimarización de la industria- - Modelo laboral duro- Democracia participativa - Impuestos al consumidor.

Fuentes:

http://www.geocities.com/economiaytransportes/macroeconomia.htm

http://www.uca.edu.sv/deptos/dae/tesis/economia/economia.htm

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Augusto Angel Maya. Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. I Seminario Nal de Hábitat Urbano y Problemática Ambiental. ICFES - 1989.

Ensayos recopilados por Eudoro Rodríguez. Educación y Cultura Popular Latinoamericana. Ed. Nueva América

El Desarrollo Económico. Raymond Barre. Fondo de Cultura Económica, México. 1977.

El Alba de la Civilización. Historia Universal. Circulo de Lectores. 1984.

Fundamentos de Economía y Transportes. Gonzalo Duque Escobar. www.geocities.com/economiaytransportes 2006

Lo Imaginario. Durand, Gilbert. Barcelona, Ediciones del Bronce. 2000.

Problemas Urbanos Contemporáneos. Varios Ponentes. Rec y Edit. Ana Lucía Sanchez. Col María Restrepo de Angel.Bogotá. 1995

Thomas S Kuhn. La Estructura de las Revoluciones Científicas. Fondo de Cultura Económica. 1962.

Teoría General de Sistemas. John P. van Gigch. Ed. Trillas. Mexico. 1990

Tecnología Alterativa. David Dickson. Muy Interesante. Orbis. S.A. 1985

Valoración Económica de la calidad ambiental. Diego Azqueta Oyarzun. Mc Graw Hill. España. 1994.

V. Gordon Childe.Los Orígenes de la Civilización. Fondo de Cultura Económica. 1977

===

SEGUNDA PARTE

.

A- Riesgo por laderas inestables, sismos y volcanes

B- De los materiales Térreos: suelos y rocas.

C- Geomorfología y Observación satelital del planeta

BIBLIOGRAFIA (en cada tema)

A- RIESGO POR LADERAS INESTABLES, SISMOS Y VOLCANES.

Presentación

La zona tropical andina se caracteriza por la inestabilidad de los suelos y por un ambiente de gran actividad tectónica y volcánica. Estos aspectos se relacionan con la juventud de sus montañas sometidas a procesos orogénicos desde el paleozoico al reciente, y con la tectónica global. El clima y la biodiversidad, configuran el medio ecosistémico de este escenario.

El presente trabajo estará centrado las tres amenazas más relevantes de nuestro medio: **los deslizamientos, los terremotos y las erupciones volcánicas**, que son las amenazas naturales de mayor importancia en la zona montañosa andina.

Ordenes de las amenazas naturales

Una amenaza natural puede o no provenir de otra de mayor orden incluso puede ocasionar un evento posterior. Los deslizamientos pueden surgir a causa de un sismo o una lluvia y pueden ocasionar también aludes y avalanchas. De esta secuencia posible surge la necesidad de establecer la siguiente clasificación para las amenazas naturales:

- **Primer orden**: sismos, huracanes, volcanes y lluvias.

- **Segundo orden**: deslizamientos, maremotos, inundaciones.

- **Tercer orden**: aludes y avalanchas.

Los indicadores de riesgo traen el inconveniente de favorecer la atención y prevención de los grandes eventos, pues los pequeños, aunque superan en cúmulo a los grandes, no son igualmente reportados y reconocidos por las agencias centrales del orden internacional o nacional.

Otro problema adicional es el relativo con el origen real de los pequeños eventos: muchos eventos pequeños de segundo o tercer orden, son causados tiempo después, por otro de primer orden, sin que se reconozca esa relación.

Cuadro 0. Comparación entre varios tipos desastres naturales.

Tipo de desastre	Principal pérdida conocida de vidas humanas	Máxima pérdida de vidas proyectada
Inundación por causa de lluvias	Junio 1931, Honan China, el Yangtse y el río Amarillo matan entre 1 y 2 millones de personas	2 - 3 millones de personas
Terremoto	Enero 24 de 1556, Shensi China, un terremoto causa 830 mil muertes	1 - 1.5 millones de personas
Tsunami de origen sísmico	1876, Bahía de Bengala, grandes olas de marea matan 215 mil personas	250 – 500 mil personas
Tsunami de origen volcánico	Agosto 27 de 1883, Krakatoa, olas de marea matan 36.400 personas	100 a 200 mil personas
Erupción volcánica	1669, Italia. La erupción del Etna destruye Catania, matando 100 mil personas	1 - 2 millones de personas
Tifón o huracán	Octubre 8 de 1881, Haiphong Vietnam, un tifón causa 300 mil víctimas	0.5 a 1 millón de personas
Tormenta	Noviembre 26 de 1703, Inglaterra, una tormenta causó 8 mil muertes en el Canal	10 - 20 mil personas
Corrimiento de tierras	Diciembre 16 de 1920, Kansin China, un corrimiento de tierras mató 200 mil personas	250 – 500 mil personas
Ud	Diciembre 13 de 1941, Huarás Perú. Un alud mata 5 mil personas	10 20 mil personas

Booth-Fitch. La Inestable Tierra, Salvat, 1986

Estudio del riesgo

Se pueden definir riesgo, amenaza y vulnerabilidad, como conceptos probabilísticos a los que se pueden asociar funciones para facilitar su manejo en términos de pronósticos.

-Riesgo: Posibilidad de afectar significativamente las vidas o bienes a causa de un fenómeno dañino dentro de un período de tiempo y con una probabilidad determinada.

-Amenaza: Evento o fenómeno perjudicial con un cierto nivel de magnitud y alcance espacial, que tiene una probabilidad de ocurrencia significativa en un período de tiempo dado.

La probabilidad será **cualitativa** si decimos que es alta o baja, o será **cuantitativa** si le señalamos al evento su frecuencia temporal.

La relación entre amenaza y riesgo se establece por medio de la expresión:

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad

Siendo la **vulnerabilidad** el factor de riesgo que tiene en cuenta la **resistencia** o **fragilidad** de las personas y de los bienes **expuestos**. Por lo tanto:

Vulnerabilidad = Exposición/Resistencia

Riesgo = Amenaza x Exposición/Resistencia

La vulnerabilidad puede ser física, cultural y socioeconómica. El riesgo puede ser directo indirecto o de otros ordenes, según la amenaza sea natural, antropogénica o tecnológica. La amenaza depende del evento **detonante**, y de su grado de **susceptibilidad**, como de la energía **potencial** que lo caracteriza, razón por la cual se puede escribir:

Amenaza = Detonante x Susceptibilidad x Potencial

Riesgo = Detonante x Susceptibilidad x Potencial x Exposición/Resistencia

En el riesgo por deslizamientos podemos incidir sobre la amenaza, pero en el riesgo sísmico sólo queda la alternativa de intervenir la vulnerabilidad. En el riesgo volcánico podemos incidir sobre la **exposición** (evacuación temporal o definitiva) y en el riesgo sísmico normalmente intervenimos la **fragilidad** (parámetros de sismoresistencia y seguridad ignífuga).

Clases de riesgos

Se hace necesario diferenciar y calificar el riesgo asociado a una amenaza dada, para no generar expectativas ociosas.

- Riesgo **evitable** (por su origen o consecuencia)

- Riesgo **controlable** (evento predecible o efecto atenuable)

- Riesgo **incontrolable** (no predecible, evaluable o solucionable)

- Riesgo **aceptable** (diferencia entre el mayor nivel de riesgo y la máxima previsión.

Pero además existen el riesgo de **cúmulo** o total y el riesgo **específico** o local. El primero de interés para los individuos y agentes individualmente considerados y el segundo para la autoridad competente y para el sector de responsabilidad. Ambos, el riesgo de cúmulo y el específico, deben ser evaluados para facilitar el manejo de las contradicciones que surgen de la naturaleza del problema, dado que presentan valores diferentes entre sí y que los deslizamientos están asociados a amenazas de primer orden (lluvia y sismo).

Administración de emergencias por desastres

Es mucho más barato prevenir que curar. Veamos **en costos** la máxima: de la prevención al desastre hay un orden de diferencia y del desastre a su recuperación hay otro orden; por lo tanto de la prevención a la recuperación del desastre la diferencia es de dos ordenes:

Los desastres de **magnitud**, crean áreas de gran densidad poblacional. Campamentos para damnificados y centros de socorro, donde los servicios vitales adecuados pueden faltar, dada la ruptura de líneas vitales de agua, energía, alcantarillado, comunicaciones y transportes.

Falta de agua potable y carencia de instalaciones sanitarias básicas pueden disminuir el nivel de higiene existente. A ello debe sumarse la posible contaminación del agua, el suelo, el aire y los alimentos por los efectos directos o indirectos del desastre.

El ambiente también se altera por interrupción de servicios, aumento de criaderos de insectos, anulación de áreas afectadas, migraciones y hacinamiento.

Métodos para atenuar los efectos adversos del desastre

A *Medidas de prevención*: Como mejoras físicas o estructurales, organización eficiente del sistema de su operación y de mantenimiento.

B *Medidas de preparación*: Como planificación de acciones rápidas y eficaces para restaurar los servicios y controlar o mitigar los daños al sistema y los efectos al ambiente.

Dos niveles del Plan Operativo de Emergencias

A *Plan Estratégico*: A nivel nacional o regional. Debe diseñarse en función del riesgo de cúmulo.

B *Plan Operativo*: A nivel local. debe diseñarse en función del riesgo específico, coordinado con el anterior.

Comité de emergencia (responsabilidad)

- Análisis de vulnerabilidad del sistema.

- Coordinación y comunicación con otras entidades de emergencia.

- Contactos con proveedores de equipos, suministros, productos, insumos y servicios.

- Desarrollo de tareas de prevención y de preparación (obras, simulacros).

- Hacer inventario y registro de recursos.

- Entrenar al personal y actualizar el plan.

Análisis de vulnerabilidad (etapas)

- Seleccionar una amenaza potencial y asignarle características.

- Identificar componentes físicos y servicios auxiliares del sistema.

- Determinar los efectos del evento sobre el sistema.

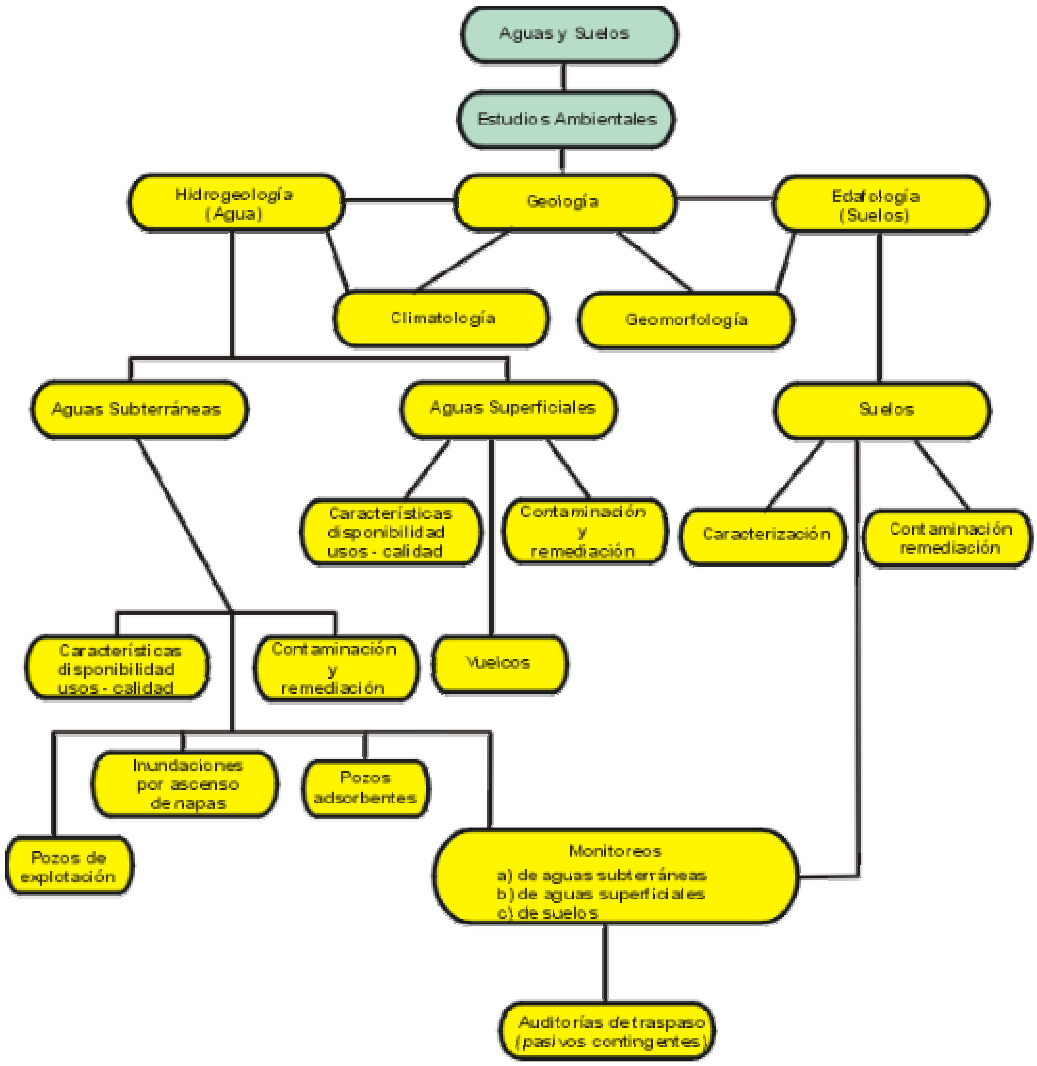
- Estimar la demanda de servicios básicos para el público.

- Determinar los componentes críticos y vulnerables a la amenaza.

- Ampliar otros efectos indirectos derivados del evento.

- Consolidar la información en una evaluación final.

Saberes especificos para el geotecnista



Cuadro 1. Suelo y agua.

La revolución científica ha traído consecuencias importantes. El grado profesional o disciplinar es solo una credencial para certificarse ante la sociedad. Ningún nivel de estudio es y ahora una fase terminal. Ninguna profesión se podrá adjudicar el logro exclusivo de un desarrollo particular. La complejidad y la especialización, hacen necesario el diálogo de saberes.

RIESGO POR DESLIZAMIENTOS [1

Una de las amenazas más importantes del medio tropical andino es la de los deslizamientos de tierra.

Nuestros suelos de montaña, por la condición tropical del país, son fundamentalmente suelos residuales y esa consideración los hace merecedores de un tratamiento singular, pues la mecánica de suelos que empleamos ha sido desarrollada para medios con las características de los suelos transportados, más típicos de las latitudes altas.

El desarrollo de metodologías para la evaluación del riesgo por deslizamientos, incorporando la complejidad de nuestros suelos, resulta de vital importancia en nuestro medio.

Los movimientos de masas son las amenazas más importantes en las zonas andinas. Los daños a bienes y pérdida de vidas se relacionan aquí con la inestabilidad de las vertientes intervenidas: deslizamientos, derrumbes, flujos.

El movimiento de masas ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo, lo que se da cuando ocurre al menos una de estas situaciones:

a) Al incrementarse el **esfuerzo cortante** (sismos). Aquí se incrementan las fuerzas actuantes.

b) Al caer la **resistencia al corte** del suelo (saturación). Esto reduce las fuerzas resistentes del suelo.

Clasificación de los movimientos masales y parámetros de in estabilidad.

Las diferentes clases de movimientos de masas, se describen en el cuadro No. 2 (M. Vargas, 1982).

Cuadro No.2. Clasificación de los movimientos de suelos y rocas en regiones tropicales**.**

Fenómeno	CLASE	COMO OCURRE	CUANDO OCURRE	COMO EVITAR
Movimientos plásticos o viscosos	**Reptación** efectuada por las camadas superficiales	Movimientos lentos de rastreo, movilizando sólo una parte de la resistencia al corte	Movimiento constante acelerado durante la época lluviosa	Impermeabilización de la superficie y drenaje superficial
	Deslizamientos de "talus"	Movimientos continuos de antiguos depósitos de laderas	Corte hecho al pie de un "talus" durante la época lluviosa	Lo anterior más subdrenaje con drenes horizontales o galerías filtrantes

Fenómeno	CLASE	COMO OCURRE	CUANDO OCURRE	COMO EVITAR
Deslizamientos a lo largo de superficies con cohesión y fricción	**Deslizamientos planos o traslacionales**	Asentamientos del manto relativamente delgado sobre la superficie de la roca de fondo	Rotura durante o después de precipitaciones con más de 100 mm/día durante el invierno	Lo mismo con cambio de configuración del talud, canales colectores, bermas en el pie y muros de contención por gravedad o anclaje
	Deslizamientos rotacionales	Deslizamiento de suelos residuales o masa saprolítica, eventualmente con bloques de roca		
Deslizamientos estructurales de masas rocosas	**Deslizamientos de cuñas o placas de roca**	Deslizamiento a lo largo de discontinuidades planas	Rotura repentina durante o después de tormentas con más de 100 mm/día, pero no necesariamente durante la época lluviosa	Anclaje de rocas y estructuras ancladas
	Deslizamientos de masas rocosas muy fracturadas	Similar a los deslizamientos planares y rotacionales		
	Caída de rocas	Desmoronamiento de bloques de roca (boulders)		
Flujos rápidos	**Flujo de masa barrosa**	Erosión o licuación de camadas superficiales	Durante tormentas con precipitaciones de más de 50 mm/hora en épocas lluviosas de años secos	Si son moderados se construyen en la vaguada estructuras disipadoras para evitar la incorporación de material del fondo del cauce
	Flujo de bloques de roca y "boulders"	Demolición de masas rocosas muy fracturadas		

Milton Vargas. Clasificación y mecanismos de deslizamiento de tierra y roca en zonas tropicales. I Congreso Suramericano de mecánica de rocas, Santafé de Bogotá, 1982.

Los parámetros que influyen en la inestabilidad del suelo se relacionan con el agua, el material, la geometría del terreno, y las situaciones del ambiente (fuerzas, procesos, etc). Los parámetros son:

- **Tipo de material:** roca, capa alterada y cobertura.

- **Pendiente:** gradiente, forma y longitud.

- **Condiciones hidrológicas:** infiltración, permeabilidad, NAF, cantidad de agua.

- **Procesos morfológicos:** erosión fluvial e hídrica, movimientos masales.

- **Parámetros externos:** distribución de la pluviosidad, es decir, relación (intensidad/período), sismicidad, vulcanismo.

Pero también es verdad que las laderas (cuestas naturales) han sido transformadas en taludes por los modelados de la actividad antrópica y que con la expansión de la frontera agrícola, por prácticas deficientes en el uso y manejo del suelo, se han producido el descontrol hídrico y pluviométrico, la erosión y la deserfiticación de los suelos andinos.

La evaluación

- Preguntas y respuestas en la evaluación

La cultura de la información es escasa en nuestro medio. Sin información no se pueden hacer análisis y sin este se cae en la improvisación o en los sobre-costos. Para evaluar acertadamente un evento de movimiento de suelos, deben responderse las preguntas básicas.

¿Qué pasó?... Mecanismo

¿Qué lo causó?... Causa

¿Continuará?... Estabilidad actual

¿Qué hacer?... Prevención y corrección

¿Ocurrirá en otro lado?... Predicción espacial

¿Cuándo ocurrirá?... Predicción temporal

¿Es evitable?... Causa

- Etapas de la evaluación

Las siguientes son las etapas para lograr una evaluación exitosa, que conduzca a resultados concretos y útiles.

1º **Secuencia de eventos**: testigos, instrumentos, mecanismos, volumen, energía, causas, signos.

2º **Condiciones ambientales**: averiguar las causas y hacer estimaciones espacio-temporales sobre la ocurrencia y extensión de los eventos. Utilizar datos meteorológicos, sismológicos y registrar si se dieron cambios previos en áreas aledañas como construcciones, riegos, explosiones, deforestación, roturas de líneas con líquidos, sobre cargas, interrupción de drenajes o cultivos.

3º **Inspección detallada** de morfología y estado de áreas aledañas y del deslizamiento: grietas, flujos de agua, obras, edificaciones, cultivos.

4º **Análisis adicional**.

5º **Plan** de instrumentación, manejo y control, según obras decididas.

6º Abandono del sitio y evaluación de las **consecuencias.**

Causas de los movimientos y medidas a tomar.

La causa real de un movimiento de masas es casi un problema forense. Los factores contribuyentes pueden ser más visibles que la causa real o que el detonante del problema.

- **Causas intrínsecas**: suelen ser naturales y se relacionan con el agua subterránea, material, tectónica, topografía abrupta, etc.

- **Causas detonantes:** pueden ser naturales como la lluvia, el sismo, la erosión, o artificiales como cortes, deforestación, etc.

- **Causas contribuyentes**: similares a las causas detonantes pero que simplemente anticipan el evento.

- **Las medidas** pueden ser preventivas o correctivas, según prevengan la ocurrencia del evento o corrijan los efectos por el ocasionados.

Los factores de amenaza y de riesgo

Los factores de **amenaza** en caso de deslizamiento son:

- Son la susceptibilidad debida a factores internos

- Los eventos detonantes como lluvias, sismos, erosión, sobrecargas.

