



Ciudad de Manizales y Nevado del Ruiz al fondo. Colombia. Fuente: gruposala.com.co

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
COLOMBIA  
(1867-2017)



## MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS

GONZALO DUQUE ESCOBAR  
MANIZALES, 2016

CONTENIDO

### Contenido

#### Presentación

- 1** **CICLO GEOLÓGICO**
  - 1.1 SOBRE LA GEOLOGIA
  - 1.2 CICLO DE LAS ROCAS
  - 1.3 LAS GEOCIENCIAS Y EL DESARROLLO DE COLOMBIA
  - 1.4 LA PROBLEMÁTICA SOCIO-AMBIENTAL
  - 1.5 LAS CUENTAS DEL AGUA EN COLOMBIA
  - 1.6 NO TODO LO QUE BRILLA ES ORO
- 2.** **MATERIA Y ENERGIA**
  - 2.1 INTRODUCCION
  - 2.2 CONSTANTES EN LA TEORIA FISICA
  - 2.3 MACROESTRUCTURAS
  - 2.4 TRABAJO
  - 2.5 LA ENERGIA
  - 2.6 DETECCION A DISTANCIA POR RADAR
  - 2.7 DINÁMICAS Y CONTRA RUMBOS DEL DESARROLLO URBANO
  - 2.8 PROSPECTIVA PARA EL DESARROLLO MAGDALENENSE
  - 2.9 REFLEXIONES SOBRE EL POT DE MANIZALES
- 3.** **EL SISTEMA SOLAR**
  - 3.1 EL SISTEMA SOLAR
  - 3.2 TEORIAS ACERCA DE LA FORMACION DEL SISTEMA SOLAR
  - 3.3 FORMACION DE LA TIERRA
  - 3.4 EVOLUCIÓN ESTELAR
  - 3.5 LA GALAXIA
  - 3.6 SOL, CLIMA Y CALENTAMIENTO GLOBAL
  - 3.7 CIEN AÑOS DEL UNIVERSO RELATIVISTA DE EINSTEIN
  - 3.8 EL MISTERIOSO LADO OSCURO DEL UNIVERSO
- 4.** **LA TIERRA SÓLIDA Y FLUIDA**
  - 4.1 ATMOSFERA

- 4.2 LA TIERRA SÓLIDA
- 4.3 HIDROSFERA
- 4.4 EL CLIMA MUNDIAL
- 4.5 LOS ELEMENTOS DEL CLIMA
- 4.6 DINÁMICAS DEL CLIMA ANDINO EN COLOMBIA
- 4.7 AMENAZA CLIMÁTICA EN EL TRÓPICO ANDINO
- 4.8 COLOMBIA Y SUS MARES FRENTE A LOS DESAFÍOS DEL DESARROLLO
- 4.9 INTEGRACIÓN DEL MAR DE BALBOA
- 5. LOS MINERALES**
- 5.1 DEFINICION
- 5.2 ELEMENTOS CLAVE
- 5.3 CRISTALIZACION
- 5.4 ENLACES, ESTRUCTURAS Y ALEACIONES
- 5.5 PROPIEDADES FISICAS DE LOS MINERALES
- 5.6 FORMA Y SISTEMAS CRISTALINOS
- 5.7 MINERALOGIA QUIMICA
- 5.8 PARTICIPACION E IMPORTANCIA DE LOS MINERALES
- 5.9 GEOLOGIA ECONOMICA DEL EJE CAFETERO
- 5.10 DESARROLLO MINERO-ENERGÉTICO DE CALDAS
- 6. VULCANISMO**
- 6.1 LOS AMBIENTES DE LOS PROCESOS MAGMATICOS
- 6.2 PARTES DE UN VOLCAN
- 6.3 MECANISMOS ERUPTIVOS DE LOS VOLCANES
- 6.4 PRODUCTOS Y EFECTOS DE LAS ERUPCIONES
- 6.5 MANIFESTACIONES VOLCANICAS
- 6.6 LOS VOLCANES COLOMBIANOS
- 6.7 INTIMIDADES DEL RUIZ PARA UN EXAMEN DE LA AMENAZA VOLCÁNICA
- 7. ROCAS IGNEAS**
- 7.1 GENERALIDADES
- 7.2 ASPECTOS FUNDAMENTALES
- 7.3 CRITERIOS DE CLASIFICACION
- 7.4 PAISAJE IGNEO
- 7.5 ALGUNOS TERMINOS Y DEFINICIONES
- 7.6 EJEMPLOS DE ROCAS ÍGNEAS EN COLOMBIA
- 7.7 EL DESASTRE DE ARMERO A LOS 30 AÑOS DE LA ERUPCIÓN DEL RUIZ
- 8. INTEMPERISMO O METEORIZACION**
- 8.1 PROCESOS EXTERNOS
- 8.2 FACTORES DEL INTEMPERISMO FISICO O MECANICO
- 8.3 FACTORES DEL INTEMPERISMO QUIMICO
- 8.4 FORMAS DEL INTEMPERISMO QUIMICO
- 8.5 FRAGMENTOS LITICOS
- 8.6 SUELOS
- 8.7 ZONAS RICAS DEL PAIS