- El potencial de energía, tanto la destructiva interna como la potencial.

Los factores de **riesgo** por deslizamiento son:

- El nivel de la amenaza de deslizamiento.

- El grado de exposición de elementos que puedan sufrir daños posibles, como los elementos sobre la ladera o al alcance o por generación de aludes u obstrucción de corrientes.

- La resistencia al fenómeno, no sólo desde el punto de vista físico sino también funcional. Se asume que la resistencia es un concepto opuesto al de la fragilidad.

Mapas

La amenaza se puede representar en un **mapa de susceptibilidad al deslizamiento**, donde cada color involucra el grado de susceptibilidad del territorio a la ocurrencia de deslizamientos y cuyos niveles en forma decreciente son rojo, naranja y amarillo, o verde para las zonas no susceptibles.

Si se ha de **valorar** el peligro o amenaza debemos reconocer su existencia, evaluar la capacidad de manejarlo, estimar su probabilidad de ocurrencia, evaluar eventuales efectos y tomar la decisión de aceptarlo o no.

Si se trata del **manejo** del peligro o amenaza, las posibilidades son evitarlo, removerlo, controlarlo (reducirlo), minimizar sus efectos o recurrir a sistemas de alarmas.

Análisis de vulnerabilidad

Metodología para el Análisis de vulnerabilidad a la ocurrencia de deslizamientos.

Las siguientes son las etapas para proceder a los análisis de vulnerabilidad, en caso de amenaza de deslizamiento, para evaluar una situación de riesgo dada.

- Seleccionar una **amenaza potencial** y asignarle características. Se alude a un tipo de movimiento de masas dado, con un volumen, intensidad y extensión dados.

- Identificar **vidas y bienes** amenazados y otros componentes físicos o servicios comprometidos.

- Determinar los **efectos** del evento sobre las personas y bienes señalados y sobre los sistemas de servicios. Además de los daños estructurales están los daños funcionales de los sistemas.

- En el caso de empresas de servicios comprometidas, debe estimarse **la demanda** de servicios básicos para el público y la reducción del servicio a causa de un evento desastroso.

- Determinar los **componentes críticos** y vulnerables a la amenaza para estimar la reducción de la oferta de servicios de una empresa o de un sistema.

- Ampliar **otros efectos** indirectos derivados del evento, por ejemplo por la ocurrencia de amenazas de tercer orden o por daños a terceros.

- Consolidar la **información** en una evaluación final, susceptible de ser revisada y actualizada en forma periódica y extraordinaria.

Estudio del riesgo

Metodología para el estudio del riesgo en caso de deslizamiento**.**

- Identificación de la **amenaza**: recopilar y analizar información, identificación preliminar del riesgo y de las medidas urgentes.

- Evaluación de la **susceptibilidad**. Estudios cartográficos, hidrológicos, geológicos, agrológicos, de erosión, uso y manejo del suelo, zonificación de susceptibilidad, caracterización geotécnica de materiales, evaluación de estabilidad y susceptibilidad.

- Estudio de eventos **detonantes** de la amenaza: climatológicos, hidrológicos, sismológicos, de erosión o sobrecargas naturales, y efectos antrópicos. Se puede dar deslizamiento con lluvia y con sismo, deslizamiento sin ellos o con uno de ellos. La probabilidad final será la suma las probabilidades de cuatro situaciones diferentes.

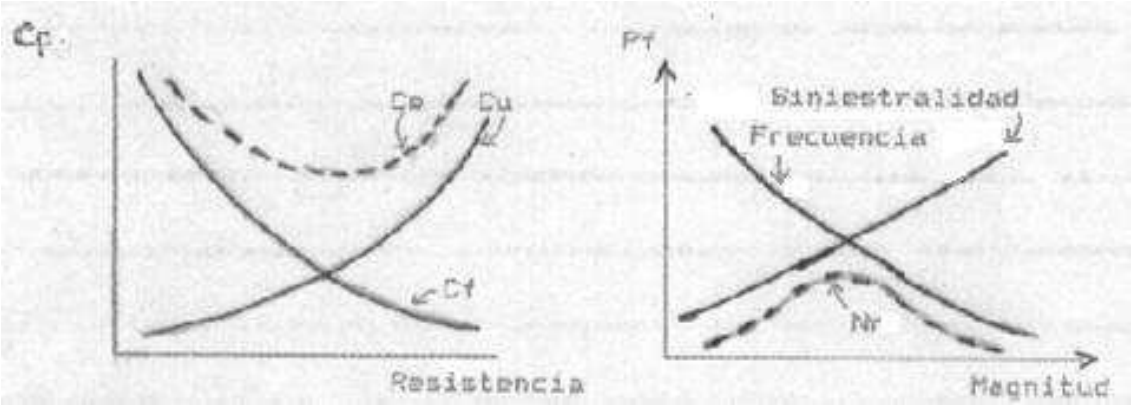


Fig. 6 : Izquierda, Costo Probable de falla Cp. Derecha, nivel de riesgo Nr

- Estudio del **riesgo**: evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y del riesgo. En la figura 6 derecha, la función que relaciona la probabilidad de falla con la magnitud de un evento, alude a su grado de siniestralidad, y la que relaciona la probabilidad de ocurrencia con la magnitud de un evento, alude a la frecuencia probable del fenómeno.

La primera función (siniestralidad) expresa la curva de daños cuya pendiente es positiva, y la segunda función (frecuencia), la curva de ocurrencia cuya pendiente es negativa. El producto de ambas da el **nivel de riesgo** del evento que gráficamente se representa por una campana (Nr), cuyo máximo coincide con la intersección de las dos curvas anteriores.

- **Medidas**: sistemas de observación y alarmas, reducción de la exposición, reducción de la amenaza, incremento de la resistencia, y jerarquización de prioridades y estudios.

- Estudios **económicos** (ver figura 1 izquierda): análisis de las funciones de **costo esperado**, que es la suma del costo usual (curva Cu) y el costo de falla (curva Cf). El costo de falla involucra pérdidas, reposición, interrupción, lucro cesante y efectos sociales, el costo usual involucra estudios, control, construcción y mantenimiento. La suma de ambas funciones es una parábola (Cp) cuyo mínimo coincide con la intersección de ambas funciones.

La situación en Colombia

En Colombia predominan **rocas blandas**, es decir, materiales intermedios entre suelos y rocas. Por ejemplo, las rocas de bajo o medio metamorfismo como esquistos, filitas, algunas serpentinitas y anfibolitas, e incluso algunos gneises y rocas mal consolidadas y mal cementadas, como margas, lodolitas, limolitas y areniscas blandas.

Las rocas blandas son susceptibles a los cambios de humedad típicos del ambiente tropical. Para la **zona andina** en el oriente de Colombia predominan espesos **coluviones** y en el occidente **suelos residuales y volcánicos**. El occidente está afectado por **tectonismo y sismos**.

Es importante para el ambiente andino tropical considerar los **suelos residuales** con sus **estructuras relictas** o heredadas, que a diferencia de los suelos transportados, donde las discontinuidades son horizontales (predecibles), estas resultan con orientación aleatoria y buzamiento impredecible.

Los espesores de las **alteritas** son mayores en las zonas tropicales (vegetación y clima), como la cordillera Oriental de naturaleza sedimentaria. Los **saprolitos** son típicos de la zona andina (roca cristalina), como las zonas de batolitos a lo largo de la cordillera Central y Antioquia. Los **andosoles** se desarrollan en lugares con cenizas volcánicas donde se desarrollan haloisitas y alófanas (Cauca, Nariño y zona cafetera). Las **lateritas** son suelos típicos del Cauca y los Llanos Orientales.

Además de un **clima** con contrastes de temperatura y precipitación, existen **factores tectónicos**.

La **precipitación** es alta en Chocó y el margen llanero, moderada en la zona cafetera y baja en las zonas desérticas de Colombia (Guajira, Alto Magdalena, Villa de Leiva).

Colombia en su zona andina, tiene fallas, muchas activas, mostrándose en sus laderas inestables zonas con **intenso fracturamiento** donde los materiales presentan trituración y brechamiento. El occidente está afectado por las fallas de Romeral y Palestina (rumbo) y el oriente por el sistema de las fallas frontales de los Llanos (inversa). Ambas son de alto riesgo sísmico.

La falla geológica condiciona el **drenaje interno** y tras todo ello se presenta una cronoestratigrafía en repetidas ocasiones desfavorable puesto que en los estratos de diferentes edades se presentan contrastes de permeabilidad, zonas débiles, etc.

ZONIFICACIÓN.

Si se integran en una zona cualquiera de Colombia, aunque sea a **nivel regional**, un mapa geológico, un mapa tectónico y un cuadro de movimientos masales clasificados, se pueden inferir algunos factores de inestabilidad (inherentes, detonantes, etc.). Si superponemos **relieve y sobrefracturamiento** obtenemos zonas más o menos propensas a deslizamientos. En Colombia las áreas de influencia del sistema Romeral y de las fallas del margen llanero se pondrían en evidencia como zonas altamente inestables.

J. Montero (1990) señala en Colombia varias provincias con amenaza alta a deslizamiento así:

- Entre la falla Romeral y el Cauca. Con rocas metamórficas, rocas con cataclasis y arcillas alófanas remoldeadas.

- **La cordillera Oriental**. Con suelos espesos (alteritas) sobre lutitas que son químicamente alterables.

- El margen llanero. Muy afectado por el ambiente tectónico y la naturaleza sedimentaria de los suelos.

- Zonas con potentes flujos alterados. Como la Estampilla (Manizales), donde se encuentran depósitos fluviotorrenciales alterados y en procesos de movimientos masales.

- Zonas de coluviones. Como los de Quebrada Blanca en la vía al Llano.

- **Saprolitos**. En zonas de debilidad tectónica.

En resumen la juventud de las cordilleras, el ambiente tectónico intenso y la naturaleza del clima, son factores que se conjugan para explicar la inestabilidad de nuestras laderas.

Conclusiones y recomendaciones

Las comunidades primitivas de América que por siglos padecieron sin comprender las agresiones del medio, dejaron **un legado** hoy inutilizado, para bien de las colectividades humanas de nuestros medios andinos más transformados, que paradójicamente habitando un medio paranatural, no hemos hecho de los fenómenos naturales propios del trópico andino, huéspedes condicionantes de acciones y beneficios.

Esa **fragilidad del medio construido**, explicada por falencias dialécticas entre nuestra cultura y el medio ecosistémico que habitamos, nos lleva a admitir que en el medio tropical andino apenas iniciamos la fase de recolección de información, cuando imaginábamos que ya la procesábamos. Simplemente hacemos uso de tecnologías basadas en procesos desarrollados para medios exógenos y evidentemente no adaptadas a nuestros suelos.

Se recomienda avanzar en el **desarrollo** de la geotecnia en Colombia, **articulando** a los trabajos los aportes de otras disciplinas como la agrología, la geología, la antropología, la biología, la ecología y la climatología, para dar respuesta a multitud de problemas entre ellos los **desastres** naturales.

BIBLIOGRAFIA

CARDONA, Omar Darío. Evaluación de la Amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Taller regional de capacitación para la administración de desastres. ONAD, PNUD, OPS, UNDRO. Bogotá, 1991.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. Manual de Geología para Ingenieros. Universidad Nacional, Manizales. 1998.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo y **ESCOBAR POTES** Carlos E. Mecánica de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 1999.

GONZALEZ, Álvaro Jaime. Notas del Curso Estabilidad de Taludes, del Postrado de Geotecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 1994

HERMELIN, Michael. Bases de Geología Ambiental. Universidad Nacional. Medellín. 1987.

MONTERO, Juan. Curso de Estabilidad de Taludes, Procesos, Factores y Causas de Inestabilidad de Taludes y Laderas. Santafé de Bogotá. 1990.

SCHUSTER-KRIZEK. Landslides. Academia Nacional de Ciencias. U. S. A. 1978.

SPETERS, Robert. Notas de la Charla "Tecnologías para el Estudio de Amenazas Naturales en el Medio Andino". ITC y DTU de Holanda. Jueves 30 de marzo de 1991, Universidad Nacional, Manizales.

VARGAS, **Milton. Estabilidad de Taludes. I Congreso Suramericano de Mecánica de Rocas. Sociedad Colombiana de Geotecnia. Santafé de Bogotá. 1982.**

---

[1] Pereira, Noviembre 8 de 2000 SIMPOSIO SOBRE SUELOS DEL EJE CAFETERO PROYECTO UTP - GTZ

EL RIESGO SÍSMICO

Principales peligros en un terremoto

- **Primer grupo**. Temblor del suelo, asentamientos diferenciales de la estructura, hundimientos del suelo, deslizamientos y avalanchas.

- **Segundo grupo**. Desplazamiento del suelo a lo largo de una falla.

- **Tercer grupo**. Maremotos (Tsunamis) y seiches (oscilaciones en lagos y embalses), inundaciones por daños en embalses y ruptura de diques y conducciones hidráulicas.

- **Cuarto grupo**. Incendios, colapso de estructuras y acabados.

Estudio de riesgo sísmico para un punto particular

- Estudios geológicos. Tectónica regional y régimen de deformación, cartografía de fallas capaces importantes en un área de 100 kms de radio. Determinación del tipo de fallas. Pruebas en pro y en contra de la actividad reciente de las fallas. Evidencias en el terreno de asentamientos, inundaciones y deslizamientos conexos.

- Estudios de ingeniería de suelos. Informes de campo sobre los terrenos de cimentación (capacidad portante, etc.) y estudios de estabilidad. Tratamiento especial de la inestabilidad por hundimiento o por falla de pendiente, modificación de los parámetros de diseño para movimientos fuertes cuando sea necesario.

- Estudios sismológicos. Determinación de terremotos históricos locales, cartografía de epicentros sísmicos. Estudio temporal de la relación recurrencia de intensidad-recurrencia de magnitud, para la zona. Evaluación de las intensidades históricas en la vecindad. Correlación entre focos sísmicos y fuentes sísmicas sobre la cartografía, estimación de futuras intensidades (aceleración, velocidad y desplazamiento) cerca del lugar y con la probabilidad de recurrencia. Selección de registros de movimientos fuertes de terremotos pasados que mejor representen las intensidades probables.

El aporte del geotecnista a la ingeniería sísmica

- Fuentes y trayectorias. Entre los parámetros sismológicos asociados a estudios de riesgo sísmico, tenemos los que definen y cuantifican las ondas sísmicas que inciden en los suelos que soportan nuestras ciudades. Deben caracterizarse los **focos de actividad sísmica** describiendo los mecanismos focales, naturaleza de las dislocaciones y esquemas sismotectónicos del orden regional, además, conocerse las trayectorias de las ondas caracterizando el movimiento ondulatorio, describiendo las estructuras del subsuelo, su topografía superficial y profunda, y características de los materiales rocosos. Aquí la evaluación de la trayectoria de las ondas sísmicas supone el empleo de algunas **ecuaciones de atenuación**. Ya a distancia del foco, se debe evaluar el potencial sísmico a nivel de la roca que sirve de basamento a cada ciudad, cuantificando la magnitud, aceleración máxima y período de retorno de los eventos sísmicos. Finalmente se entra a estudiar las condiciones locales de los depósitos de suelo que cubren el basamento (geometría de depósitos y propiedades dinámicas de sus materiales) con el fin de identificar la respuesta sísmica.

- Interacción suelo- estructura. Con este itinerario se cae a un problema típico de **dinámica de suelos**, en el que se deben conocer las propiedades dinámicas de cada estrato de suelo y del conjunto, así como la respuesta sísmica de un lugar específico y el efecto de las vibraciones en el suelo considerado como estructura, y también en el conjunto suelo-estructura (aludiendo aquí a las construcciones). Siendo el sismo un movimiento ondulatorio asociado a la liberación de energía en un medio elástico, puede darse el fenómeno de **resonancia** por semejanza entre los períodos de vibración (o frecuencias) del sismo, del suelo y de la estructura (cualquier construcción o depósito de suelo tiene un período natural de oscilación que lo caracteriza).

-Tipos de suelos. En estos estudios se pueden considerar dos tipos de suelos para efectos prácticos; los **depósitos blandos mal consolidados** en los que los esfuerzos cortantes crecen sin que necesariamente lo hagan los movimientos del suelo, suelos que después de la excitación quedan intactos, y los **depósitos granulares sueltos y saturados** que desarrollan grandes deformaciones, dando lugar a deslizamientos de tierra o a su licuación.

Debe advertirse que las cargas dinámicas asociadas a sísmos son complejas, pues difieren en magnitud, dirección y frecuencias. La idealización del sismo permite considerar un tren de esfuerzos cortantes (como también de ondas de compresión) que se desplaza desde el foco y hasta las ciudades, a través de las diferentes unidades de rocas, cruza los estratos de los depósitos que las cubren, y alcanza en su viaje las estructuras de las construcciones que habitamos. En ese viaje cambian su trayectoria, magnitud y frecuencia. Las oscilaciones del terreno también se caracterizan por ser cíclicas y rápidas resultando por ello sometidos los suelos a condiciones de cargas dinámicas bajo condiciones no drenadas (si el suelo está saturado el agua no tiene tiempo de salir).

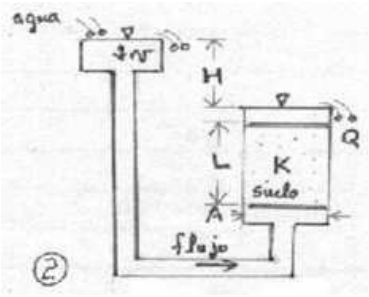


Figura 7. Permeámetro para flujo ascendente. El valor crítico de H para licuación es $H_c = L\ (\gamma'/\gamma_w)$

El comportamiento del suelo ante sismos y en **condiciones saturadas** es preocupante porque, para grandes deformaciones por esfuerzos de corte, se puede producir una acumulación gradual de la presión de poros dentro del depósito de suelo, en detrimento de los esfuerzos efectivos, tal que si el número de aplicaciones de carga resulta suficiente, los esfuerzos efectivos se anulan, quedando el suelo licuado si su resistencia al corte es de tipo friccional; el suelo así se ha transformado en un pantano. Después del proceso y cuando las presiones de poros se han disipado el suelo volverá a su condición hidrostática sufriendo densificación por reacomodo de su estructura (el pantano se vuelve tierra firme y se asienta).

- Algunas lecciones. Para resaltar la importancia de una evaluación de las características de los depósitos blandos ante solicitudes dinámicas y la necesidad de ubicar acelerógrafos sobre depósitos blandos y rocas del basamento, como fase fundamental para los estudios de microzonificación sísmica, se muestran los siguientes **ejemplos**: en los terremotos de Chile y Alaska (1991) hubo fallas de laderas, asociadas a efectos combinados del incremento de los esfuerzos cortantes en el suelo y las amplificaciones locales por topografía, en estratos arcillosos. En el terremoto de Méjico (1985) y en el de Loma Prieta (1989) en los depósitos de suelos finos blandos, con espesores de hasta 100 y 200 metros respectivamente, las amplificaciones de las aceleraciones horizontales máximas fueron de 2 a 4 veces, mientras las de las aceleraciones espectrales máximas fueron de 8 a 15 veces y de 3 a 6 veces respectivamente. Estos terremotos cambiaron completamente los conceptos sobre la respuesta de las arcillas blandas ante cargas sísmicas. Experiencias teóricas en el Valle de Ashigara Japón (1992) muestran que en la práctica es difícil evaluar la respuesta dinámica de depósitos aluviales o coluviales que incluyan diferentes tipos de suelos y cambios topográficos simultáneamente.

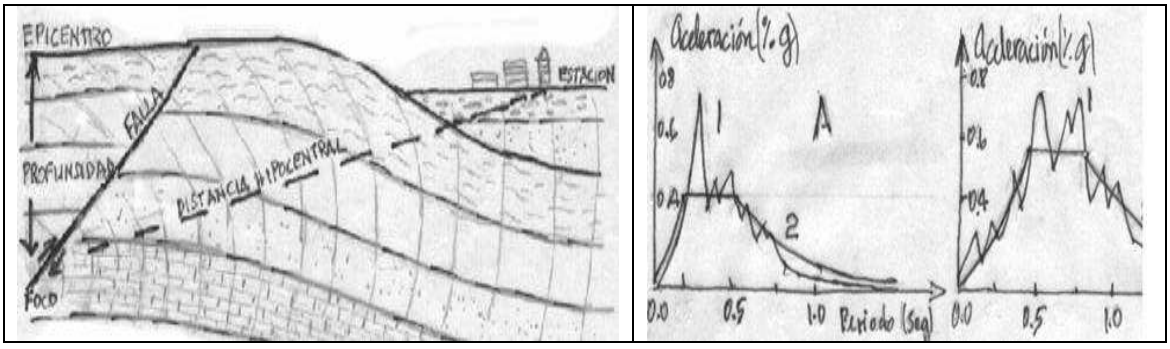


Fig Amplificación de onda sísmicas (Iz) y espectros sísmicos de período contra aceleración (De) para suelo duro y para suelo blando, respectivamente..

- El resultado. El producto importante derivado del conocimiento de las características de la respuesta sísmica de los depósitos de suelos, en las zonas habitadas, es la mitigación o reducción del riesgo sísmico. Gracias a la instalación de una red sísmica y de acelerógrafos, se le permite a la ingeniería sísmica aplicar sus metodologías, técnicas y estrategias, no sólo para evaluar la vulnerabilidad de las construcciones y obras ya ejecutadas y construir las nuevas de manera segura, sino también para modificar el nivel de seguridad o de servicio de las estructuras que lo ameriten, de acuerdo a su resistencia, a su funcionalidad y a su vulnerabilidad.

Mapa de microzonificación sísmica.

Para la preparación del mapa de microzonificación se requiere adoptar un método interdisciplinario, teniendo en consideración la sismología, la geología, ingeniería y el medio ambiente edificado. A continuación se proponen tres etapas operacionales, presentadas por el Laboratorio de Sismología y Vulcanología de la Universidad de Costa Rica.

1º Etapa. Elaboración de mapas adecuados a los requisitos de las zonas urbanizadas interesadas, delineación de los aspectos concretos del método. Recopilación y tratamiento de datos multidisciplinarios requeridos, incluyendo los obtenidos de experiencias internacionales. A los mapas temáticos se les asigna una serie de parámetros, su calificativo y un valor que se determina con base en:

Cuadro 3 . Valoración de parámetros para la microzonificación.

Parámetro	Calificativo	Valor
Tipo de suelo, de acuerdo a su consolidación		**S**
Roca (S1)	bajo	1
Suelo firme (S2)	medio	2
Suelo blando (S3)	alto	3
Muy blando (S4)	muy alto	4
Períodos naturales del suelo (segundos)		**P**
0,1 - 0,4	muy bajo	1
0,1 - 0,5	medio	2
0,1 - 0,6	alto	3
>0,6	muy alto	4
Topografía (pendiente en grados)		**T**

Parámetro	Calificativo	Valor
0 - 10	muy bajo	1
10 – 20	bajo	2
20 – 30	medio	3
30 – 40	muy alto	4

Aceleraciones máximas (porcentaje de la gravedad)		**M**
0 - 0,15	muy bajo	1
0,15 - 0,30	bajo	2
0,30 - 0,40	alto	3
>0,40	muy alto	4

Adaptado de Metodología para la microzonificación sísmica, R. Ramírez, U. de Costa Rica, 1995.

- 2º Etapa. Se adopta una metodología para la combinación de los factores anteriores, considerando que la amplificación sísmica ocurre cuando en determinado tipo de suelo y con un cierto período de duración se alcanza un grado de susceptibilidad, y que bajo estas condiciones la sismicidad actúa como elemento detonante.

Se considera que el grado de amenaza es el producto de la energía del sistema por la susceptibilidad y la acción de los elementos detonantes o de disparo. Aquí se asumirá que el primer factor es unitario.

Amenaza (A) = 1 x susceptibilidad (Z) por detonante (D)

El valor de la susceptibilidad se compone a su vez de tres parámetros (valor del tipo de suelo (S), período natural del suelo (P) y topografía (T)). A su vez el factor detonante se compone del parámetro aceleración máxima (M).

Haciendo la compilación de factores se tiene la ecuación:

$$A = 1 \times Z \times D$$

$$A = 1 \times (S \times P \times T) \times (M)$$

El grado de amenaza y los intervalos preliminares, de conformidad con el resultado que se obtiene de aplicar los valores de atrás en la anterior ecuación son:

Bajo 1 - 18

Medio 18 - 46

Alto **46 - 72**

Muy alto **>72**

- 3º Etapa. Se lleva esta información de una forma adecuada a los usuarios para que se establezcan planes de manejo del uso de la tierra, ordenación física del territorio y planes de prevención de desastre sísmico. Este plan se puede llevar a cabo por medio de conferencias, foros y un pequeño folleto que explique en forma concisa el uso del mapa de microzonificación sísmica.

- Limitaciones. La metodología permite una aproximación de las áreas con amenaza de amplificación sísmica. El método identifica áreas donde se debe tomar en consideración las características de las condiciones geológicas superficiales (suelos) y ayuda a definir los factores de amplificación dinámica para perfiles de suelo firme, blando y muy blando, también permite orientar recursos a estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos para el desarrollo de la infraestructura urbana.

Riesgo Sísmico en Colombia y en El Eje Cafetero

Existen sobre la Tierra regiones prácticamente asísmicas. Son los cratones o núcleos estables de los continentes, como el Escudo Guyanés, el Escudo Brasilero y el Escudo Canadiense, para el caso de América. Contrariamente, las regiones sísmicas son el Cinturón Circumpacífico y la línea Alpes-Caúcaso-Himalaya.

Fuentes sísmicas de Colombia. En Colombia los sismos son frecuentes en la región del pacífico y andina, eventuales en la caribe y escasos en la orinoquía y la amazonía. Casi toda la población del país habita zonas del alto y moderado riesgo sísmico.

- En Colombia los sismos intraplaca son someros e intensos en la región del pacífico y profundos y menos leves sobre la región andina. Hay singularidades en Riosucio (Chocó) y en la región de Bucaramanga, como también fallas de gran actividad en la joven cordillera Oriental y en otras regiones del país, según lo visto atrás.

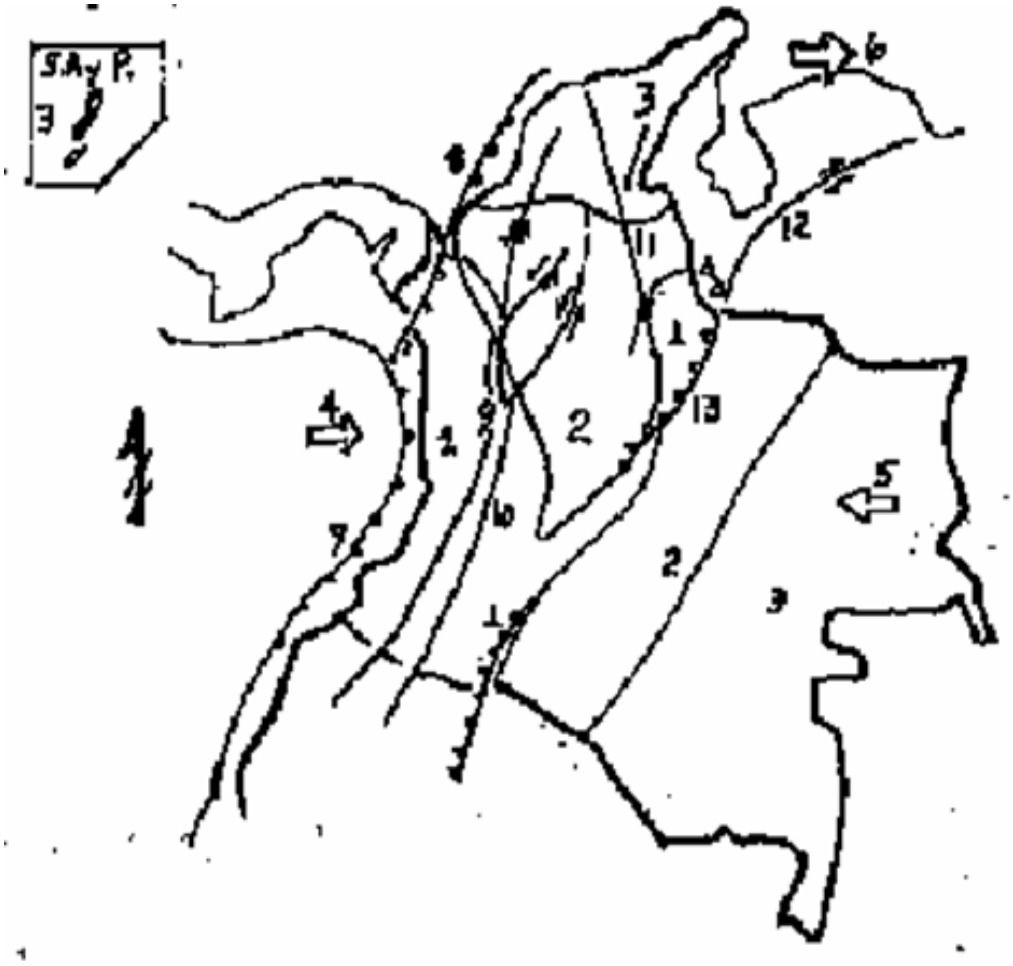


Figura 8. Zonas de riesgo sísmico y fuentes sismotectónicas en Colombia. 1. zona de alto riesgo, 2. zona de riesgo moderado, 3. zona de bajo riesgo. 4. placa Nazca, 5. placa Suramericana, 6. placa Caribe, 7. fosa colombo-ecuatoriana, 8. fosa Darién-Urabá (?), 9. falla Cauca, 10. falla Romeral, 11. falla Santa Marta-Bucaramanga, 12. falla Bocono, 13. falla frontal. Fuentes: Red Sísmica del eje Cafetero y Tolima, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

- La falla Atrato afecta a los departamentos del Valle del Cauca, Chocó y Antioquia.

- La falla de Romeral atraviesa los departamentos de Nariño, Cauca, Tolima, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar y Magdalena.

- La falla del Cauca recorre los departamentos de Nariño y Cauca.

- La falla de Palestina cruza los departamentos de Tolima, Caldas, Antioquia y Bolívar. La falla de Santa Marta-Bucaramanga afecta a los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santanderes, Cesar y Magdalena.

- La falla Guaicaramo cruza los departamentos del Meta, Cundinamarca, Boyacá y Arauca. También se han registrado sismos en Puerto Carreño, Putumayo y San Andrés.

Amenaza Sísmica en El Eje Cafetero

El Eje Cafetero está localizado en una de las **zonas de alto riesgo** sísmico de Colombia. Los sismos de 1938, 1961-62, 1979 y 1985 ponen en evidencia una fuente sísmica de importancia, generadora de sismos de magnitud cercana a 7 grados, la que por la profundidad y posición de los focos se ha relacionado con la zona de subducción de la Placa de Nazca (Pacífico); pero las fallas del sistema Cauca-Romeral y las que delimitan la fosa tectónica del Magdalena son dos fuentes sísmicas que merecen consideración en esta poblada región. Como ejemplo, el sismo de Popayán 1983, que anuncia una segunda fuente sísmica de tipo superficial, capaz de producir eventos de magnitud 6, pero de mucha mayor intensidad (1.5 grados más), que la de los eventos profundos.

En los primeros las aceleraciones conocidas son inferiores al 15% mientras en los segundos han superado el 50%.

Esta temática ha sido uno de los principales objetivos de técnicos y científicos que laboran en el Programa de la Red Sísmica del Eje Cafetero y el Tolima, para poder llegar a lo que se conoce como respuesta sísmica.

Las **características sismotectónicas** de la región apenas empiezan a conocerse y el catálogo de información sísmica se remonta apenas a algunas décadas, manteniendo lagunas, imprecisiones e inconsistencias. No se sabe aún como se atenúa la intensidad en función de la magnitud y distancia focal del sismo y a lo sumo podríamos suponer que la actividad sísmica del futuro tendrá alguna semejanza con la del pasado. Aún deberá caracterizarse mejor las fuentes sismotectónicas identificadas y conocer otras que puedan provocar sismos destructores aunque locales.

Como no es posible aún, predecir los fenómenos sísmicos de un modo determinista se ha recurrido a modelos probabilísticos cuya eficacia depende de la validez, cantidad, calidad y extensión de los datos que alimentan el modelo. Pero dada la **limitación** en nuestras bases de datos, se ha buscado representar la historia sísmica con la recurrencia de las magnitudes generadas por las diferentes sismofuentes, asumiendo su localización y unas determinadas leyes de atenuación de intensidad, donde las variables se modelan con características aleatorias dada la incertidumbre de los registros y del fenómeno en sí (modelo estadístico bayesiano).

Se parte del presupuesto de que la intensidad es la variable más determinante en los daños sísmicos y que la **calibración** de los resultados finales y consistencia entre tasas de excedencia de magnitudes e historia sísmica se obtiene con el catálogo sísmico del lugar.

Ciertamente la incertidumbre e imprecisión inherentes a un tratamiento estadístico, no resultan aceptables al evaluar el impacto sobre el total de pérdidas que pueden tener las obras de infraestructura comunitaria, razón por la cual cada caso (cada línea vital o cada centro de servicio) debe ser tratado particularmente. La **vulnerabilidad física** de una estructura se describe en términos de la aceleración basal, el período fundamental de vibración de la estructura y la función de daños.

Bibliografía

ACOSTA, Carlos E. Sísmica y Tectónica de Colombia y Bucaramanga. Primera Conferencia Regional de Geotecnia del Oriente Colombiano. Bucaramanga, 1977.

CARDONA, Omar Darío. Estudio de Vulnerabilidad y Evaluación del Riesgo Sísmico: Planificación Física y Urbana en Áreas Propensas. Bogotá, 1986

DON-LEET. Earthquake. Editorial Dell Publishing. U.S.A. 1964.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. Mecánica de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 1999.

ESTEVA, L., RASCON, O y GUTIERREZ, A. Lessons from Some Recent Earthquakes in Latin America. IV Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica.1969

RAMIREZ, Jesús Emilio. Historia de los Terremotos en Colombia. Instituto Agustín Codazzi. Editorial Andes. Bogotá, 1975.

RAMÍREZ, Roberto. Metodología para la microzonificación sísmica, Universidad de Costa Rica, Publicaciones del SISMID, Lima Perú. 1995.

RIESGO VOLCÁNICO

En zonas de montaña, de ambiente andino, los principales riesgos volcánicos se relacionan con lahares, flujos piroclásticos y caída de cenizas.

Lahares: Las máximas alturas son de 50 metros sobre los cauces, antes de llegar los ríos a los valles de salida. No obstante por la frecuencia, las alturas a considerar con riesgo son de 10 y 30 metros, según el mejor o el peor de los casos posibles y probables.

Blast y flujos piroclásticos en general: estos eventos menos probables pero igualmente contundentes, exigirían a largo plazo re-estudiar y de manera integral alternativas de ruta, y a corto o mediano plazo prever la seguridad de operadores. Se recuerda que, conexos podrían aparecer lahares y sismos los cuales tienen riesgo específico alto y cúmulo bajo.

Ceniza y gases: La exposición prolongada al efecto de la ceniza, es tan importante como la exposición intensa al mismo fenómeno, cuando se trata de la salud de personas con bronquitis crónica, asma y enfermedades cardio-pulmonares.

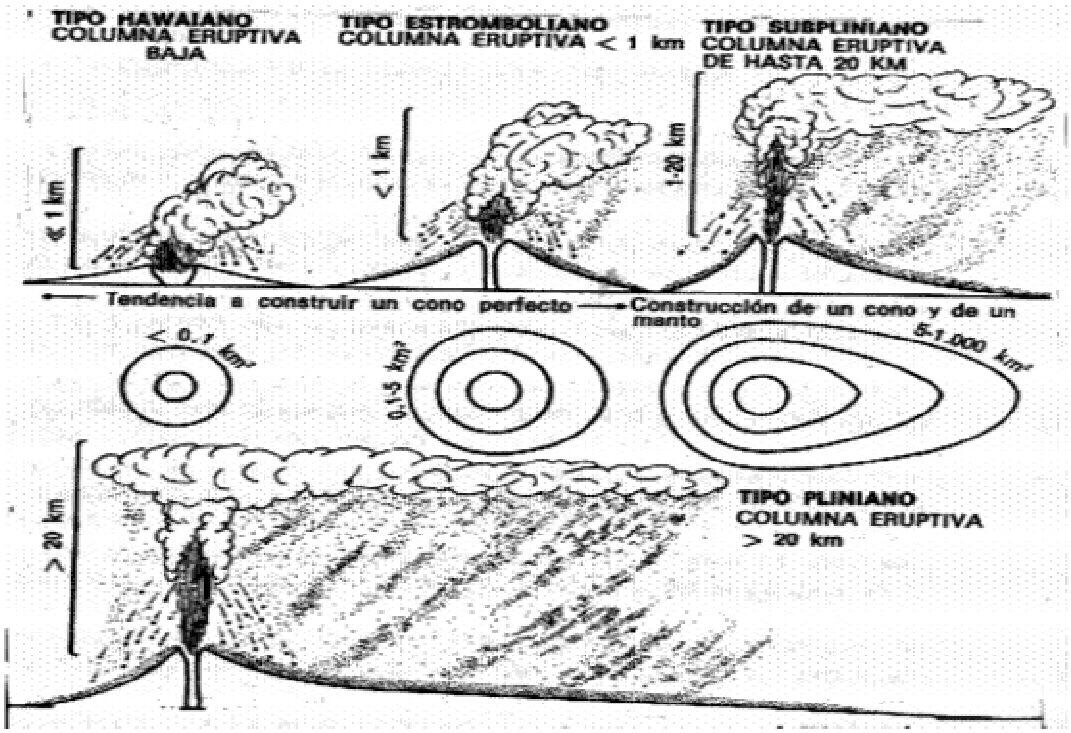


Fig 9A. La altura de la columna varía en cada tipo de erupción.

La ceniza en abundancia, puede generar trastornos a la producción agropecuaria en la zona de páramo y la lluvia ácida, por aportes de SO_2 venido de la columna de vapor, puede acelerar la corrosión al incrementar el Ph de la biosfera en un área igualmente extensa.

La ceniza y el gas generan efectos meteorológicos nocivos como tormentas eléctricas y precipitaciones intensas, dos fenómenos importantes por el riesgo para los sistemas de comunicación, transportes, etc.

Factores de riesgo y amenaza volcánicos

Factores de amenaza volcánica: Probabilidad, tipo, intensidad y extensión del evento, condiciones geológicas y de entorno.

Factores de riego volcánico: Nivel de amenaza, medidas de protección, grado de vulnerabilidad, vida y bienes expuestos.

Factores que definen el estilo eruptivo de un volcán

Características de la cámara y del magma.

Contactos magmático-hidrotermales.

Estructura y morfología del volcán.

Intensidad de procesos exógenos y endógenos.

Cuadro 4. Desastres por eventos volcánicos

FENOMENO ®	VOLCAN ®	MUERTES
Lava 3/4 de Km^3,	Etna (1609)	20.000
Flujo piroclástico 1 Km^3	Monte Pelado (1902)	30.000
Lahar 1/10 Km^3	Ruíz (1985)	23.000
Ceniza y gas (efecto posterior p. e. hambre)	Grieta Laki (1783)	10.000

Consideraciones para el riesgo volcánico

A **Previsión a corto plazo** (proceso magmático).

Monitoreo volcánico.

Modelo eruptivo.

B **Previsión general** (mapas de riesgo).

Historia y prehistoria eruptivas.

Evolución e historia estructural.

Tipo de controles: (No incluye efectos atmosféricos ni de largo plazo).

Erupción: drenar el cráter (Kelud de Java).

Ceniza: Remoción (techos y vías)

Filtros (respiración, motores).

Lava: Bombardeo (Etna)

Barreras (Hawaii)

Refrigeración (Vestmannaejar).

Flujo piroclástico: Evacuación (Taal, Filipinas, 1745).

Flujo de lodo primario (deshielo): Evacuación.

Flujo de lodo secundario (precipitación): Barreras (Sakurajima).

Utilidad de la previsión general

Períodos de calma: planes de ocupación del suelo y de exposición al riesgo.

Períodos de crisis: planes de defensa civil y de administración de recursos.

Instrumentos de prevención

Cartas de riesgo y educación básica.

Monitoreo volcánico y planes de emergencia.

Medidas de Defensa Civil y Organización comunitaria.

Categorías de métodos defensivos

Barreras y construcciones resistentes.

Sistemas de alarma y control.

Refugios para evento sorpresivo.

Zonas de evacuación (pronóstico anticipado).

Construcción y planificación en zona de riesgo

Deben contemplarse estas medidas en zonas ocupadas que estén expuestas a la amenaza volcánica:

Uso restrictivo y del suelo y movilidad de bienes.

Seguridad ignífuga e inclinación de techos.

Resistencia mecánica y disipación de energía.

El seguro de riesgo por erupción, debe contemplar los siguientes elementos:

A. Criterios de asegurabilidad

Cálculo de prima (riesgo local).

Sector de responsabilidad (riesgo de cúmulo o total).

B. Alcance de la cobertura

Tipo de cobertura.

Participación del asegurado.

Límite de indemnización.

Exclusión de riesgos específicos.

C. Tasación del riesgo

Prima de recargo de incertidumbre.

Zonificación según la probabilidad distribución y nivel de amenazas.