- 8.8 ACCIONES FRENTE AL CLIMA Y EL “DESARROLLO”
- 9. ROCAS SEDIMENTARIAS**
- 9.1 GENERALIDADES
- 9.2 DIAGENESIS
- 9.3 CLASIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS
- 9.4 CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS
- 9.5 DESCRIPCION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS
- 9.6 SEDIMENTOS ORGANICOS
- 9.7 FASES DE EXPLORACION GEOLOGICA
- 9.8 EJEMPLOS DE SEDIMENTITAS EN COLOMBIA
- 9.9 CARBÓN ANDINO COLOMBIANO
- 10. TIEMPO GEOLOGICO**
- 10.1 TIEMPO ABSOLUTO
- 10.2 TIEMPO RELATIVO
- 10.3 LA COLUMNA GEOLOGICA
- 10.4 TERMINOS
- 10.5 FORMACION DEL SECTOR NORTE DE LOS ANDES (COLOMBIA)
- 10.6 CERRO BRAVO, TRAS TRESCIENTOS AÑOS DE CALMA VOLCÁNICA
  
- 11. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**
- 11.1 CONCEPTOS BASICOS
- 11.2 COMPORTAMIENTO DE LAS ROCAS
- 11.3 DEFORMACIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE
- 11.4 PLIEGUES
- 11.5 FRACTURAS
- 11.6 DISCORDANCIAS ESTRATIGRAFICAS
- 11.7 ELEMENTOS DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL COLOMBIANA
- 11.8 NUESTRO FRÁGIL PATRIMONIO HÍDRICO
- 12. MACIZO ROCOSO**
- 12.1 CALIDAD DEL MACIZO
- 12.2 DISCONTINUIDADES EN MACIZOS ROCOSOS
- 12.3 ESTABILIDAD DEL MACIZO
- 12.4 RASGOS ESTRUCTURALES
- 12.5 TÚNEL CUMANDAY CRUZANDO LA CORDILLERA CENTRAL POR EL STOCK DE MANIZALES
- 12.6 UN TREN ANDINO PARA LA HIDROVÍA DEL MAGDALENA
- 13. ROCAS METAMORFICAS**
- 13.1 AGENTES DEL METAMORFISMO
- 13.2 TIPOS DE METAMORFISMO
- 13.3 MINERALES DEL METAMORFISMO
- 13.4 FACIES DEL METAMORFISMO
- 13.5 TEXTURA
- 13.6 TIPOS DE ROCAS METAMORFICAS
- 13.7 DISTRIBUCIÓN Y FACIES DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS EN COLOMBIA