Cuadro 5. Clasificacion del riesgo (i) volcanico

FENOMENO VOLCANICO	POSIBLE CONTROL	RIESGO LOCAL	RIESGO DE CUMULO
Lahares	Duda	2	4
Flujo piroclástico	No	4	3
Blast	No	6	1
Cenizas	No	5	2
Gas	Duda	4	5
Lava	Si	1	5

1 = agravado 2 = mediano 3 = moderado

4 = reducido 5 = bajo 6 = muy bajo

Cuadro 6. Clasificación del riesgo (ii) volcánico

FENOMENO VOLCANICO	FRECUENCIA POR SIGLO (# casos)	AREA AFECTADA (en Km^2)	SINIESTRALIDAD ESPERADA (%)
Lahares	1 - 10	10 - 100	50 - 100
Flujo piroclástico	1 - 5	1 - 10	70 - 100
Blast	1 - 3	< de 15.000	70 - 100
Cenizas	1 - 5	< de 1 millón	< de 10
Gas	1 - 5	1.000	1
Lava	10 - 100	1 - 10	20 - 100

Riesgo local ® se relaciona con la frecuencia y siniestralidad, es de interés para fijar la prima de un seguro y para los particulares.

Riesgo de cúmulo ® se relaciona con la extensión y siniestralidad del evento, es de interés para el valor del reaseguro (sector de responsabilidad), y para las autoridades de los Comités de emergencia.

Se pueden evaluar pérdidas económicas y también estimar las primas técnicas de los seguros para las propiedades expuestas, asumiendo un evento de trabajo al cual le corresponde un período específico, según su magnitud probable. y calcular el Factor de Riesgo FR, anual, mediante la siguiente expresión, a partir de la capacidad destructiva del evento, de su cubrimiento espacial y de su período e recurrencia expresado en años, así:

Deberá estimarse, además del % de área afectada, que es el cociente del área cubierta por el evento respecto al área amenazada, el grado de siniestralidad del evento asumido.

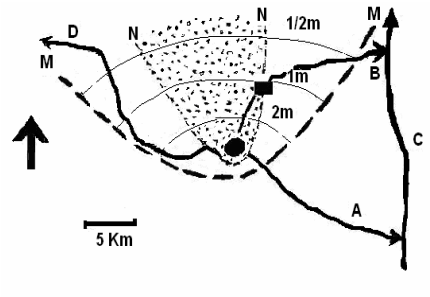


Figura 9 B. Mapa de amenazas volcánicas

Se ilustra con un croquis la planta de un volcán, en el cual la zona MM está amenazada de caída de cenizas con espesores, estimados de 2m, 1m y ½ m para eventos como NN que cubren un 30 %, y llegan a distancias de 5, 10 y 15 km, respectivamente, medidas desde el cráter, pero todos ellos dentro de esa área amenazada MM. Adicionalmente, el drenaje comprende 4 corrientes de agua, ABC y D, donde A y B confluyen en C

Si la hoja técnica del Volcán indica esto:

Que las erupciones de ceniza se presentan cada 75 años, y la siniestralidad en las zonas de MM varía con el espesor, siendo del : 75%, 50%, 15% según la distancia al cráter. Eso sí, cubriendo el 30% del área afectada.

Que los flujos de lodo, cada 150 años afectan los ríos A y B con una siniestralidad del 80% y a los otros 2 , C y D con una siniestralidad del 50%, cubriendo el 90% del área amenazada

Que los derrames de lava, cada 300 años, alcanzan una longitud de solo 7Km, a lo largo de los tres ríos drenan desde el cráter, cubriendo el 100% del área señalada

Que las nubes ardientes (flujos piroclásticos), cada 300 años alcanzan los 10 km por cualquier lado del cráter, pero afectando un 25 % del círculo que lo rodea y produciendo una siniestralidad del 100%

Con esta información podemos obtener El Indicador **Factor de Riesgo Probable (FR)**, anual en este caso, el que se calcula a partir del grado de siniestralidad (SE), si se estima en el mapa de amenaza o de susceptibilidad la magnitud superficial de las zonas potencialmente amenazadas (AH) y en ellas la extensión espacial o área (AE) de cada evento específico, cuyo período de retorno (TA) se ha expresado en años, mediante la expresión.

FR= (% Área amenazada y afectada x %Siniestralidad del evento) / Período anual del evento

$$FR = ((AE/AH) \times SE)/TA.$$

Luego, para una propiedad específica valorada en US1.5 millones, localizada 9 Km al Noreste del cráter, sobre la vaguada del río B (ver mancha oscura), el FR anual será el resultado de esta suma:

FR anual= (0.3x0.5)/75 + (0.9x0.8)/150 + (0)/300 + (0.25x1.0)/ 300= 0.76%

El aporte económico neto anual, AENa, que demanda el cubrimiento del riesgo para dicho bien, es el producto del FR anual en el punto considerado, multiplicado por el valor del bien. Esto es:

AENa = FR anual x Valor del bien = 0.76% x US1.5 millones = U$11400 anuales

Y el riesgo de cúmulo es la suma de los riesgos de todos los elementos amenazados, cada uno con un riesgo específico diferente.

BIBLIOGRAFIA

CARDONA, Omar Darío. Evaluación de la Amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Taller regional de capacitación para la administración de desastres. ONAD, PNUD, OPS, UNDRO. Bogotá, 1991.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. Manual de Geología para Ingenieros. Universidad Nacional, Manizales. 1982.

FOURNIER, E. M., **TOMBLIN**, J. F. Manejo de Emergencias. UNDRO. 1987.

SPETERS, Robert. Notas de la Charla "Tecnologías para el Estudio de Amenazas Naturales en el Medio Andino". ITC y DTU de Holanda. Jueves 30 de marzo de 1991, Universidad Nacional, Manizales.

Salud ambiental con posterioridad a los desastres ambientales. Publicación Científica Nº 430 de la Organización Panamericana de la Salud, OPS, 1982.

---

[1] Lima, 16 de octubre al 10 de noviembre de 1995

VII CURSO INTERNACIONAL SOBRE MICROZONIFICACION Y SU APLICACION AL PLANEAMIENTO URBANO PARA LA MITIGACION DE DESASTRES- CISMID

C- DE LOS MATERIALES TÉRREOS: SUELOS Y ROCAS

La mecánica de los suelos

Terzaghi dice: La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

La mecánica de suelos incluye:

- Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetos a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.

- Investigación de las propiedades físicas de los suelos.

- Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

Los métodos de investigación de laboratorio y ensayos de campo, figuran en la rutina de la mecánica de suelos.

En los suelos se tiene **no solo los problemas** que se presentan en el acero y concreto (módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura), y exagerados por la mayor complejidad del material, **sino otros** como su tremenda variabilidad y que los procesos naturales formadores de suelos están fuera del control del ingeniero.

En la mecánica de suelos es **importante el tratamiento de las muestras** (inalteradas – alteradas). La mecánica de suelos desarrolló los sistemas de clasificación de suelos – color, olor, texturas, distribución de tamaños, plasticidad (A. Casagrande).

El muestreo y la clasificación de los suelos son dos requisitos previos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño.

Grupo	**VALORACIÓN ATRIBUTOS**				**APTITUDES SEGÚN USOS**
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.
CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente +++ Muy alto ++ Alto + Moderado m Deficiente - Bajo -- Muy bajo ---

Principales propiedades demandadas por el ingeniero.

Estabilidad volumétrica: Los cambios de humedad son la principal fuente: Se levantan los pavimentos, inclinan los postes y se rompen tubos y muros.

Resistencia mecánica: La humedad la reduce, la compactación o el secado la eleva. La disolución de cristales (arcillas sensitivas), baja la resistencia.

Permeabilidad: La presión de poros elevada provoca deslizamientos y el flujo de agua, a través del suelo, puede originar tubificación y arrastre de partículas sólidas.

Durabilidad: El intemperismo, la erosión y la abrasión amenazan la vida útil de un suelo, como elemento estructural o funcional.

Compresibilidad: Afecta la permeabilidad, altera la magnitud y sentido de las fuerzas interpartícula, modificando la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y provocando desplazamientos.

Las anteriores propiedades se pueden modificar o alterar de muchas formas: por medios mecánicos, drenaje, medios eléctrico, cambios de temperatura o adición de estabilizantes (cal, cemento, asfalto, sales, etc.).

Problemas planteados por el terreno en la ingeniería civil.

En su trabajo práctico el ingeniero civil ha de enfrentarse con muy diversos e importantes problemas planteados por el terreno. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cimentación adecuada.

Cuando el terreno firme está próximo a la superficie, una forma viable de transmitir al terreno las cargas concentradas de los muros o pilares de un edificio es mediante zapatas. Un sistema de zapatas se denomina cimentación superficial. Cuando el terreno firme no está próximo a la superficie, un sistema habitual para transmitir el peso de una estructura al terreno es mediante elementos verticales como pilotes o caissons.

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas constituye, de hecho, el único material disponible localmente. Cuando el ingeniero emplea el suelo como material de construcción debe seleccionar el tipo adecuado de suelo, así como el método de colocación y, luego, controlar su colocación en obra. Ejemplos de suelo como material de construcción son las presas en tierra, rellenos para urbanizaciones o vías.

Otro problema común es cuando la superficie del terreno no es horizontal y existe una componente del peso que tiende a provocar el deslizamiento del suelo. Si a lo largo de una superficie potencial de deslizamiento, los esfuerzos tangenciales debidos al peso o cualquier otra causa (como agua de filtración, peso de una estructura o de un terremoto)

superan la resistencia al corte del suelo, se produce el deslizamiento de una parte del terreno.

Las otras estructuras muy ligadas a la mecánica de suelos son aquellas construidas bajo la superficie del terreno como las alcantarillas y túneles, entre otros, y que está sometida a las fuerzas que ejerce el suelo en contacto con la misma. Las estructuras de contención son otro problema a resolver con el apoyo de la mecánica de suelo entre las más comunes están los muros de gravedad, los tablestacados, las pantallas ancladas y los muros en tierra armada.

La estructura del suelo puede ser natural (la del suelo "in situ"), como un talud, canal en tierra o artificial (suelo como material de construcción), como un terraplén o un relleno.

Algunas preguntas del geotecnista, y en algunos casos

Presas de tierra con núcleo arcilloso y espaldones enrocados.

Dimensiones para economía y seguridad.

Espesor del enrocado para confinar el núcleo expandible.

Características de resistencia y tipo de permeabilidad.

Humedad y método de compactación del núcleo de arcilla.

Variaciones de resistencia y permeabilidad con el tiempo.

Nivel de aguas y pérdidas de agua.

Lavado de finos del núcleo.

Riesgos en taludes por vaciado súbito.

Red de flujo con y sin manto o tablestaca.

Factores de seguridad por volcamiento, deslizamiento y licuación.

Cimentación superficial.

Tipo de cimentación: corrida, zapatas individuales, vigas de cimentación.

Capacidad portante y clase de suelo.

¿Abatir el NAF? Método de abatimiento.

Nivel freático VS Nivel piezométrico.

Estabilidad de la excavación.

¿Profundidad? Protección de muros o pantallas.

Daños en edificios vecinos por el NAF y por asentamientos

¿Magnitud del asentamiento?, ¿Es uniforme?

Nivel de esfuerzos y su distribución sobre la cimentación

Carga de preconsolidación.

Evaluación de las variaciones volumétricas.

Evaluación del tiempo de preconsolidación.

Razón de sobreconsolidación.

Estabilidad a largo plazo.

Modificación en los minerales por la preconsolidación.

Consolidación secundaria.

Pilotaje para Cimentación profunda:

Tipos de pilotes y carga por pilotes máximo

Separación pilotes; método de colocación.

Subverticalidad máxima admisible del pilote

Secuencia optima de pilotaje e influye del hincado

En arena saturada (licuación) y en agua (ríos).

Trabajo del pilote por fricción lateral y por la punta.

Hincado y fundido in situ.

Pilotaje en arcillas y en arenas.

Diámetro VS Profundidad.

Pilotes de acero, concreto y madera.

Pilotaje en suelos expansivos.

Evaluaciones de las variaciones expansivas.

Asentamiento de los pilotes.

Tablestaca de muelles

Presiones a lo largo de la tablestaca

Profundidad de la tablestaca.

Variaciones del nivel del agua y fallas de taludes

Método y material de relleno, anclajes laterales.

Vía en zona desértica.

Espesor de las capas del pavimento.

Clase y Porcentaje de productos estabilizantes.

Tipo de asfalto.

Fuentes de materiales.

Alternativas con la subrazante.

Drenaje en caso de lluvias.

Cambios de temperatura.

El suelo en caso de sismos.

El riesgo sísmico.

La amplificación de ondas.

La licuación del suelo.

Relación suelo estructura.

Las torres del FFCC en México.

El hundimiento de edificios.

El asentamiento diferencial.

Fallas de talud y desprendimientos en laderas.

Los túneles viales, hidráulicos y galerías en minería.

Las fallas de taludes externos por fugas de agua de túneles de carga.

La cavitación y el golpe de ariete en túneles de carga.

La inestabilidad y el autosoporte en las galerías de carbón.

La visibilidad al entrar y salir de un túnel vial.

La actitud de la roca y las estructuras del macizo rocoso.

Los portales, los gases, el drenaje y la aireación.

Los túneles en roca blanda.

Las cuñas y los anclajes.

Túneles en conglomerados.

Profundidad crítica (plastificación o falta de autosoporte).

En taludes (en suelo y en roca)

Movilizar la zona pasiva de un talud es grave.

Movilizar la carga de confinamiento es desestabilizar el terreno.

Las variaciones de humedad que resultan criticas (estado seco y saturación).

Drenaje y manejo del agua en los taludes.

En terraplenes

Equipo, energía y grado de compactación.

Humedad óptima y material a compactar.

Compactación por la rama húmeda o por la rama seca

El peso del terraplén y la estabilidad del basamento.

La construcción del relleno ¿ cómo compactarlo, reforzarlo y drenarlo?

La distribución de los esfuerzos por las carga externas.

Superficies de fallas en el basamento y en el cuerpo del terraplén.

Resonancia suelo-estructura por viento, tráfico o sismo.

Las deformaciones y los daños funcionales en el pavimento, etc.

EL SUELO

Para la **edafología,** el suelo es un cuerpo organizado que a un mismo tiempo es el resultado y el asiento de unos complejos procesos. **Es una formación natural, a veces transformada por el hombre**, pero que puede y debe ser objeto de un estudio global para conocer a partir de sus morfología y su génesis sus límites, potencialidades y reacciones. El Ingeniero puede partir de aquí, para valorar las propiedades y características del suelo visto **como material de construcción y como elemento estructural**, según la función que este desempeñe.

MECÁNICA DE SUELOS	VI	Suelo con humus	Fábrica textural heredada. Zona de lixiviación susceptible a la erosión.
	V	Suelo sin humus	
MECÁNICA DE GRANOS GRUESOS	IV	Completamente descompuesto	Fábrica textural y estructural. Zona de acumulación. Inicia el control estructural.
	III	Altamente descompuesto	
MECÁNICA DE ROCAS	II	Parcialmente descompuesto	Fábrica estructural heredada. Falla planar, en cuña o por caída.
	I	Roca sana	

Figura 11. Perfil del suelo (en geotecnia Iz y en agrología Dr). El perfil geotécnico se describe con seis horizontes, del I en la base al VI en la superficie, pudiendo en ocasiones estar el perfil incompleto, por faltar en el algún horizonte.

Factores de Formación y Evolución del Suelo (F.F.E.S.):

Los factores de formación y evolución del suelo son cinco:

Material Parental*:* Permeabilidad y constituyentes minerales de la roca madre.

Tiempo*:* El clímax puede ser de decenas a miles de años. Por ejemplo siglos.

Topografía*:* Pendientes, drenaje; orientación de la ladera y barreras topográficas.

Formadores biológicos*:* Micro y macro fauna como fuente de humus.

Clima*:* Temperatura, balance hídrico, intensidad de acción y velocidad de procesos.

Procesos y resultados en la formación del suelo I y II

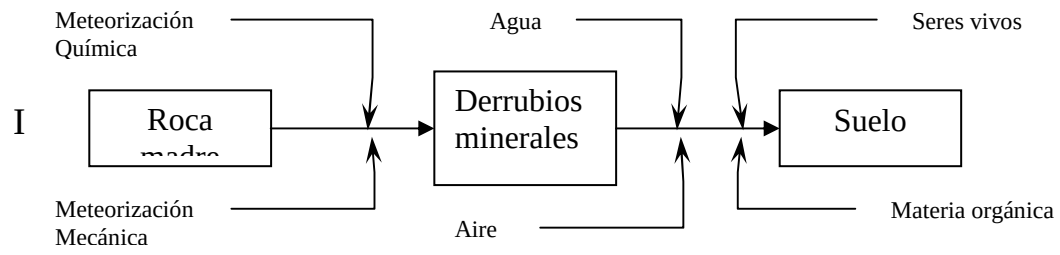
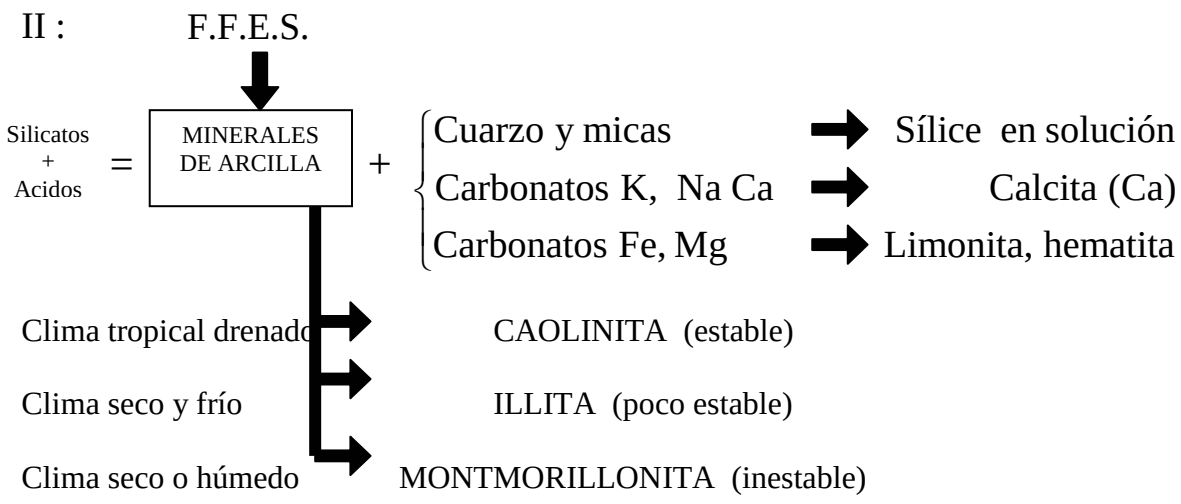


Figura 12. Etapas y procesos en la formación del suelo **(I)**



La formación de las arcillas (II)

Figura 13. Etapas y factores de formación de las arcillas **(II)**

La Alteración de las rocas

Existe un equilibrio dinámico entre las tasas de alteración y denudación, TA y TD, respectivamente.

TA > TD ⇒ predominio de material residual; ejemplo, zona tórrida.

TD > TA ⇒ predominio de la roca fresca y los sedimentos; ejemplo, zona templada.

Los suelos tropicales son fundamentalmente suelos residuales, mientras los de zonas templadas son fundamentalmente suelos transportados; así, la Mecánica de Rocas se ha hecho para latitudes diferentes a las nuestras, donde las capas de suelo son horizontales, sin relictos caóticos e impredecibles, como los que afectan nuestros macizos y suelos.

Las alteraciones tectónica e hidrotermal, no son formas de meteorización; ambas formas de meteorización son típicas de los ambientes andinos, donde el clima también es intenso y hace su aporte.

No son la humedad y la temperatura, sino las variaciones de ambas las que hacen intensa y rápida la meteorización o intemperismo.

Alteración física: Incluye la desintegración por meteorización mecánica, ejemplo:

A: Tectónica. B: Climática. C: Biológica. D: Hidrotermal.

Alteración química: Incluye la descomposición por meteorización química, ejemplo:

Por agua (hidratación, hidrólisis, solución). Por CO_2 (Carbonatación). Por O_2 (Oxidación, reducción).

Los **coluviones** son por lo general depósitos heterogéneos, sueltos y con bloques angulosos. Los **aluviones** son depósitos conformados por materiales gruesos y matriz de finos en los tramos de ambiente montañosos y por materiales finos en los valles amplios. La gradación está ligada a la velocidad de la corriente, por lo general baja en los valles amplios.

Los **depósitos lacustres** generalmente son de grano fino. Los depósitos marinos suelen ser estratificados. En los lacustres el medio es tranquilo y la potencia menor.

Los **depósitos glaciares** son heterogéneos, los till no presentan estratificación clara, los fluvioglaciares sí. Los primeros por el efecto aplanadora del hielo y los segundos por formarse a partir de las aguas de fusión.

Los **depósitos eólicos** son homogéneos, los loes son de limos y los demás son de arena, los loes no son transportados y las dunas sí (emigran).

Los principales minerales que constituyen suelos gruesos son: Silicato principalmente feldespato (K, Na, Ca), micas (moscovita y biotita), olivino y serpentina. Óxidos, en especial el cuarzo (SiO_2), limonita, magnetita y corindón. Carbonatos, principalmente calcita y dolomita; y sulfatos como yeso y anhidrita.

En los suelos gruesos el comportamiento mecánico e hidráulico depende de su compacidad y orientación de partículas, y poco de la composición mineralógica.