- 13.8 COLOMBIA, PAÍS DE HUMEDALES AMENAZADOS
- 13.9 PARAMOS VITALES PARA LA ECORREGIÓN CAFETERA
- 14. MONTAÑAS Y TEORIAS OROGENICAS**
- 14.1 TIPOS BASICOS DE MONTAÑAS
- 14.2 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS MONTAÑAS
- 14.3 TIPOS DE CORDILLERAS O PLEGAMIENTOS
- 14.4 GEODINAMICA
- 14.5 CAUSAS DE LAS FUERZAS ENDOGENAS DE LA OROGENIA
- 14.6 SUCESION Y CLASIFICACION DE LAS OROGENESIS
- 14.7 ESTILOS ESTRUCTURALES DE LOS TERRENOS DE COLOMBIA
- 14.8 EL AGUA EN LA BIORREGIÓN CALDENSE
- 15. SISMOS**
- 15.1 TEORIA DEL REBOTE ELASTICO
- 15.2 DOS LECCIONES: SAN FRANCISCO Y KOBE
- 15.3 PARAMETROS DE UN SISMO
- 15.4 LA SISMOLOGIA
- 15.5 RIESGO SISMICO
- 15.6 RIESGO SISMICO EN COLOMBIA Y EL EJE CAFETERO
- 15.7 MANIZALES: POLÍTICA PÚBLICA AMBIENTAL Y GESTIÓN DEL RIESGO
- 16. MOVIMIENTOS MASALES**
- 16.1 PARAMETROS Y PROCESOS DE INESTABILIDAD
- 16.2 CAUSAS Y FACTORES DE LA INESTABILIDAD
- 16.3 EVALUACION DE LA ESTABILIDAD
- 16.4 CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS MOVIMIENTOS DE MASAS
- 16.5 LA SITUACION EN COLOMBIA
- 16.6 EVALUACION DEL RIESGO
- 16.7 LAS AMENAZAS NATURALES EN COLOMBIA
- 16.8 MANIZALES, CIUDAD DE LADERAS
- 17. AGUAS SUPERFICIALES**
- 17.1 EL MAR
- 17.2 ATMOSFERA E HIDRÓSFERA
- 17.3 CORRIENTES SUPERFICIALES
- 17.4 DINAMICA FLUVIAL
- 17.5 MORFOLOGIA Y RED DE DRENAJE
- 17.6 PRINCIPALES RIOS DE COLOMBIA
- 17.7 MOHÁN: SIN BOGAS ¿PA' ONDE VA EL RÍO?
- 17.8 DESDE LOS ANDES AL ORINOCO Y AL AMAZONAS
- 18. AGUAS SUBTERRANEAS**
- 18.1 PROCEDENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
- 18.2 DINAMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
- 18.3 FACTORES DEL MOVIMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS
- 18.4 MANTOS
- 18.5 PAISAJE KARSTICO

- 18.7 NUESTRAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
- 19. GLACIARES Y DESIERTOS**
- 19.1 GLACIARES
- 19.2 EROSION GLACIAR
- 19.3 TEORIA DE LA GLACIACION MULTIPLE
- 19.4 EL VIENTO
- 19.5 DESIERTOS
- 19.6 EROSIÓN EN EL DESIERTO
- 19.7 DESIERTOS EN AMERICA
- 19.8 GOBERNANZA FORESTAL PARA LA ECORREGIÓN ANDINA DE COLOMBIA
- 19.9 CLIMA EXTREMO, DESASTRES Y REFUGIADOS
- 20. GEOMORFOLOGIA**
- 20.1 LA GEOMORFOLOGIA COMO CIENCIA
- 20.2 CLAVES DE FOTOINTERPRETACION
- 20.3 GENERALIDADES DEL AREA DE MANIZALES Y CHINCHINA
- 20.4 PERFIL AMBIENTAL DE MANIZALES Y SU TERRITORIO
- 20.5 OPCIONES DE CALDAS EN MEDIO AMBIENTE, CULTURA Y TERRITORIO

**ANEXOS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS**

**BIBLIOGRAFIA**

**AUTOR**

**ANEXOS**

<p>Anexo 1: <b>Agua y Clima</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/</a></p> <p>Anexo 2: <b>Calentamiento global en Colombia</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/">http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/</a></p> <p>Anexo 3: <b>Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz - Tolima</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/">http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/</a></p> <p>Anexo 4: <b>Economía para el constructor</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/</a></p> <p>Anexo 5: <b>Gestión del riesgo</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/">http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/</a></p> <p>Anexo 6: <b>Geotecnia para el trópico andino</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/">http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/</a></p>	<p>Anexo 7: <b>La Luna</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/</a></p> <p>Anexo 8: <b>¿Para dónde va el Magdalena?</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/</a></p> <p>Anexo 9: <b>Túnel Manizales</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/</a></p> <p>Anexo 10: <b>UMBRA: La Ecorregión Cafetera en los mundos de Samoga</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/">http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/</a></p> <p>Anexo 11: <b>Mecánica de los suelos</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/</a></p> <p>El Autor: <b>Gonzalo Duque-Escobar</b></p>
--	--