Vertiente de montaña

Los **talus** y los **coluviones** son depósitos de ladera; el talus es clastosoportado y el coluvión es matriz soportado. Ambos están en la ladera de acumulación. La infiltración se da en la ladera convexa donde se da la reptación. La ladera rectilínea es denutativa y exhibe los horizontes I y II.

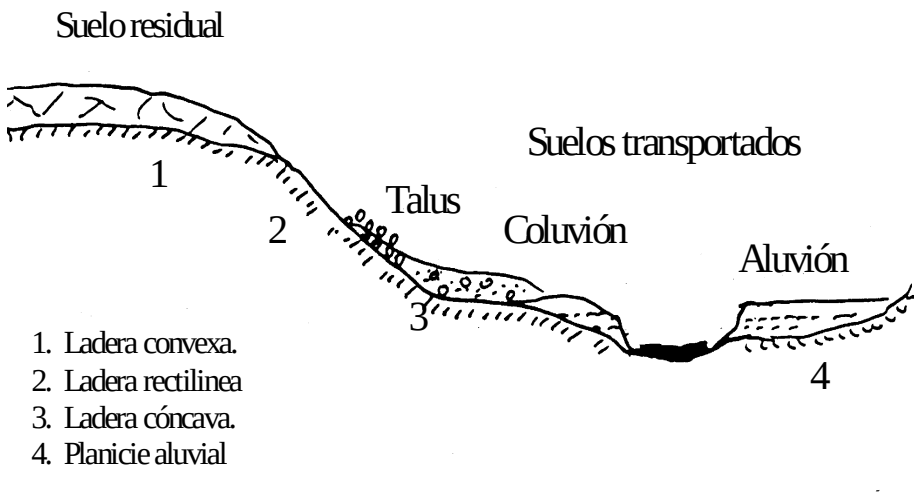
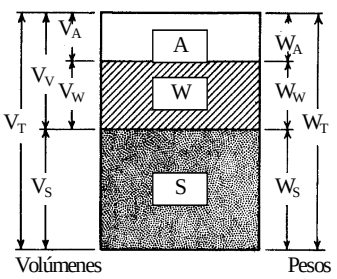
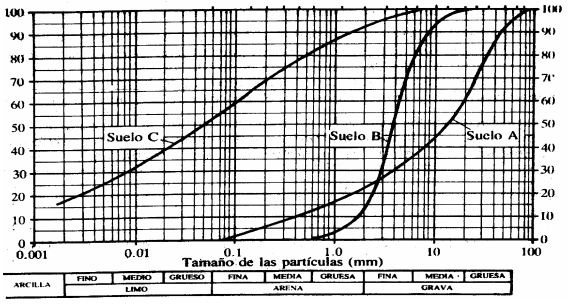


Figura 14. Distintos tipos de formaciones de suelo

Componentes del suelo

El aire y el agua son elementos constitutivos, además de los sólidos y gases.





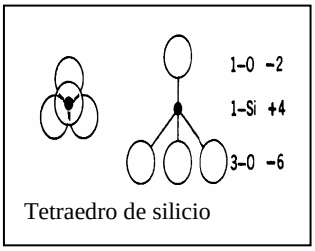
Los guijarros son fragmentos de roca con diámetros $\phi > 2$ cm. Las gravas tienen dimensiones de 2 cm a 2 mm. La arena gruesa desde 0,2cm $< \phi <$ 0,2 mm; la arena fina, entre 0,2 mm $< \phi <$ 0,005 mm. Llamamos limo a las partículas con diámetro aparente entre 0,05 mm y 0,005 mm.

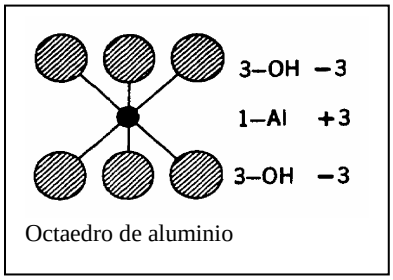
Con los análisis granulométricos, arcilla son los constituyentes de diámetro aparente inferior a 0,002 mm (o 2μ), pero el término arcilla tiene otro sentido, adicionalmente, no granulométrico.

Las Arcillas.

Son grupos minerales definidos, como caolinita, illita y montmorillonita, donde participan estructuras octaédricas y tetraédricas. La arcilla, como el humus, posee propiedades coloidales. Las arcillas, en el sentido mineralógico, son cristales microscópicos cuyos átomos están dispuestos en planos.

Al interior de una trama de átomos de oxígeno, cuyas esferas iónicas son voluminosas, se encuentran cationes de sílice (Si) y aluminio (Al). Si el volumen lo permite, cationes de hierro (Fe), magnesio (Mg), calcio (Ca) o potasio (K) reemplazan al sílice (Si) y al aluminio (Al).





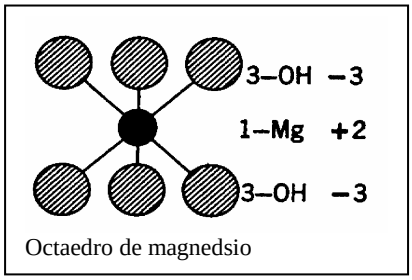


Figura 15. Tres unidades estructurales básicas y radios iónicos

Las arcillas tienen una capacidad de intercambio iónico grande. Otros iones diferentes a los enunciados pueden completar las capas y unirlas, y también, las cargas eléctricas libres pueden ser equilibradas por iones intercambiables.

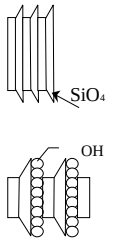
Gibsita: (G) Lámina de alúmina, fruto de la combinación de octaedros de aluminio (Al).

Brucita: (B) Lámina hidratada, fruto de combinar octaedros de magnesio (Mg).

Láminas de sílice: Tetraedros (SiO_4) de sílice dispuestos en lámina. Ver trapecios.

Las arcillas 1:1 son arreglos de octaedro G o B (rectángulo) y Tde Silicio (trapecio)

Las arcillas 2:1 son 2 tetraedros de silicio y en medio de ellos un octaedro de G o B, ambos representados por rectángulos.



Grupo y mineral caolinita

Mineral haloisita

Figura 16 Estructuras básicas y radios iónicos

Caolinitas: Principal grupo de arcillas que presenta baja capacidad de intercambio, 10 – 12 me (miliequivalentes) cada 100 gr, y con dos capas de cationes, las llamadas arcillas 1:1 (capa tetraédrica más capa octaédrica de alúmina hidratada). El arreglo, que se repite indefinidamente da una carga eléctrica neutra del mineral caolinita, cuya estructura no es expansiva, por no admitir agua en sus retículos. Estas arcillas son moderadamente plásticas, de mayor permeabilidad y mayor fricción interna. Del grupo son: HALOISITA, CAOLINITA (por definición), ENDELLITA, DICKITA, ALOFANO, NACRITA Y ANAUXITA. La haloisita, aunque tiene la misma fórmula del caolín, contiene moléculas extra dentro de su estructura. En la figura = Gibsita = SiO_4 (En la "Carta de Plasticidad" las caolinitas están bajo la línea A = limos).

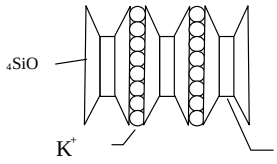


Figura 17 Estructura de la Illita

Illita: Es una arcilla 2:1, cuya capacidad de intercambio es de unos 40 me/100gr, lo que las hace algo expansivas. Las láminas de alúmina están entre dos láminas de SiO_4, y estas se ligan por iones de potasio, que le dan cierta estabilidad al conjunto. La actividad de la illita es 0,9, de la caolinita es de 0,38. El coeficiente de fricción interno y la permeabilidad son menores que en la caolinita y mayores que en la montmorillonita.

Montmorillonita: Arcilla 2:1 cuya capacidad de intercambio es de unos 120 me/100gr, lo que las hace muy expansivas. Entre las dos láminas de sílice se encuentra una brucita o una gibsita, y este arreglo se repite indefinidamente. La unión entre minerales individuales es débil, por lo cual el agua se inserta, introduciendo n moléculas para producir el hinchamiento del suelo. Además de ser expansiva, la montmorillonita es muy plástica y se contrae al secarse, mejorando su resistencia y haciéndose impermeable. La actividad de la montmorillonita es de 7,2. Entre las montmorillonitas tenemos: La MONTMORILLONITA (por definición), HECTORITA, SAPONITA, BEIDELLITA, SAUCONITA, TALCO, PORFILITA y NONTRONITA.

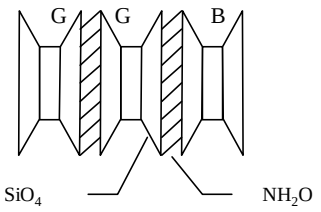


Figura 18. Grupo de la montmorillonita (puede tener brucita)

Las Bentonitas: Suelos montmorilloníticos altamente plásticos y altamente expansivos, de grano tan fino que al tacto es jabonoso (sí es húmedo). Se utilizan para cellar fugas en depósitos y canales.

Vermiculita, clorita, sericita, etc., son otros minerales arcillosos no clasificados en los anteriores tres grupos.

La Actividad: este parámetro lo ha expresado Skempton (1953) como la pendiente de la línea que relaciona el Indice Plástico de un suelo con su contenido de minerales de tamaño arcilloso, como se verá en el numeral 4.1 y en la f,rmula 4.3. Una actividad normal es de 0,75 a 1,25. Más de 1,25 es alta y menos de 0,75 es inactiva. Actividad supone cohesión, expansividad y plasticidad.

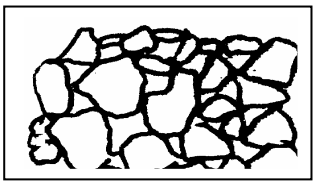
$$A = \frac{IP}{\%\ \text{de arcilla}} \quad \Rightarrow \quad \%\ \text{de arcilla} = \%\ \text{en peso}\ W_S\ \text{de partículas con}\ \varphi < 2\mu\mu \quad [\ ]$$

- La actividad de la caolinita es baja; Ejemplo, A = 0.38
- La actividad de la illita es media; Ejemplo, A = 0,90
- La actividad de la montmorillonita es alta. Ejemplo, A = 7,20

} *

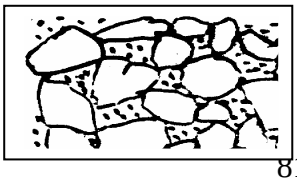
Características y estructura de las partículas minerales.

Relaciones fino – agregados



Agregados sin finos, ejm. Un talus.: Contacto grano a grano. Peso volumétrico variable. Permeable. No susceptible a las heladas. Alta estabilidad en estado confinado. Baja estabilidad en estado inconfinado. No afectable por condiciones hidráulicas adversas. Compactación difícil.

Agregados con finos suficientes: Para obtener una alta densidad. Contacto grano a grano con incremento en la



resistencia. Resistencia a la deformación. Mayor peso volumétrico. Permeabilidad más baja. Susceptible a las heladas. Relativa alta estabilidad (confinado o no confinado). No muy afectable por condiciones hidráulicas adversas. Compactación algo difícil.

Agregado con gran cantidad de finos, ej. un coluvión: No existe contacto grano a grano; los granos están dentro de una matriz de finos; este estado disminuye el peso volumétrico. Baja permeabilidad. Susceptible a heladas. Baja estabilidad (confinado o no). Afectable por condiciones hidráulicas adversas. No se dificulta su compactación.

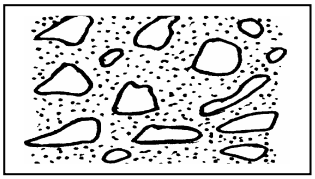


Figura 19. Depósitos de suelos transportados (arriba).

Componente ⇒ / Propiedad ⇓	ARENA	LIMO	MICA	CARBONATO	SULFATO	CAOLINITA	ILLITA	MONTMORILONITA	MATERIA ORGÁNICA	ALOFANO
Permeabilidad seco	++	-	m	m	m	-	--	--	++	m
Permeabilidad húmedo	++	+	+	m	m	-	--	--	++	+ +
Estabilidad volumétrica	++	+ +	++	+ +	+ +	+	-	--	+	m
Plasticidad – cohesión	+-	--	-	-	-	m	-	+ + +	m	+ +
Resistencia seco		+	+	+	+	m	+	+	-	m
Resistencia húmedo		--	m	+	m	-	m	--	--	-
Compactación (ω óptima)	+	m	--	+ +	+	-	m	--	--	+ +

PROBLEMA CUANDO ES UNIFORME — LA BIOTITA ES MAS PROBLEMÁTICA — SON SOLUBLES EN ÁCIDOS — ATACA AL CEMENTO — CUIDADO CON LA SALINIDAD — CUIDADO CON LA SALINIDAD

++ = muy alto + = alto m = moderado - = bajo -- = muy bajo.

Cuadro 7. Propiedades ingenieriles de los componentes del suelo

Estructura de los suelos – Fábrica textural y estructural del suelo.

La estructura primaria en su estado natural, es la disposición y estado de agregación de los granos, lo que depende del ambiente de meteorización en los suelos residuales, o del

ambiente de deposición en los suelos transportados. Esta es la fábrica textural que hereda el suelo.

Otras discontinuidades en la masa, por ejemplo, pliegues y fracturas, por tectonismo, vulcanismo, etc., o las que marcan ciclos de actividad geológica (planos de estratificación, disolución, alteración, etc.), son la estructura secundaria y constituyen aspectos estructurales a mayor escala; esta es la fábrica estructural que hereda el suelo (relictos).

En el proceso de sedimentación, las partículas sólidas están sometidas a fuerzas mecánicas y eléctricas. Las primeras afectan todas las partículas (ambientes turbulentos, gravedad, etc.) y las segundas a las partículas finas (atracción, repulsión y enlaces iónicos, en medios acuosos). Cuando dominan fuerzas de atracción eléctrica, se produce floculación y cuando dominan las de repulsión, y las partículas se separan, dispersión. La temperatura y concentración iónica influyen en la incidencia del medio acuoso de la sedimentación. Así, la estructura primaria puede ser: (ver fig 20).

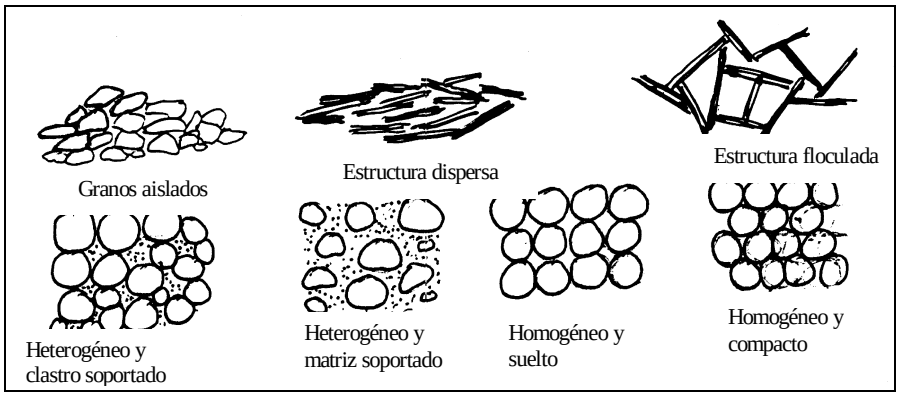


Figura 20 Estructura de suelos

El suelo puede fallar: Por los granos minerales, por la liga de los granos minerales (por la fábrica textural) y por la fábrica estructural.

Suelos especiales.

- Suelos expansivos: La expansión se explica por absorción de agua, dada la deficiencia eléctrica del suelo, su alta superficie específica y su capacidad catiónica de cambio. Los problemas que ocasionan son altas presiones y grandes deformaciones. Son expansivos algunas veces los MH y CH con LL ≥ 50.

Solución: Colocar una carga mayor a la presión máxima de expansión del suelo. Conservar la humedad natural (ω) constante aislando el volumen expandible. Mantener la humedad final del suelo por debajo de la humedad natural (drenando). Disminuir la presión de expansión, bajando la capacidad catiónica, con Ca^{++} y Mg^{++}. Reemplazar el

suelo, traspasar la capa problemática, o pilotear a tracción. En haloisita, la cal no es buena, pero calentándola a 60 °C pasa a ser caolinita.

- Suelos dispersivos: En estos suelos ocurre una defloculación de las arcillas. El fenómeno químico es propio de suelos salinos, cuando, por presencia de sodio se desplaza el agua recién venida y adsorbida, para romper los enlaces.

El chequeo del potencial dispersivo se hace contando iones disueltos de Na^{+}, Mg^{++}, Ca^{++} y K^{+} y comparando, con el total de sales, en términos de concentración, el resultado.

El efecto de la dispersión es la erosión interna (tubificación) y la pérdida de resistencia por destrucción de la estructura del suelo.

En un ensayo de erodabilidad, todos los suelos dispersivos son erodables. Los suelos dispersivos son sódico - cálcicos y el remedio es echar cal viva para sacar el Na^{+}. Se presentan en el Huila y Guajira (ambiente árido y suelo marino).

- Suelos colapsables: Los limos venidos de cenizas volcánicas son colapsables, en especial cuando son remoldeados; el LL de las cenizas volcánicas es muy alto y los enlaces iónicos son débiles. Los suelos de origen eólico (y las cenizas tienen algo de eso) son susceptibles, el agua (pocas veces) y el sismo, en casos de licuación, hacen colapsar el suelo.

Una arcilla metaestable es la que pierde cohesión por deslavado de bases, como ocurre en arcillas marinas de Noruega, llamadas arcillas colapsables.

- Suelos orgánicos: El primer producto de estos materiales es la turba, materia orgánica en descomposición. Por su porosidad, tiene alto contenido de humedad, baja resistencia, alta compresibilidad e inestabilidad química (oxidable). Deben evitarse como material de fundación y como piso para rellenos. El humus es de utilidad económica y ambiental, por lo que debe preservarse.

- Suelos solubles: La disolución se presenta en suelos calcáreos (calizas – yesos);

$$Ca\,CO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca\,(OH)_2 + H_2CO_3$$

el ácido carbónico

El ácido carbónico producido, ataca de nuevo los carbonatos del suelo, por lo que es recomendable aislar la obra del flujo de agua.

LAS ROCAS

Roca Vs Suelo: Depende de la resistencia a la compresión inconfinada y el límite o frontera es 10 Kg/cm^2 .

Roca dura sí $\sigma_c > 700$ Kg/cm^2.

Roca semiblanda si 300 Kg/cm^2 < σ_c < 375 Kg/cm^2

Roca blanda sí 10 Kg/cm^2 < σ_c < 375 Kg/cm^2

Suelo duro si 4 Kg/cm^2 < σ_c < 10 Kg/cm^2

Suelo semiblando si 1Kg/cm^2 < σ_c < 4 Kg/cm^2

Suelo Blando si < σ_c < 1 Kg/cm^2

(El concreto normalmente es de σ_c = 210 Kg/cm^2 equivalentes a 2100 tt / m^2 o 3000 PSI)

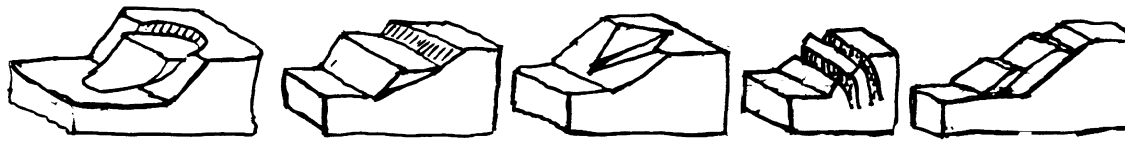
La resistencia a la tracción y al corte de las rocas, suele ser inferior en un orden a las magnitudes anteriores.

ORIGEN	TEXTURA		FÁBRICA NO ORIENTADA			FABRICA ORIENTADA		
	Clase	Grano	Entrelazada	Cementada	Consolidada	Foliada	Cementada	Consolidada
IGNEO	CRISTALINA	Fino	Basalto	Toba Aglomerado				
		Grueso	Granito					
	PIROCLÁSTICA	Fino						
		Grueso						
METAMORFICO	CRISTALINA	Fino	Hortels			Pizarra		
		Grueso	Mármol			Gneis		
	CATACLÁST	Fino	Milonita					

	ICA	Grueso	Brecha			Filonita Protomilonita		
SEDIMENTARIO	GRANO – CRISTALINA	Fino	Lidita					
		Grueso	Caliza Oolítica					
	CLÁSTICA	Fino		Limolita calcárea Conglomerado calcárea	Arcillolita Conglomerado arenoso		Lutita calcárea Lutita cuarzosa	Lutita arcillosa Lutita arenosa
		Grueso						

Cuadro 8. Textura y fábrica de materiales rocosos.

Tipos de falla por discontinuidades en roca



Falla circular Falla planar Falla en cuña Volteo Pandeo y pateo

Figura 21. Tipos de fallas por discontinuidades en taludes construidos sobre macizos

Es falla circular cuando la roca está intensamente fracturada, la falla es planar si el buzamiento es mayor al del talud, la de cuña cuando dos familias de discontinuidades producen cuñas, con línea de cabeceo buzando más suave que el talud.

La de volteo con buzamiento casi vertical y contrario; el pandeo por fricción plástica; el pateo ocurre cuando las losas, cuasiverticales y de pendiente conforme, pierden el talón.

En las fallas planar y de cuña, la fricción puede sostener las losas y las cuñas cuando las discontinuidades están poco inclinadas.

Recuérdese que el suelo residual hereda las debilidades de la roca madre y estas son los relictos.

Cuadro 9. Discontinuidades en macizos rocosos que forman relictos (fábrica estructural)

Genéticas	Rocas ígneas	Estructuras de flujo: Contacto entre coladas de lavas
		Estructuras de retracción: Grietas por su friccionamiento
	Rocas metamórficas	Foliación: Gradiente de temperatura, presión y anatexia
	Rocas sedimentarias	Estratificación: Contactos entre eventos deposicionales
Físico químicas	Todas las rocas	Termofracturas: Ciclos de temperatura y de secado – humedecimiento. Argilifracturas: si son por arcillas
		Halifracturas: Expansión de sales y arcillas en fracturas.
		Gelifracturas: Ciclos de "congelación – fusión" de agua.
De gravedad	Todas las rocas	Relajación: Tracción de desconfinamiento por erosión.
		Corte: Concentración de esfuerzos verticales en laderas.
Tectónicas	Todas las rocas	Estructuras de placa: Bordes destructivos y constructivos.
		Fallas: Ruptura con separación de masas de roca.
		Diaclasas: Ruptura sin separación de masas de roca.
		Fracturas de pliegues radiales: Tracción y de corte = compresión.
Biológicas	Todas las rocas	Acción de raíces: Expansión y penetración de la raíz.
Antrópicas	Todas las rocas	Tecnológica: Esfuerzos inducidos por el hombre.

Las rocas pueden ser duras o blandas y las fallas de los macizos se pueden presentar por zonas de debilidad o de discontinuidad estructural. Las rocas blandas fallan a través del cuerpo de la masa rocosa y también a través de sus defectos estructurales.

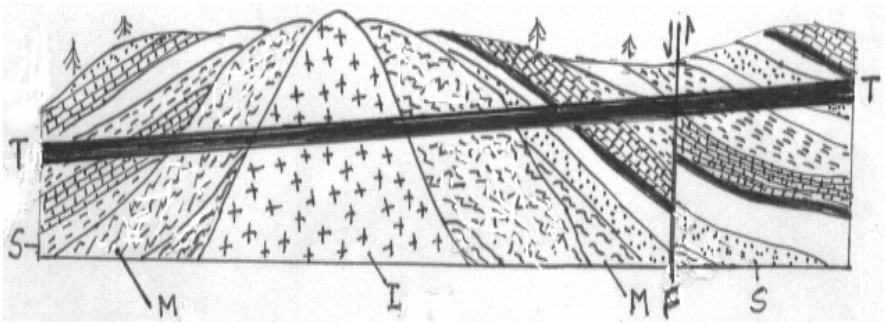


Figura 22. Túnel en un macizo afectado por una intrusión. Originalmente el macizo era sedimentario y ahora posee aureola de metamorfismo. (T túnel, F falla, I roca ígnea, M roca metamórfica y S roca sedimentaria).

En la fig. 22 las capas sedimentarias están levantadas hacia la intrusión ígnea. El metamorfismo se da sobre las rocas sedimentarias por efectos del magma ascendente. El contacto entre las rocas metamórficas y la intrusión está fallado. Existe una falla tectónica, además. Un túnel atravesando este macizo encontrará comportamientos diferentes en las rocas: habrá comportamiento plástico en las metamórficas y elástico en las dos zonas de falla; serán rocas duras las ígneas y metamórficas y blandas las sedimentarias, habrá discontinuidades de retracción en las ígneas y de estratificación en las sedimentarias entre estas, los comportamientos varían sustancialmente.

Propiedades de las rocas.

- Las rocas ígneas. Son muy resistentes, isotrópicas, rígidas, frágiles, densas y de textura entrabada. Su inconveniente se da por presencia de materiales alterables y diaclasamiento.

- Las rocas ígneas plutónicas. Tienen minerales resistentes, entrabados, se da fallamiento en escalonado de minerales porque son diferentes.

- Las rocas ígneas volcánicas. Muestran heterogeneidad de minerales; hay falla en poros que afectan la roca, la porosidad le da plasticidad a la masa que si es de rocas masivas resulta poco porosa.

- Las rocas sedimentarias. Tienen resistencia media a baja son ortotrópicas, poco rígidas, dúctiles, porosas y presentan textura cementada-laminada. Su inconveniente es la ortotropía que hace difíciles los cálculos de estabilidad y comportamiento del macizo.

En las rocas sedimentarias la resistencia depende del grado de cementación y de su densidad. Ella aumenta cuando los granos son finos; si hay disolución en la masa hay porosidad. Los planos de estratificación son zonas de debilidad.

- Las rocas metamórficas. Se caracterizan por una resistencia medio alta, su ortotropía, tenacidad, textura entrabada y baja porosidad. Hay rigidez en el sentido paralelo y plasticidad en el perpendicular, con relación a los planos de clivaje. Su ortotropía dificulta los cálculos.

Las rocas metamórficas resultan elásticas por la cristalización de la masa. Son densas por el empaquetamiento. Si hay minerales laminados hay debilidad. Si hay esquistocidad hay zonas de debilidad. Los gneises son como los granitos aunque el bandeamiento les da debilidad.

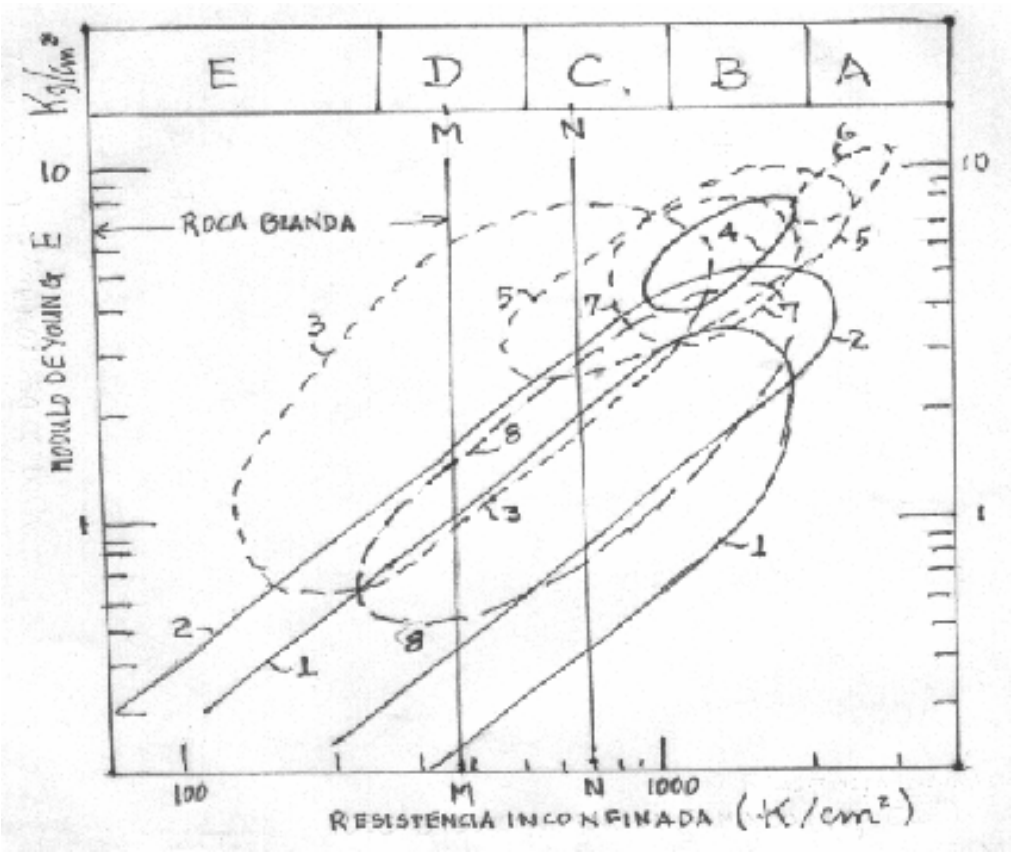


Figura 23. Clasificación ingenieril de roca intacta según Deere. E. Resistencia muy baja, D resistencia baja, C. resistencia media, B. resistencia alta, A. resistencia muy alta. 1. Roca arcillosa, 2. areniscas, 3. esquistos de foliación fina, 4. granitos, 5. calizas, 6. cuarcitas, 7. gneises, 8. esquistos de foliación gruesa. M. 375 Kg/cm^2, N. 700 Kg/cm^2. Adaptado de Alberto Nieto, Caracterización G. de Macizos de Roca Blanda.

Macizos en roca blanda.

Los macizos de roca blanda están constituidos por materiales generalmente sedimentarios de grano fino, como arcillolitas, lodolitas, limolitas, tobas y margas, y también areniscas o

conglomerados pobremente cementados, o rocas metamórficas con orientación esquistosa desfavorable (filitas, esquistos), cuyo comportamiento geomecánico está controlado por la roca intacta y también por fracturas, diaclasas y fallas.

Los macizos de roca meteorizada también pueden ser considerados como masa de roca blanda cuyas discontinuidades son rellenos de materiales tipo suelo; dichos macizos a menudo muestran una transición hacia suelos residuales donde los saprolitos tienen estructuras relictas, heredadas de la roca sana, las que sirven de zona de falla.

Auscultación

Los materiales geológicos son muy variables en profundidad y en área. Además la estructura geológica del macizo rocoso, ni es tan simple, ni están a la vista, como ocurre con la estructura de una edificación. Además, la historia geológica, más que importante, es fundamental, pues condiciona el comportamiento del suelo.

Los modelos cada vez son más evolucionados, gracias al desarrollo de los computadores. El soporte o base de estos es matemático. No obstante ellos solo son un instrumento en el cual no entran todas las variables que pueden definir el comportamiento y desarrollo del fenómeno, donde la variable antrópica es definitiva.

El análisis de una muestra es solo el de **un punto del continuo**, y este no es homogéneo. Además el efecto de re-moldeo de la muestra es insalvable, por lo que la muestra inalterada es imposible de concebir. Se recuerda también que en el laboratorio, no se pueden reproducir todas las condiciones de campo, y las que se reproducen lo estarán de forma aproximada.

El estado de esfuerzos y de deformaciones, la historia y la trayectoria de esfuerzos, como las condiciones de frontera, **son las dificultades** que se enfrentan en el laboratorio y que hacen necesario pensar en los ensayos de campo.

Pruebas de campo

> **Pruebas índice:** en las que se mide la resistencia del suelo a ser penetrado por una sonda lo que se relaciona empíricamente con las propiedades mecánicas del material, como la resistencia y la compresibilidad.

Estas pruebas, que son las más económicas y populares, pero que son más delicadas y demandan mayores cuidados, Incluye el ensayo de penetración estándar llamado SPT y el ensayo de cono holandés.

Pruebas mecánicas: en las que se miden de manera directa esas propiedades mecánicas, básicamente resistencia y compresibilidad.

Incluyen estas pruebas dilatómetros, presurómetros, placas de carga, fractura hidráulica, etc.

Aunque las pruebas de campo involucran masas de suelo mayores a las de laboratorio, esas pruebas están igualmente afectadas por los mismos fenómenos que influencian las de laboratorio.

Control de túneles y galerías.

El proceso apunta a observar la dinámica de los procesos en la masa rocosa y con respecto a la galería, particularmente esfuerzos, deformaciones y degradaciones por agentes ambientales. El propósito es garantizar la estabilidad y servicio de la estructura.

El **nivel de alarma** es diferente en minas que en casas de máquinas pues en las primeras hay cuasiestabilidad (factor de seguridad cercano a 0,9), mientras en casas de máquinas el factor de seguridad es 7 u 8.

En las minas hay procesos de avance del frente y extracción de materiales, en el primero el factor de seguridad es 3 y en el de extracción 0,7 a 0,9. Eso supone que las características del macizo son malas y se puede utilizar poca voladura obteniendo economías.

La auscultación debe basarse en una **base amplia de datos** manejables estadísticamente y las medidas deben hacerse, desde que se abre el frente a auscultar. Estas son al principio medidas cada hora, más tarde medidas diarias y por último medidas cada seis meses que nunca podrán suspenderse.

La previsión de eventos es compleja porque son muchos los parámetros y difícil su integración. Por ejemplo datos geológicos, hidrológicos y geotécnicos; datos topográficos; aspectos geométricos, aspectos técnicos como métodos de avance, tipos de soportes y revestimientos; además modificación del estado inicial de esfuerzos.

El modelo exige la determinación de ensayos de laboratorio y de medidas in situ. El ajuste del modelo o de las hipótesis supone la confrontación de resultados de observación directa. La auscultación depende del tipo de roca, magnitud y dirección de esfuerzos, métodos de avance, sostenimiento de la galería y el recurso humano.

Si **los materiales fallan por esfuerzos o deformaciones**, para la auscultación interesa la deformación. La medida de esfuerzos y deformaciones siempre es diferente desde el punto de vista espacial. Los esfuerzos suponen mediciones por áreas o volúmenes y las deformaciones, la medición puntual. De todas maneras el puente para conocer los

esfuerzos a partir de la magnitud y la dirección de las deformaciones es el módulo de Young.

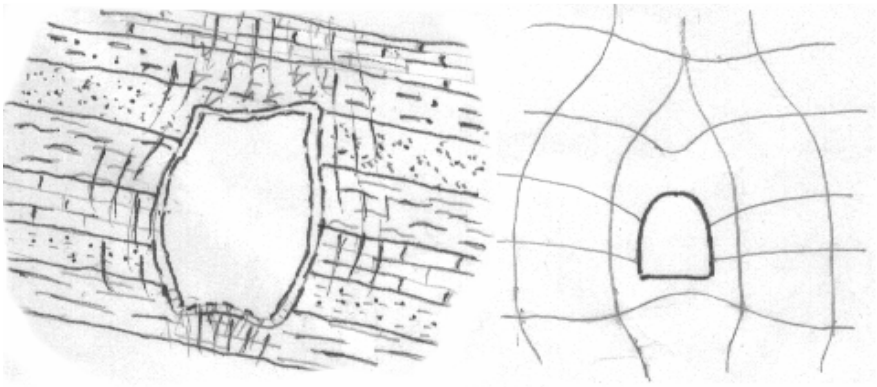


Figura 24. Galería rectangular en roca con fuerte anisotropía estratigráfica. En el dibujo la galería sugiere una elipse. La rigidez del material en las paredes es buena pero no en el piso. A la derecha se muestra la trayectoria de los esfuerzos principales en la galería, la que depende de la forma y orientación de la galería. Notas del curso de instrumentación geotécnica de Guillermo Angel, U. Nal.

Más sobre la auscultación geotécnica

Hay métodos de auscultación visuales e instrumentales (métodos sencillos y complejos). Los **métodos visuales**, aunque no cuantifican, son económicos, recomendados y significativos. Su ventaja es que permiten la cualificación y extrapolación de las deformaciones. Las medidas visuales incluyen caída de bloques pequeños, generación y avance de grietas, formación de vientres y vacíos, deslizamiento de elementos de soporte, punzonamiento del piso, presencia de humedad e infiltraciones, observación de bloques críticos, oxidación de los elementos del soporte, gases, etc.

Las **medidas instrumentales** varían en costos. Las económicas y rápidas son: para deformaciones, las de convergencias (cierre de diámetros), la de expansiones (hechas con gatos), los grietómetros (pie de rey), la altura rectante (entre techo y piso); para esfuerzos, celdas de carga (miden esfuerzos por deformación) y gato plano; y para velocidad, la microsísmica que mide las diferencias de tiempo de arribo de ondas provocadas. Las medidas de costo intermedio son las que se toman con estratoscopio (especie de periscopio para introducir en rotos). Las medidas costosas y demoradas son el radiofor, distofor, telemetría, distanciómetro (todas para deformaciones), el overcoring (mide esfuerzo y deformación sobre perforaciones) y el doorstopper (que mide esfuerzos).

Uno de los **errores** de la auscultación es que la medición no es sistemática. Las características del comportamiento del macizo y la estructura no están siempre bien definidas y por ello no se instalan los instrumentos debidos. Es frecuente la falta de

experiencia para la correcta instalación y lectura de los instrumentos o para su corrección. También la falta de interés en las condiciones geológicas y en la necesidad del control, como las instalaciones tardías y la falta de mediciones (que no se ejecutan), aunque existan los instrumentos.

El contexto del estudio geotécnico

Las observaciones de campo deben anotarse en forma apropiada, incluyendo además de los datos de localización, fecha y ejecutor, datos tales como los que siguen (más que importantes, son fundamentales):

Profundidad a partir de la superficie.

Color. Cuando existen motas, anotar sus coloraciones.

Inclusiones. Indicar si son carbonatos, hierro, raíces, materia orgánica, etc.

Textura y consistencia.

Dispersión de agua.

Tipo de perfil.

Geología. Tipo de rocas y formaciones en la región.

Aguas superficiales. Coloración, gasto, turbidez, etc.

Erosión. Tipo de erosión. Tipo de vegetación.

Presencia de deslizamientos. Uso y manejo del suelo.

Micro relieve en los suelos.

Mineral inferido.

Algunas claves para inferir

Aguas turbias: Montmorillonita. Salinidad en los suelos. Illita.

Aguas claras: Calcio, magnesio, suelo con hierro, suelo ácido, arenas.

Zanjas de erosión o tubificación: Arcillas salinas; esencialmente montmorillonita.

Desprendimientos del suelo: Caolinitas y cloritas.

Micro relieve superficial: Montmorillonita.

Formaciones rocosas graníticas: Caolinita y micas.

Formaciones rocosas basálticas, mal drenadas: Montmorillonita.

Formaciones rocosas basálticas, bien drenadas: Caolinitas.

Formaciones rocosas en areniscas: Caolinita, cuarzo.

Formaciones rocosas en lutitas y pizarras: Montmorillonita e illita (si hay salinidad).

Formaciones rocosas en calizas: Montmorillonita y cloritas.

Cenizas volcánicas – piroclastos: Alófanos.

Arcilla moteada rojo, naranja y blanco: Caolinitas.

Arcilla moteada amarillo, naranja y gris: Montmorillonita.

Arcilla gris oscuro y negro: Montmorillonita.

Arcilla café o café rojizo: Illita con algo de montmorillonita.

Arcilla gris claro o blanca: Caolinita y bauxita (óxido de aluminio).

Nódulos duros café – rojizo: Hierro, lateritas.

Suelos disgregables, de textura abierta, sin arcilla: Carbonatos, limos y arenas.

Definiciones

Sensibilidad: O susceptibilidad de una arcilla, es la propiedad por la cual, al perder el suelo su estructura natural, cambia su resistencia, haciéndose menor, y su compresibilidad, aumenta.

Tixotropía: Propiedad que tienen las arcillas, en mayor o menor grado, por la cual, después de haber sido ablandada por manipulación o agitación, puede recuperar su resistencia y rigidez, si se le deja en reposo y sin cambiar el contenido de agua inicial.

Desagregación: Deleznamiento o desintegración del suelo, dañando su estructura, anegando el material seco y sometiéndolo a calor.

Muestra inalterada: Calificación de valor relativo, para un espécimen de suelo tomado con herramientas apropiadas, retirado del terreno con los cuidados debidos, transportado, conservado y llevado al aparato de ensayo, de manera que pueda considerarse que las propiedades del suelo natural, que se desean conocer en la muestra, no se han modificado de manera significativa.

Muestra alterada: Espécimen con su estructura disturbada.

Suelo grueso -granular: Son los de mayor tamaño: Guijarros, gravas y arenas. Su comportamiento está gobernado por las fuerzas gravitacionales.

Suelos fino - granulares: Son los limos y arcillas. Su comportamiento está regido por fuerzas eléctricas, fundamentalmente.

Suelos pulvurulentos: Son los no cohesivos, o suelos gruesos, pero limpios (sin finos); es decir, los grueso - granulares limpios.

Arcillas Vs limos: En estado seco o húmedo, tiene más cohesión la arcilla. La arcilla seca es dura mientras el limo es friable o pulverizable. Húmedos, la arcilla es plástica y el limo poco plástico. Al tacto, la arcilla es más suave y a la vista el brillo más durable.

Conexión con geología, climatología, hidrología y biogeografía.

La geomorfología tiene que contar prioritariamente con el **factor geológico** que explica la disposición de los materiales. Las estructuras derivadas de la tectónica y de la litología configuran frecuentemente los volúmenes del relieve de un modo más o menos directo.

El **clima** introduce modalidades en la erosión y en el tipo de formaciones vegetales, de modo que la **morfogénesis** adquiere características propias en cada zona climática. La elaboración de geoformas también depende de los **paleoclimas** que se han sucedido en un determinado lugar.

De las condiciones climáticas, biogeográficas, topográficas y litológicas, depende la eficacia erosiva de los cursos de agua y de otros modos de escorrentía. Aquí habrá que considerar el conjunto de la red hidrográfica.