**ANEXOS:****Anexo 1**

**Agua y Clima:** La Encíclica Laudato Si' al ocuparse de las problemáticas del calentamiento global con sus eventos climáticos extremos y de la crisis del agua, nos invita a reflexionar sobre las consecuencias ambientales de un modelo de desarrollo deshumanizado, soportado en el consumo, que al instrumentalizar la naturaleza para explotarla y favorecer la ocupación conflictiva del territorio, avanza sobre los ecosistemas estratégicos atentando contra la vida y generando graves consecuencias sociales, ambientales y económicas. Veamos el caso de Colombia donde urgen la presencia del Estado y el compromiso de la sociedad para desarrollar acciones estructurales soportadas en políticas públicas y de ordenamiento territorial, y en estrategias de participación social, de educación y de apoyo sectorial para avanzar en la solución de los grandes conflictos ambientales del país. <http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/1/elcuidadodelacasacomun.pdf>

**Anexo 2**

**Calentamiento global en Colombia:** En atención a los conocidos eventos invernales que asolan la geografía nacional, me he permitido adaptar este material sobre los efectos del Calentamiento global para el caso de Colombia, a partir de una conferencia que titulara Cambio climático y turismo en Colombia (2008), como una colaboración de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales para conmemorar el Día Mundial del Medio Ambiente, invitando a reflexionar sobre la importancia de la adaptación ambiental. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/1/gonzaloduqueescobar.201138.pdf>

**Anexo 3**

**Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz – Tolima:** La subregión Centro Sur de Caldas habitada por 500 mil habitantes de cinco municipios, se localiza en el entorno NW del segmento volcánico más septentrional de la Cordillera Central de los Andes colombianos, donde aparecen los volcanes Cerro Bravo, Nevado del Ruiz, Nevado de Santa Isabel, Nevado del Tolima y Cerro Machín. Como respuesta al valioso aporte de los científicos del Observatorio Vulcanológico de Manizales adscrito a Ingeominas, el modelo de ocupación del territorio en esta fracción de la ecorregión cafetera, debe responder ejemplarmente a los desafíos ambientales por el riesgo volcánico que aquí se presenta. <http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/1/gonzaloduqueescobar.201320.pdf>

**Anexo 4**

**Economía para el constructor:** Fundamentos de economía para el sector de la construcción: conceptos básicos de economía general; la macroeconomía, el circuito económico y la teoría del equilibrio económico; la microeconomía, las clases de mercado y el óptimo de la producción. La Economía se ocupa del uso racional de los recursos, para que una cantidad de recursos aplicados produzca la máxima satisfacción, o para que una cantidad de satisfacción derive del mínimo uso de recursos posibles. La macroeconomía estudia el funcionamiento de toda la economía, donde no necesariamente el estudio del equilibrio general requiere un modelo macroeconómico. La microeconomía se ocupa del modo en que toman las decisiones los consumidores y las empresas, y de la forma en que interactúan en determinados mercados. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/1/gonzaloduqueescobar.20073pdf.pdf>

**Anexo 5**

**Gestión del Riesgo:** Temas asociados a la gestión integral del riesgo, caso Manizales, de interés para la ecorregión cafetera y Colombia. Contiene una descripción de los aspectos geofísicos de los Andes de Colombia y zonas de niveles de amenaza frente a sismos, erupciones volcánicas, inundaciones y eventos extremos por el calentamiento global, consecuencia de cambio climático; la problemática ambiental y la amenaza sísmica y volcánica en zonas andinas, aludiendo de paso a las fuentes sísmicas y volcanes del Eje Cafetero; la catástrofe causada por el sismo de 1999 en el Eje Cafetero; anotaciones sobre riesgo, amenaza y vulnerabilidad,

probabilidad de falla de obras civiles expuestas a la amenaza hidrogeológica asociada a eventos climáticos extremos; y anotaciones sobre las políticas públicas ambientales, la adaptación al cambio climático y el papel de los bosques en la cultura del agua, a la luz de las enseñanzas de eminente ambientalista Gustavo Wilches Chau.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/1/gestiondelriesgo.anexo.pdf>

#### Anexo 6

**Geotecnia para el trópico andino:** A continuación esta herramienta virtual que esperamos resulte de utilidad para ser aplicada en la ingeniería del suelo de la zona tropical andina de Colombia, dado que se ha concebido en el marco de la práctica geotécnica sobre la Ecorregión Cafetera de Colombia. Su destino, primero, los Cursos a cargo de sus autores en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, y segundo, los profesionales de la ingeniería, la arquitectura, la construcción y áreas afines, de los países latinoamericanos. Coautoría con Carlos Enrique Escobar Potes. <http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>