La cobertura vegetal introduce un tapiz protector en la interfase atmósfera-litosfera, razón por la cual **la biogeografía** da claves importantes en el análisis de las geoformas y de los procesos que las modelan. Pero esta cobertura no depende sólo del clima y del sustrato rocoso, sino también de la acción antrópica.

C- LA GEOMORFOLOGÍA Y OBSERVACIÓN SATELITAL DEL PLANETA

LA GEOMORFOLOGÍA

Una geoforma es un cuerpo tridimensional: tiene forma, tamaño, volumen y topografía, elementos que generan un relieve. Se han clasificado treinta y seis (36) geoformas; el primer paso es identificar las geoformas con su topografía, drenaje, textura, tono, vegetación natural y uso del suelo.

Una **geoforma** está compuesta por materiales que le son característicos: como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos; tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman.

Como geoformas las rocas son lechos rocosos; los deltas, abanicos, terrazas y llanuras de inundación, son materiales transportados. Los suelos residuales están asociados a los lechos rocosos.

Utilizando **fotografías aéreas** se puede inferir que el tono y la textura dependen de la vegetación, que el uso del suelo sirve para hacer asociaciones con aptitudes, que las formas de erosión anuncian si el material es arenoso o rocoso. La topografía a su vez, está relacionada con la pendiente, y puede ser: plana, ondulada, quebrada o escarpada; donde existen entrantes o salientes del terreno son factibles los cambios litológicos.

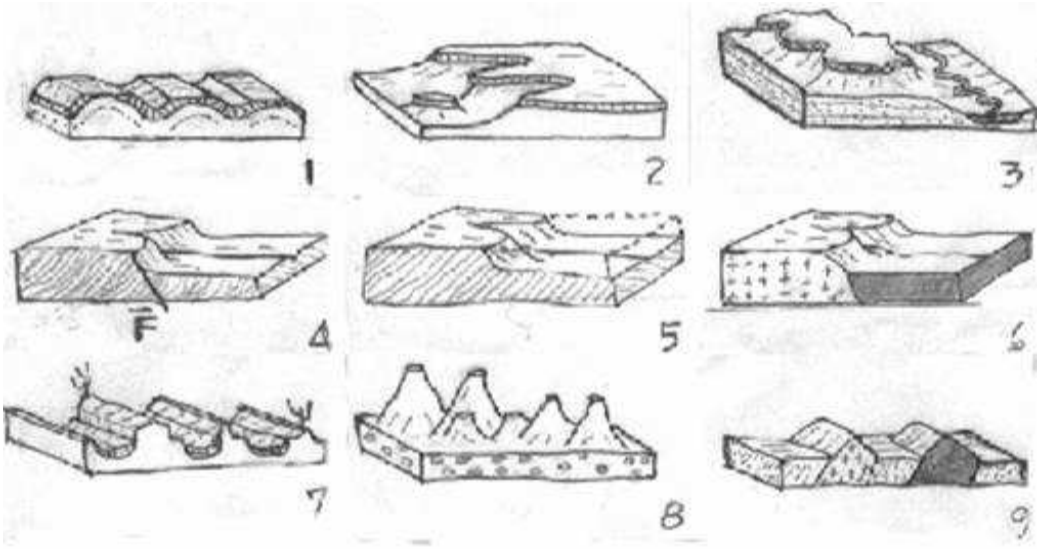


Figura 25. Paisajes con diferentes situaciones litológicas, estructurales y ambientales: 1. Relieve apalachinado (plegamiento erosionado), 2 aspecto de una cuesta estructural subhorizontal. 3 relieve aluvial invertido, (construcción y destrucción de un valle), 4

escarpe tectónico (falla normal), 5 escarpe de erosión m(obsérvese el descenso del relieve), 6 escarpe litológico (el escarpe marca el contacto), 7 paisaje árido en suelo fino (formación de yardang), 8 paisaje árido en conglomerado (formación de mesas basculantes y pilares), 9 afloramientos duros (diques intruyendo rocas más blandas). Adaptado de Max Derruau, Geomorfología.

El **drenaje** está caracterizado por una forma o patrón modelo, donde el índice de erosión o remoción es muy importante y la textura es el grado de espaciamiento entre los canales del drenaje. La textura en rocas puede ser gruesa, media o fina, y la erosión, laminar, por surcos o por cargas.

La **vegetación** puede ser natural y su altura anuncia la profundidad del suelo, cuando hay densidad. Las variaciones en la densidad de la vegetación se asocian con presencia de aguas subterráneas. Si es artificial se considera ya un uso del suelo. En un abanico aluvial los bosques de galería anuncian el drenaje y la vegetación es más alta en su pie que en el ápice a causa del nivel freático.

A continuación se presenta una tabla de claves fotogeológicas para la identificación de las diferentes rocas y fallas, de acuerdo a tres aspectos fundamentales: **tonos, texturas y drenaje**.

Conceptos básicos de geomorfología

1. Los **procesos físicos** de hoy operaron en el pasado geológico.

2. La **estructura** geológica condiciona las formas del relieve.

3. El **proceso geológico** se expresa en la geoforma.

4. Cuando los diferentes agentes modelan la corteza se produce **la secuencia** que evidencia tales etapas.

5. **La complejidad** es más común que la simplicidad en las geoformas.

6. La geología **del cuaternario** domina la topografía.

7. La adecuada interpretación del paisaje exige conocer los **cambios geológicos y climáticos** pasados.

8. La presión y temperatura del **clima** regional son necesarias para entender los procesos geológicos.

9. Se debe mirar la geomorfología de hoy en **el contexto** de las geoformas pasadas.

Claves de fotointerpretación

Se mostrará en el siguiente cuadro las claves fotogeológicas atendiendo como aspectos relevantes, **tonos, texturas y drenajes**, tanto de las rocas como de las estructuras geológicas.

Cuadro 10. Claves fotogeológicas.

ASPECTOS	ROCAS INTRUSIVAS	ROCAS VOLCANICAS	ROCAS CLASTICAS
TONOS	- Claros salvo humedad (gris) - Oscuros en ultramáficas - Claros a oscuros en hipoabisales y diques	- Oscuro en las jóvenes, en las meteorizadas es claro. - Claros en conos de ceniza y lavas viejas, secas y sin cobertura	- Claros en conglomerados, areniscas maduras y lodolitas de desiertos. - Oscuro en areniscas maduras y lodolitas, por humedad. - Oscuros en estructuras
TEXTURAS	- Homogéneas masiva	-Finas en tefras (tobas, cenizas). - Rugosas en lavas, flujos o bloques	- Gruesas en conglomerados y areniscas. - Finas en lodolitas (dan flatiron)
DRENAJE	- Dendrítico, pinzado o radial y puede variar con el diaclasamiento y la composición - Radial-anular en hipoabisales	- Paralelo en basaltos. - Dendrítico en tobas y depósitos piroclásticos - Anular en domos. - Radial en volcanes - Anómalo en lagunas y canales discordantes	- Rectangular, paralelo y subparalelo en conglomerados y areniscas maduras - Subparalelo y subdendrítico en areniscas inmaduras - Subparalelo a dendríticas en lodolitas

ASPECTOS	ROCAS NO CLASTICAS	ROCAS METAMORFICAS	FALLAS
TONOS	- Claros casi siempre - Oscuros si hay materia orgánica o	- Oscuros generalmente pero no intensos	Cambios bruscos y oscuros por agua o claros si hay exceso de drenaje

ASPECTOS	ROCAS NO CLASTICAS	ROCAS METAMORFICAS	FALLAS
	humedad, bandeados si hay interestratificación	- Claros en cuarcita - Claros a semioscuros en gneises	
TEXTURAS	El del relieve (ejemplo paisaje cárstico). No da flatiron	- Finas pizarras - Medias a gruesas, gneises. - Esquistosidad	Cambios, anomalías e irregularidades
DRENAJE	- Discontinuo y con sumideros en karst. - Controlado por fracturas subterráneas	- Dendrítico a rectangular en pizarras y filitas. - Variable en esquistos - Colector con poco drenaje secundario en cuarcitas - Dendrítico a rectangular en gneis	- Desviación sistemática – Controles anómalos. - Alineado y con dirección perpendicular

Mónica Dunóyer. Posgrado de Geotecnia, Universidad Nacional, 1995.

Un proceso práctico, para efectuar un análisis geomorfológico, consiste en tomar la fotografía aérea o terrestre del lugar, colocar sobre ella un papel calco, trazar sobre el papel calco el drenaje y otras siluetas que separen zonas de interés por el color o la textura. Asignando a **cada clave fotogeológica un código** alfanumérico, sobre el papel calco se anotarán estos códigos sobre los rasgos correspondientes.

Claves de fotointerpretación de rocas plutónicas

- Los contactos de intrusiones graníticas con rocas encajantes son discordantes, nítidos y sencillos.

- Los cuerpos graníticos tienen grandes dimensiones.

- Los tonos son claros (buena reflectancia), salvo en condiciones de humedad.

- La textura es homogénea, pues su aspecto es masivo.

- El drenaje es normalmente dendrítico-pinzado o radial, en caso de domos.

- Si hay muchas diaclasas el patrón es rectangular.

- El tono y drenaje puede variar con la composición, densidad de diaclasas y humedad.

- La topografía se presenta en cerros con forma de A o macizos redondeados.

- Presentan más fracturamiento cuando tienen mayor antigüedad.

- En el trópico desarrollan saprolito profundo.

Claves de fotointerpretación de rocas volcánicas

- Son reconocibles si no están erosionadas.

- Las geoformas dependen del tipo de lava y su actividad.

- Los basaltos presentan columnas, drenaje paralelo grueso y suave topografía.

- Los cráteres de ceniza son claros y con pendientes altas (ángulo de fricción f = 35°).

- Las lavas viscosas son lenguas de pared abrupta y tienen formas en pata de elefante.

- Los depósitos lávicos forman colinas de cresta aguda.

- Muy disectadas por drenaje dendrítico y fino cuando son recientes, además presentan tonos claros y laderas verticales y uniformes.

- Presentan tonos oscuros en lavas jóvenes, aunque la vegetación las aclara algo.

- Los patrones de drenaje son dendríticos en depósitos piroclásticos y tobas; anular, en edificios volcánicos; radial, en la base de los volcanes, anómalo con lagunas y canales discontinuos, en los flujos.

- La vegetación es escasa si el material es reciente, y la porosidad y permeabilidad son altas, aunque disminuyen con la meteorización.

Claves de fotointerpretación de rocas sedimentarias clásticas

- Estas rocas son las que más información arrojan.

- Las rocas sedimentarias forman estructuras secundarias (pliegues, fallas, diaclasas) que se evidencian por alineamientos de cualquier tipo (tonos más oscuros, drenajes controlados, cordones vegetales).

- Las geoformas que más las delatan son los flatiron (planchas), que se desarrollan sobre las rocas sedimentarias duras (areniscas compactas) y son las geoformas fruto de la erosión diferencial.

- Generalmente la pendiente topográfica corresponde a la pendiente estructural que es larga y suave.

- En la contrapendiente hay escalonamientos por el contraste entre estratos duros y blandos que se alternan.

- Los conglomerados muestran tono claro a medio; textura gruesa; a muy gruesa, drenaje rectangular, subparalelo o paralelo; vegetación escasa y arbustiva; escarpes verticales en la contrapendiente, y crestas agudas rectilíneas y de gran continuidad.

- Las areniscas pueden ser maduras o inmaduras; las intermedias tienen rasgos que oscilan entre los extremos de estas.

- Las areniscas maduras muestran tono claro a medio, textura gruesa a media, drenaje rectangular a subparalelo, canales en V cerrada, vegetación escasa a media, escarpes escalonados y excelentes niveles guías.

- Las areniscas inmaduras son oscuras y de textura gruesa, drenaje subparalelo o subdendrítico, vegetación buena a excelente y morfología ligeramente escarpada a suave en la contrapendiente estructural y ondulada en la pendiente.

- Las lodolitas son de tono oscuro en clima húmedo y claro en desiertos, textura fina, drenaje dendrítico o subparalelo y vegetación exuberante si el clima es húmedo, morfología deprimida con desarrollo lineal extenso, excelente contraste con unidades duras y malos niveles guías.

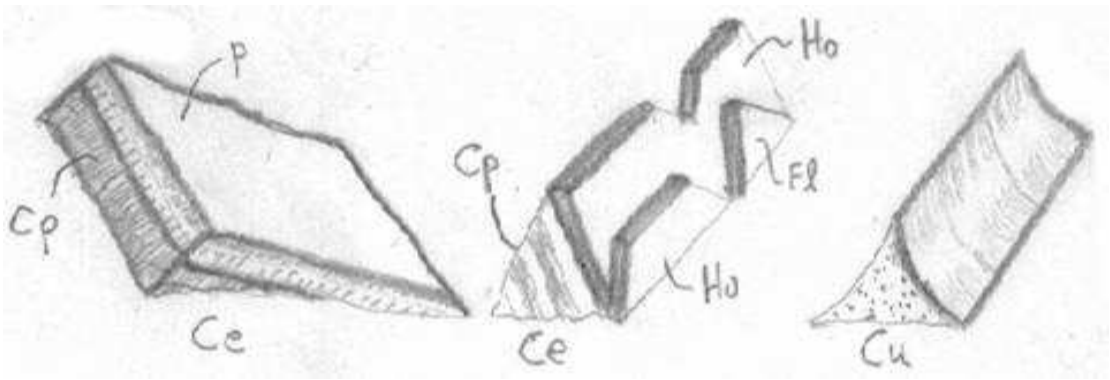


Figura 26. Geoformas en rocas sedimentarias: Ce. cuesta estructural (asimétrica), Cp. contrapendiente, P. pendiente, Ho. y Fl. Hogback y flatiron (desarrolladas sobre la pendiente estructural), Cu. cuchilla estructural (cóncava). El Hogback es un estrato en altorelieve, con forma trapezoidal, formado sobre la pendiente estructural. Según Mónica Dunóyer y Antonio Manrique, curso de fotointerpretación U. de Caldas.

En la Figura 26., se dibujan tres geoformas, con elementos explicativos, típicas en rocas sedimentarias.

Claves de las rocas sedimentarias químicas

- No dan estratos en altorelieve triangular sobre la pendiente (flatiron) y muestran fracturas bien desarrolladas que controlan la vegetación y dolinas y sumideros cuando siendo carbonatadas resultan afectadas por la disolución.

- Normalmente la vegetación es poca y alineada con las fracturas. En el trópico ésta puede ser densa.

- El relieve es función del clima y de la composición de la caliza. Los tonos son claros.

- En clima árido se presentan crestas empinadas y tonos claros, nunca oscuros.

- En climas húmedos el paisaje es cárstico: bosques de mogotas o colinas puntiagudas. Además se desarrollan dolinas, poljes (depresiones cerradas) y sumideros.

- El drenaje se pierde por los sumideros resultando interrumpido.

- El relieve es más suave que en zonas áridas y entre más pura y cristalina sea la roca, más abrupto resulta el relieve.

- Si se encuentra materia orgánica y humedad, los tonos son oscuros.

Claves de fotointerpretación de rocas metamórficas

- Son las rocas más difíciles de identificar.

- A mayor grado de metamorfismo, más desaparecen los rasgos litológicos y estructurales.

- El metamorfismo iguala la resistencia de la roca, resultando una topografía más masiva.

- La esquistosidad es el principal elemento de fotoidentificación; le da al paisaje una sensación de paralelismo (control de cárcavas, drenaje, etc.).

- En rocas metasedimentarias se alcanza a insinuar la estratificación con algo de flatiron.

- El tono es generalmente oscuro pero no intenso.

- El drenaje tiende a ser uniforme y constante tendiendo a dendrítico o rectangular.

- Cuando provienen de rocas ígneas, su aspecto es masivo y no presentan foliación.

- Desarrollan relieve de cualquier tipo por lo que aquél no es guía.

- Muestra colinas alineadas con crestas o cuchillas.

- Las pizarras y filitas muestran textura fina, drenaje dendrítico rectangular, vegetación escasa (y a veces alineada), y no muestran estructuras falladas aunque conservan la estratificación de la roca madre. En la morfología se presentan crestas agudas y laderas empinadas no muy altas.

- Los esquistos tienen clara orientación, buena foliación, tono gris uniforme (de medio a oscuro), drenaje variable, según el clima, pero controlado por la foliación, morfología con planos de esquistosidad planos y cárcavas paralelas.

- Las cuarcitas dan tonos claros, crestas empinadas, drenajes colectores, poco drenaje secundario, crestas filudas, fracturas controlando el drenaje, los contactos con otras rocas tienen fuerte contraste y la vegetación es escasa, está alineada y es de tipo arbustivo.

- Los gneises tienen aspecto masivo y muestran fracturas bien desarrolladas (fallas) que controlan el drenaje. Las lomas son alargadas con cimas suaves pero altas y pendientes. Su tono es claro a semioscuro y la textura rugosa.

- El drenaje es dendrítico a rectangular con textura media a gruesa. Las lomas desprovistas de capa vegetal desarrollan poco suelo y poca vegetación dando posibilidad a la observación de los diques que las cortan.

Claves diagnósticas para caracterizar movimientos en masa

- **Características morfológicas**. Pendientes cóncavas y convexas, nichos semicirculares, pendientes escalonadas, bloques inclinados, relieve irregular (hummocky), formación de grietas y cambio súbito de pendiente.

- **Características de la vegetación**. Vegetación desordenada y parcialmente muerta, cambios en la vegetación coincidentes con escalones morfológicos, zonas con vegetación menos abundante, (elongadas y claras), diferencia de vegetación dentro y fuera del deslizamiento y cambios de vegetación asociados a condiciones de drenaje.

- **Características del drenaje y medidas de estabilización**. Drenaje desordenado con líneas interrumpidas, anomalías en los patrones de drenaje, zonas de acumulación de agua, zonas de infiltración o nacimientos (tonos oscuros), zonas

excesivamente drenadas (tonos claros). Si hay intervención, canalización de aguas y terracetas en pendiente con canales en curvas de nivel.

- Otras características o elementos. Ausencia de vegetación, escarpes en forma de pinza, concavidades elongadas, depósitos elongados, acumulaciones en quiebres de pendiente, facetas triangulares, cuerpos coalescentes (masas contiguas dislocadas), escarpes elongados y lóbulos de flujo.

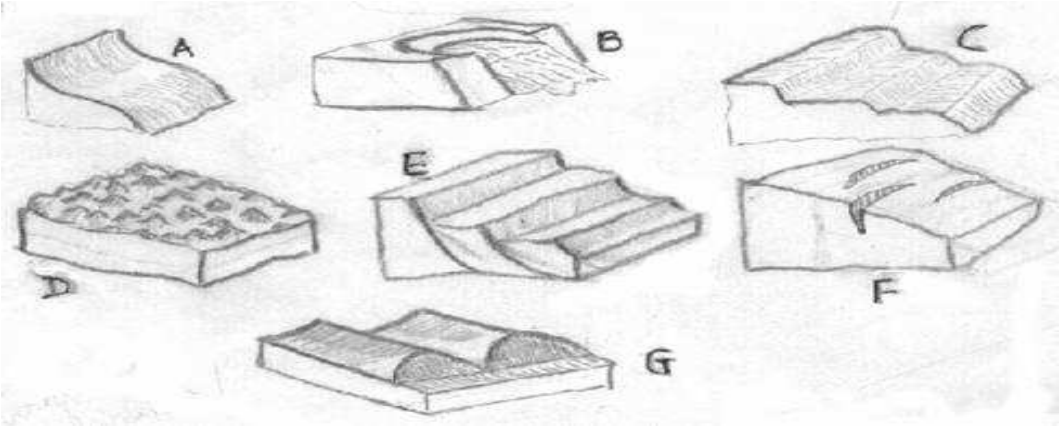


Figura 27. Morfología para diagnóstico: A. formas cóncavas y convexas, B. nichos semicirculares, C. pendientes escalonadas, D. relieve irregular (hummocky), E. bloques inclinados, F. grietas, G. cambios abruptos de pendiente. Según Mónica Dunóyer y Antonio Manrique, curso de fotointerpretación U. de Caldas.

Claves para identificación de rasgos estructurales

- Monoclinales. En la cuesta (pendiente suave), el drenaje es dendrítico o paralelo, el suelo es grueso o potente, hay buen desarrollo de la vegetación y drenaje es poco denso. En la contrapendiente el drenaje es denso, subdendrítico, se presentan movimientos en masa y a veces la topografía es cóncava, el suelo es casi nulo y es notoria la poca acumulación de agua y poca la vegetación.

- Hogback y cuchillas estructurales. El hogback es un bloque donde la pendiente y la contrapendiente tienen la misma inclinación. Uno de los estratos conforma en la pendiente una capa de cubierta dura que presenta erosión en cárcavas con pobre desarrollo de la vegetación, poco suelo y poca agua.

La cuchilla estructural es una forma masiva que corresponde a un afloramiento de capas duras. La pendiente y la contrapendiente son simétricas y el drenaje por ambos lados es paralelo; las superficies muestran cárcavas y no se desarrolla suelo ni vegetación en ningún flanco.