#### Anexo 7

**La Luna:** Datos generales de la Luna, sus movimientos, su importancia y sus características fundamentales como cuerpo celeste y satélite de la Tierra. Las mareas, los calendarios, la exploración, la estructura y la geología lunar. Como conceptos clave, éstos: Luna como satélite, Geología lunar, Las mareas, Eclipses de sol y de luna, Fases de la luna, Origen de la luna, Libraciones lunares, Movimientos de precesión y nutación, Cartografía lunar, El lado oculto de la Luna, Julio Garavito Armero y Tectónica lunar.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/1/gonzaloduqueescobar.20096.pdf>

#### Anexo 8

**¿Para dónde va el Magdalena?:** Algunos elementos sobre logística y transporte verde, preparados a nombre de la SMP-UN, para aportar al conocimiento de las problemáticas sociales, ambientales y económicos del proyecto de navegabilidad del río Magdalena, cuya navegabilidad exige, además de considerar las limitantes ecológicas del río y su lamentable estado relacionado con la deforestación de cuencas como causa estructural y primera de la sedimentación, estructurar un sistema intermodal de transporte de carga para la Región Andina soportado en el modo férreo, dado que de otra manera no tendría sentido invertir en un dragado para la recuperación de la hidrovía como medio para el movimiento de carga a gran escala.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/7/paradondevaelmagdalena.pdf>

#### Anexo 9

**Túnel Manizales:** Estudio de prefactibilidad del Túnel Manizales, una conducción subterránea, de 1850 m de longitud, 2,1 m de diámetro y 150 m de techo máximo, localizado en el sector urbano de Manizales-Villamaría, útil para el trasvase de aguas residuales entre la microcuenca de la quebrada Olivares y la subcuenca del Río Chinchiná, como parte de una consultoría en el marco del proyecto de saneamiento básico del río Chinchiná. El estudio resulta de interés, porque se ocupa del diseño de un túnel transitando macizos de roca blanda, bajo una zona urbana, investiga y resuelve la geología, clasifica los macizos rocosos, estima la litología y estructuras probables entre los portales y a lo largo del corredor a partir de información secundaria y del levantamiento de los portales, y evalúa la etapa de prospección indirecta y directa por métodos geofísicos y perforaciones exploratorias complementarias, además de los costos del proyecto.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/1/gonzaloduqueescobar.20107.pdf>

#### Anexo 10

**UMBRA: La Ecorregión Cafetera en los Mundos de Samoga:** Se trata del territorio biodiverso, multicultural y mestiza ubicado en el centro-occidente de Colombia, visto a través de sus escenarios culturales, en un contenido temático previamente elaborado que comprende varios elementos de su medio cultural, natural y transformado, con los símbolos y valores que le dan su identidad y definen su paisaje. Este material fruto de una línea de investigación, es un instrumento de la estrategia comunicativa del Museo Interactivo Samoga desarrollado

durante dos lustros, para contribuir a la apropiación social y a forjar la identidad cultural del citado territorio entendido como una construcción social e histórica, y pensado en el marco de la misión de la Universidad Nacional de Colombia.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/>

## Anexo 11

**Mecánica de los suelos:** Texto con coautoría del Profesor Carlos Enrique Escobar Potes para el curso de mecánica de suelos I, que se dicta en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/>

---

### LISTA DE FIGURAS E IMÁGENES

Figura 1	El ciclo de las rocas (dos versiones)	Cap <a href="#">Cap01</a>
Figura 2	Relieve de los Fondos Oceánicos	
<i>Imagen 1:</i>	<i>Mapas Geológico de Colombia, y de Facies y Edad de las Rocas Metamórficas</i>	
<i>Imagen 2:</i>	Deforestación, pobreza, contaminación y desastres, en el caso de Colombia.	
<i>Imagen 3:</i>	Minería ilegal, río Ovejas	
Imagen 4.	El agua en Colombia	
Figura 3	Estados de la materia	<a href="#">Cap02</a>
Figura 4	Los elementos aristotélicos	
Figura 5	Formas de intercambio de energía	
Figura 6	Espectro electromagnético	
Figura 7	Imágenes desde el espacio	
<i>Imagen 5:</i>	Imagen 4: Machu Picchu.	
<i>Imagen 6:</i>	Cambios morfológicos de La Dorada, en 60 años.	
<i>Imagen 7:</i>	Manizales - Estructura Ecológica Principal Urbana.	
Figura 8	Órbita elíptica de un planeta en torno al Sol	<a href="#">Cap03</a>
Figura 9	Diagrama temporal	
<i>Imagen 8:</i>	La historia del Sol en el diagrama H-R y la nucleosíntesis estelar	
<i>Imagen 9:</i>	La Vía Láctea	
<i>Imagen 10:</i>	Magnetósfera terrestre y viento solar	
<i>Imagen 11A:</i>	Albert Einstein y Modelos Cosmológicos Inflacionario y del Big Bang	
<i>Imagen 11B:</i>	Materia oscura y Energía oscura.	
Figura 10	Regiones térmicas de la atmósfera	<a href="#">Cap04</a>
Figura 11	Trayectoria de las ondas sísmicas	
Figura 12	Corte ideal del planeta Tierra	
Figura 13	Modelos isostáticos	
Figura 14	Perfil hipsográfico	
<i>Imagen 12:</i>	Dinámica anual de la Zona de Confluencia Intertropical ITCZ, y pronóstico del incremento de temperaturas a nivel global.	
Imagen 13:	Extensiones y fronteras marítimas de Colombia. Comisiones Colombiana del Océano y Geográfica de Colombia.	
Imagen 14:	Barcos Clases Panamá de 4500 TEU y Suez de 12000 TEU.	
Figura 15	Enlaces	<a href="#">Cap05</a>
Figura 16	Arreglos de átomos de carbono	
Figura 17	Tetraedros de carbono	
Figura 18	Reflexión y refracción de una haz luz	
Figura 19	Ejemplos de cristales sistema por sistema	



<i>Imagen 15:</i>	Mapas Geológico y de Suelos del Departamento de Caldas.	
Figura 20	Vulcanismo en zona magmática interplaca	<a href="#">Cap06</a>
Figura 21	Estructura general de un volcán	
Figura 22	Formación de una caldera	
Figura 23	Desplazamiento transversal de una dorsal	
Figura 24	Proceso volcánico por despresurización de su reservorio	
Figura 25	Proceso volcánico por ascenso de magma	
Figura 26	Cuatro tipos de erupciones en vulcanismo subaéreo	
Figura 27	Plumas eruptivas vertical y de colapso.	
Figura 28	Mapa de Amenazas Potenciales del VN del Ruiz	
<i>Imagen 16:</i>	Lahares asociados al V. N. del Ruiz, de 1595, 1845 y 1985, en Armero.	
Figura 28	Ambientes de formación y texturas	<a href="#">Cap07</a>
Figura 29	Manejo de un diagrama de triple entrada	
Figura 30	Diagrama de Streckeisen	
Figura 31	Paisaje ígneo	
Figura 32	La clasificación de las rocas piroclásticas	
Figura 33	Anexos petrográficos	
<i>Imagen 17A.</i>	Fotografía del Volcán Nevado del Ruiz, por Jaime Duque Escobar	
<i>Imagen 17B.</i>	Cráter Arenas del Volcán Nevado del Ruiz. Ingeominas	
<i>Imagen 18.</i>	Extensión espacial de los eventos del V. N. del Ruiz en 1985.	
<i>Imagen 19.</i>	Versión preliminar del mapa de amenazas. Ingeominas y U. de C.	
<i>Imagen 20.</i>	Armero 1985. en armeroguayabal-tolima.gov.co	
<i>Imagen 21.</i>	Armero, antes y después del desastre, en UN-Periódico	
Figura 34	Procesos de agradación y degradación de la corteza	<a href="#">Cap08</a>
Figura 35	Formación de un peñasco esferoidal	
Figura 36	Bloque fracturado merced a un sistema de diaclasas	
Figura 37	Raíz de una planta formando arcillas	
Figura 38	Representación simbólica de las arcillas	
Figura 39	Etapas y procesos en la formación del suelo	
Figura 40	Depósitos sedimentarios con clastos	
Figura 41	Otros depósitos sedimentarios	
Figura 42	Perfil de un suelo	
<i>Imagen 22:</i>	Mapa de Suelos en Colombia	
<i>Imagen 23:</i>	Inundaciones en la región del Atlántico y sequías en la región del Casanare	
Figura 43	Ambientes sedimentarios	<a href="#">Cap09</a>
Figura 44	Estratificación cruzada	
Figura 45	Representación de una estructura sedimentaria	
Figura 46	Costos y rendimientos de diferentes métodos de prospección	
<i>Imagen 24:</i>	Distritos carboníferos y reservas medidas de carbón en Colombia	
Figura 47	Correlación de eventos con base en tres columnas estratigráficas	<a href="#">Cap10</a>
Figura 48	Registros fósiles	
<i>Imagen 25:</i>	Geología de los Andes de Colombia	
<i>Imagen 26:</i>	Amenazas por Flujos Piroclásticos de Cerro Bravo	
Figura 49	Esfuerzos y deformaciones de un cuerpo por cargas externas	
Figura 50	Carga creciente instantánea y carga constante prolongada	<a href="#">Cap11</a>
Figura 51	Bloque sometido a compresión	
Figura 52	Relaciones esfuerzo-deformación de las rocas	
Figura 53	Partes de un pliegue	
Figura 54	Tipos de pliegues	
Figura 55	Partes de una falla	
Figura 56	Tipos de fallas	