- Pliegues. Los anticlinales muestran drenaje radial poco denso (según la litología expuesta); si está erosionado, muestra el núcleo y la roca es estratificada, además hay poco suelo por la pendiente de la geoforma y poca agua, pues es mal acuífero. El sinclinal muestra drenaje centrípeto, núcleo deprimido, estratos que buzan hacia el centro del pliegue y humedad y vegetación buena en su núcleo, pues se trata de un buen acuífero.

- Fracturas. Las diaclasas muestran un drenaje cuya intensidad depende de la roca. En la diaclasa hay agua, vegetación y erosión. El suelo es profundo si la vegetación es intensa y la pendiente favorece su estabilidad.

Las fallas muestran fuerte meteorización y suelos pobres en los escarpes, aunque buenos en los pies. En el escarpe no hay vegetación pero sí en los bajos donde se almacena la humedad.

Los indicadores de las fallas son los desplazamientos de las capas horizontales o verticales, los cambios abruptos en el rumbo y buzamiento, los escarpes, facetas triangulares y cañones en V cerrada, los cambios bruscos de tono y vegetación, los tonos oscuros por agua y drenaje alineado, las desviaciones sistemáticas del drenaje, el diaclasamiento intenso o brechamiento y los movimientos en masa sistemáticos.

Tomado de: Manual ge geología para ingenieros. Gonzalo Duque-Escobar. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 2003.
www.geocities.com/manualgeo_20/

BIBLIOGRAFIA

BELL, F. G. Engineering geology and geotechnics. Londres, 1980.

BERRY, Peter; REID, David. Mecánica de suelos. Mac Graw Hill. Santafé de Bogotá, 1993.

CORREA, Alvaro. Clasificación de Roca Intacta, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, 1992.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo. Manual de Geología para Ingenieros. Universidad Nacional, Manizales. 1998.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo y **ESCOBAR POTES** Carlos E. Mecánica de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. 1999.

GRISALES, Alfonso. Suelos de la Zona Cafetera, Clasificación y uso. Fondo Cultural Cafetero. Medellín, 1977.

HOEK, Evert and BRAY, John. Rock Slope Engineering. The Intitution de Mining and Metalurgy. London, 1977.

MATHEWSON, Christopher. Engineering Geology. Texas A & M University. Charles E. Merrill Publishing Company. U. S. A. 1981.

MITCHELL, J.; COUTINHO, R. et al. Occurence, Geotechnical Properties and Special Problems of Some Soils of America, University of California. Berkeley, 1990.

MANRIQUE A Y DUNÓYER M. Curso de fotointerpretación. Notas del Posgrado de Geotecnia U. N de C, 1998.

OBSERVACIÓN SATELITAL DEL PLANETA

El espectro electromagnetico

La energía radiante se propaga por ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz (c = 300.000 kilómetros por segundo). Comprende la energía radiante desde la radiación gamma hasta las ondas de radar. Incluye rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, toda la luz entre el azul y el rojo, el infrarrojo, y las ondas de radio corta y larga.

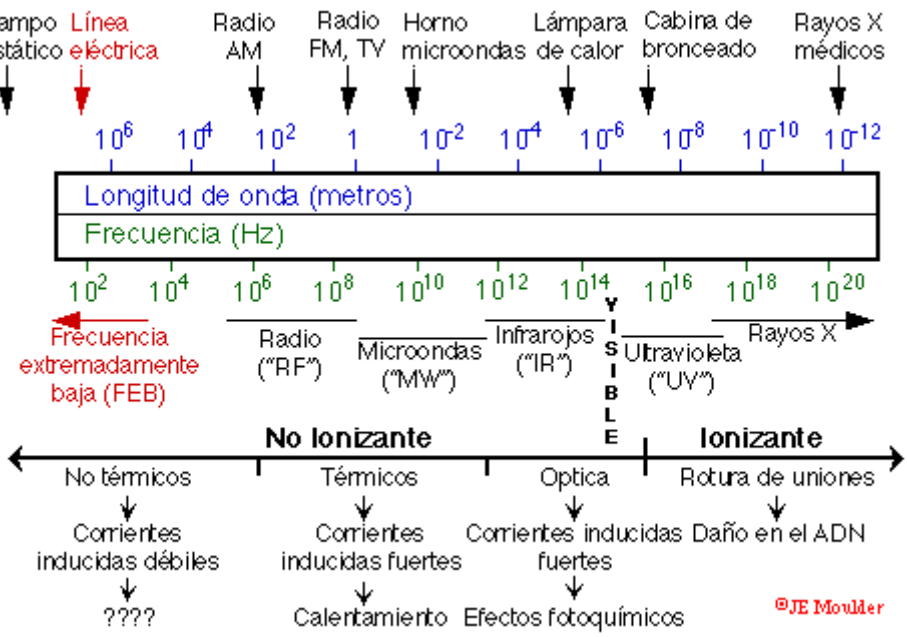


Figura 1. El espectro Electromagnético

<u>Deteccion a distancia por radar</u>

Hay varias actividades en donde la exploración de la Tierra se hace desde el espacio. En la detección a distancia por radar se puede señalar la arqueología, para poner en evidencia emplazamientos humanos ahora cubiertos por densa vegetación, especialmente en tierras bajas, en las que se registran abundantes lluvias. Con el método se han identificado más de 300 centros de civilización Maya. También la caza de huracanes con radar, aprovechando la correlación entre la rugosidad de la superficie oceánica -detectable por el sistema- y la velocidad del viento.

- **Observación de tiempo meteorológico**. La observación del tiempo meteorológico se soporta en satélites, pronósticos numéricos, modelos del clima y sondeos de la atmósfera con láser (para medir distancias aprovechando la reflexión de la luz sobre moléculas de aire, nubes, polvo y aerosoles). Los meteorólogos disponen en la actualidad de una red de imágenes de radar tomadas desde satélites, proyecciones por ordenador e informes actualizados al minuto, procedentes de estaciones claves distribuidas sobre un territorio. En los últimos modelos de satélite meteorológicos, las cámaras de televisión se han complementado con sensores multiespectrales en las regiones del infrarrojo y de las microondas, lo que ha ampliado el alcance de las aplicaciones -además de observación de nubes, se observa la corriente del Golfo, las corrientes ascendentes con carga biológica y las áreas cubiertas por hielo-.

- **Observación de los océanos**. La observación de los océanos, para evaluar su temperatura superficial, la producción marina primaria, la circulación oceánica, la cartografía de los fondos marinos y los hielos polares. En efecto, la temperatura de la superficie marina utilizando satélites meteorológicos NOAA en órbita polar -con bandas múltiples del infrarrojo- puede ser utilizada también para la observación de las corrientes marinas superficiales. Hasta ahora, el único medio con el que puede obtenerse información acerca de la producción marina primaria, es decir, el fitoplancton clave en la cadena alimenticia de éste ambiente, consiste en la detección a distancia, desde satélites, del color del océano

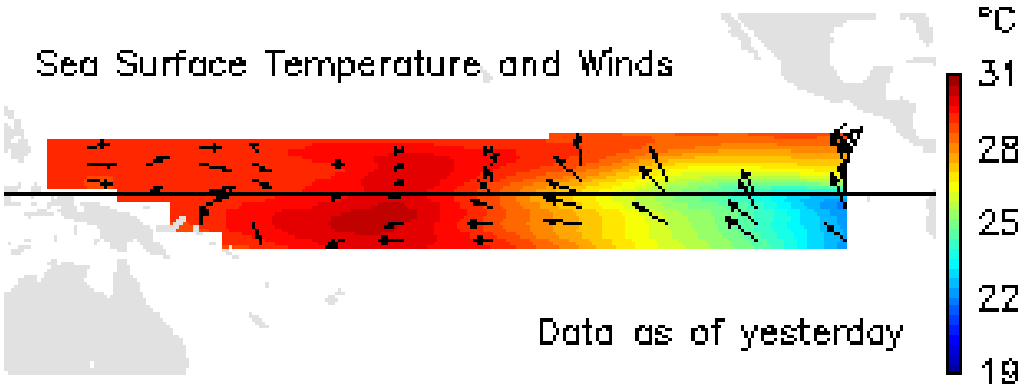


Figura 2: Anomalía térmica del océano Pacífico

Las aguas superficiales experimentan marcadas variaciones en su color en función del contenido de materias suspendidas, tales como fitoplancton, lodos y contaminantes. Para la circulación oceánica se observan las olas superficiales que se visualizan en las imágenes de radar en forma de cambios periódicos de su tono. Las olas internas se reflejan por su efecto sobre la rugosidad de la superficie y las grandes corrientes asociadas a las olas internas modifican las olas superficiales al sobreponerse a las oscilaciones, agrupando sustancias oleosas y otros materiales, formando franjas lisas o rugosas por efectos de tensiones.

La topografía de la superficie oceánica se consigue con altimetría de radar desde satélites. Estos muestran grandes relieves y depresiones de hasta 180 metros, extendiéndose sobre amplias áreas y explicadas por anomalías de la gravedad en la vecindad de montañas, dorsales, depresiones y otras estructuras submarinas de masa variable, distribuidas de forma irregular sobre los fondos marinos. También para complementar las observaciones de las masas de hielo hechas desde satélites en órbita polar con espectros visible e infrarrojo el radar resulta conveniente, pues supera las dificultades aquellos en medios oscuros y con cubiertas de nubes.

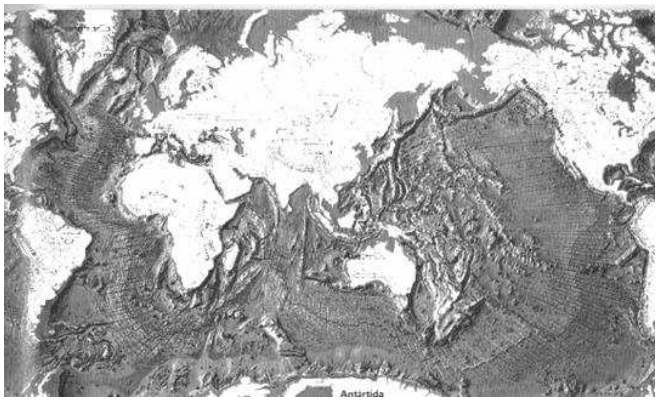


Figura 3. Los fondos oceánicos

- **La observación de la Tierra**. Hoy se obtienen mapas topográficos a partir de fotografías aéreas; para la hidrología se miden coberturas de nieve, mantos de hielo y obstrucciones de hielo en ríos, y áreas inundadas por avenidas asociadas a tormentas. En estudios ecológicos se hace factible la detección a distancia de los cambios medioambientales a escala global, aprovechando satélites con órbita geosincrónica. En estudios de deforestación los sensores multiespectrales (Landsat y SPOT), ofrecen unas posibilidades para el estudio de la vegetación terrestre que ningún otro medio puede proporcionar.

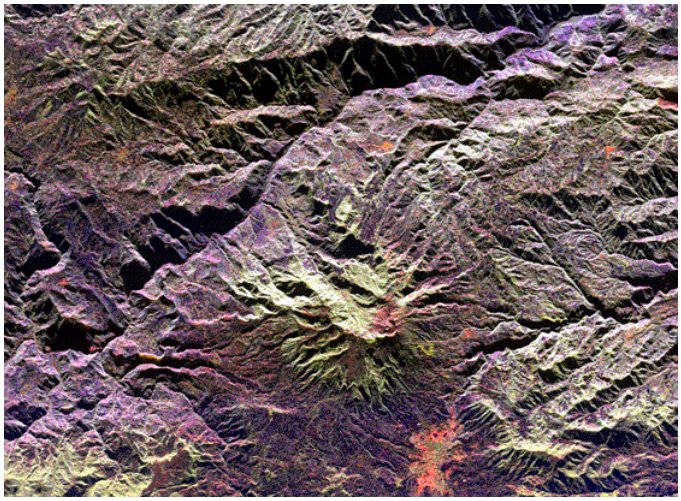


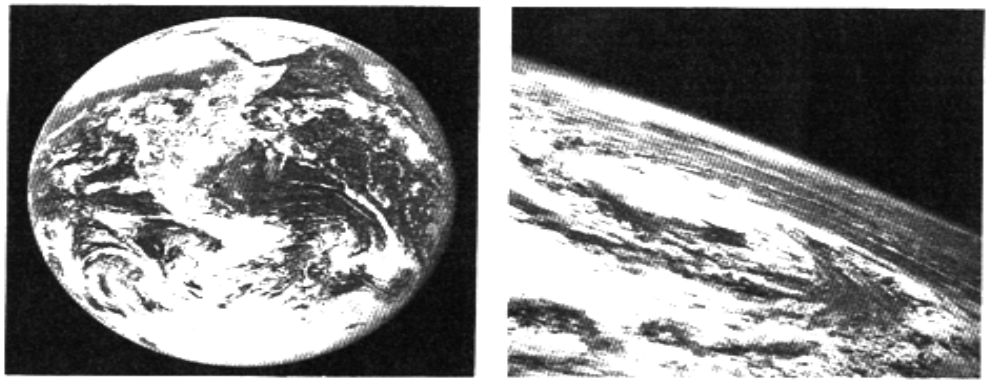
Figura 4. El Galeras y Pasto.

Para evaluar el desarrollo urbano las imágenes de satélite hacen factible la identificación de áreas urbanas, diferentes niveles de ocupación, tasas de crecimiento económico y demográfico, recursos naturales que administrar, áreas afectadas por contaminación y sus correspondientes tasas.

El índice de refracción de las manchas originadas por vertidos de petróleo y las características de radiación en la región del infrarrojo térmico de éste producto, son un buen ejemplo de la aplicación de ésta herramienta, útil también en la detección de otros contaminantes superficiales, como de aguas residuales no tratadas y contaminación atmosférica en áreas urbanas e industriales.

- **Cartografía de recursos minerales**. Los depósitos minerales se manifiestan de diversas maneras, la mayoría son inapreciables a simple vista pero sí detectables por variedad de sensores de longitudes de onda afuera del espectro visible.

Con imágenes de satélite es posible perfilar fallas, zonas de fractura y contactos, que constituyen ámbitos en donde pueden encontrarse los criaderos minerales y que se reflejan en las imágenes de satélite como lineamientos de buen contraste. Rocas plegadas o domos que pueden constituirse en trampas de petróleo o gas; también son discernibles, como lo son depósitos y yacimientos metalíferos y no metalíferos por la decoloración de las rocas y anomalías en la vegetación anunciando su existencia en determinadas clases de suelos. Con el radar se pueden penetrar espesas capas de nubes y de cobertura vegetal para observar el terreno desde el espacio, lo que hace competitivo para regiones tropicales.



a b

Figura: 5 Imágenes desde el espacio: A. La Tierra vista desde la nave Apolo. B. Tormenta tropical a través de imagen Landsat.

Las imágenes Landsat son de gran utilidad para levantar **planos geológicos**, debido a su cobertura regional con imágenes que abarcan 185 km. de lado. La combinación de datos multiespectrales puede hacer resaltar pequeñas diferencias en las propiedades de la superficie, con lo cual es factible la diferenciación de unidades geológicas basándose en su reflectancia y apoyando el proceso con el análisis de rugosidad superficial aportado por el radar. En la tectónica de placas, además de poner en evidencia anomalías térmicas ligadas a actividad ígnea en los márgenes de placas, es necesario medir la deriva de los continentes. El empleo del satélite Laser Range (LSR) y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para determinar distancias, midiendo el tiempo que invierten los pulsos de luz en llegar al satélite y retornar a la estación terrestre, facilita medidas geodésicas, con errores de 50 mm en 500 km., a lo largo de los años.

- **Evaluación de recursos agrícolas**. Los planes de seguridad agroalimentaria suponen el flujo permanente de alimentos, y el alcance económico y físico a los mismos. Toda sociedad, ya se trate de una tribu primitiva o de una moderna cultura occidental, trata llegar al autoabastecimiento de sus necesidades básicas. Desafortunadamente para la mayor parte de la humanidad, la calidad de vida se ve afectada al dedicar esfuerzos para la obtención de alimentos con propósitos de subsistencia, y agotar recursos para atender otras necesidades.

El deterioro ecológico con ritmo creciente se manifiesta en la desaparición de bosques y tierras húmedas, en el agotamiento del suelo vegetal y en la desertificación. El proceso se acompaña de inadecuados métodos de riego, sobre explotación de acuíferos, y presión demográfica sobre escasos recursos alimenticios y otros recursos insuficientes. Finalmente sobreviene la inestabilidad política y económica que agrava la situación. Es aquí donde la moderna tecnología y en especial la de los satélites de vigilancia, se constituye en una herramienta útil para obtención de información, sin la cuál el análisis y la solución de los problemas a escala mundial se hace difícil.

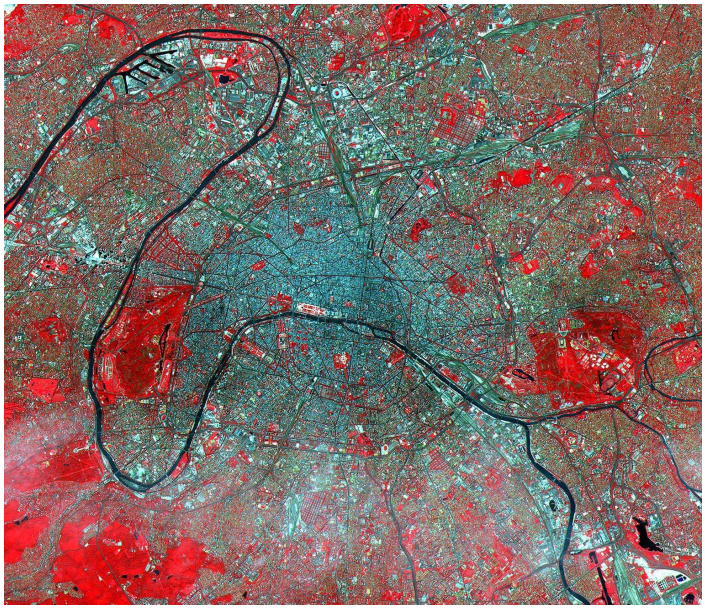


Figura 5. Paris

El desmonte y clareo de los terrenos, la evaluación de la desaparición de la capa superficial del suelo, la evaluación de áreas de sequía y de sistemas de regadío y la previsión de las épocas de hambre, son actividades que se soportan en la utilización de los sensores remotos.

- **Desastres**. Terremotos, erupciones volcánicas, grandes tormentas, inundaciones y guerras, generan áreas de desastre, donde los sistemas de información terrestre se interrumpen y para los cuales la evaluación global y oportuna de las pérdidas ocasionadas sólo se puede lograr con el apoyo de los sensores remotos.

Los satélites espías poseen un alto poder de resolución y hacen factible la escucha de comunicaciones por radio y la detección telemétrica de misiles. También permiten el cumplimiento de control de armamentos y se mantienen bajo control las actividades clandestinas. Esta tecnología al servicio de la humanidad con propósitos de mitigar los efectos de los desastres naturales, y de incorporar recursos para satisfacer las necesidades humanas, se traduce en un factor de estabilidad y desarrollo.

- **Detección del medio ambiente**. Como los objetos sobre la superficie de la Tierra interfieren con la radiación electromagnética emitida por el satélite, pueden darse fenómenos de reflexión, refracción, dispersión, absorción o reemisión. Cuando dicha radiación electromagnética es reemitida o reflejada, deberá atravesar de nuevo la atmósfera para que pueda ser captada por los sensores del satélite. No obstante, dado que la atmósfera contiene partículas tales como polvo, hollín y aerosoles, así como vapor de agua, bióxido de carbono y ozono, puede resultar alterada la intensidad y composición de la radiación.

La mayoría de los sensores electro-ópticos son dispositivos de barrido multiespectral. En estos dispositivos de barrido puede utilizarse un espejo que, con su rápida oscilación, dirige la radiación a través de un sistema óptico en donde los filtros la dividen en

bandas espectrales individualizadas. La ventaja de recoger datos en distintas bandas espectrales estrechas, radica en que, al proceder al revelado, es posible diagnosticar determinadas características del terreno y variaciones experimentadas por los recursos naturales.

El tratamiento de los datos espectrales se digitaliza con el fin de identificar las pautas y resaltar al máximo los contrastes entre sus diversas clases o categorías. La transformación de los datos espectrales mediante el cálculo de relaciones o diferencias entre bandas espectrales, hace posible la cuantificación de ciertos parámetros o su representación numérica, que puede ser tratada por métodos matemáticos en los ordenadores.

Bibliografía:

Manual ge geología para ingenieros. Gonzalo Duque-Escobar. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 2003. www.geocities.com/manualgeo_02/

CONTENIDO

Título:

Geotecnia y Medio Ambiente

Parte I

CT&S

A- Ciencia y Tecnología
B- El medio Ambiente
C- Teoría del Desarrollo
Bibliografía General

Parte II

Geotecnia

A- Riesgo por laderas inestables, sismos y volcanes
B- De los materiales térreos: suelos y rocas
A- Geomorfología y Observación satelital del planeta
Bibliografía (en cada tema)

*** Gonzalo Duque Escobar- Ingeniero Civil, con estudios de posgrado en Geofísica, Mecánica de Suelos y Economía. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, desde 1976.**