Figura 57	Otros tipos de fallas	
Figura 58	Sistemas compuestos de fallas	
Figura 59	Discordancia	
Figura 60	Discordancia entre cinco unidades litológicas	
Figura 61	Correlación entre formaciones ígneas y sedimentarias	
Figura 62	Correlación entre eventos tectónicos	
Figura 63	Mapa estructural de Colombia	
<i>Imagen: 27.</i>	Mapa tectónico estructural, del Occidente de Colombia.	
<i>Imagen: 28.</i>	Fallas y lineamientos geoestructurales de Manizales, y líneas de drenaje	
Figura 64	Diagrama estructural de la región	
Figura 65	Túnel en un macizo afectado por una intrusión	<a href="#">Cap12</a>
<i>Imagen 29:</i>	Pronósticos del ENSO a 5-10-2015, y ENSO entre 1950 y 2015.	
Figura 66	Profundidad de una galería	
Figura 67	Clasificación ingenieril de roca intacta según Deere	
Figura 68	Fallas de un talud de roca	
Figura 69	Estratificación y esquistosidad en el caso de un túnel	
Figura 70	Volcamiento y deslizamiento de bloques en un macizo	
Figura 71	Aptitud de una estructura geológica y la dirección de un túnel	
Figura 72	Estabilidad de cuñas de roca	
Figura 73	Galería rectangular con fuerte anisotropía estratigráfica	
Figura 74	Plano inclinado	
Figura 75	Proyección del plano estructural	
Figura 76	Tipos de proyecciones	
Figura 77	Plano estructural, horizonte y polo	
Figura 78	Plano estructural $K = (N \phi E: \alpha SE)$	
Figura 79	Representación del plano de falla K (N 60° W; 30° SW)	
Figura 80	Ejemplos numéricos de equivalencias entre dos notaciones	
Figura 81	Inestabilidad cinemática con una familia de discontinuidades	
Figura 82	Inestabilidad cinemática con dos familias de discontinuidades	
<i>Imagen 30:</i>	Tunelado por el Stock Manizales	
<i>Imagen 31:</i>	Litología del área Ruiz-Cerro Bravo	
<i>Imagen 32:</i>	Túnel Cumanday de 17 km entre Brasil y Mangabonita	
<i>Imagen 33:</i>	Ruta del Ferrocarril Cafetero.	
<i>Imagen 34:</i>	Corredor Bimodal Cafetero	
Figura 83	Metamorfismo progradante	<a href="#">Cap13</a>
Figura 84	Esquema de Turner (1968)	
Figura 85	Acerca de las fábricas texturales	
<i>Imagen 35:</i>	Distribución de las áreas geográficas con rocas metamórficas en Colombia.	
<i>Imagen 36:</i>	Ciénaga Grande de Santa Marta, litoral del delta del río Mira y Charca de Guarinocito	
<i>Imagen 37:</i>	Páramos en la Ecorregión Cafetera:	
<i>Imagen 38:</i>	Estructura Fisiográfica de la Ecorregión Cafetera	
Figura 86	Tipos de montañas según su origen	<a href="#">Cap14</a>
Figura 87	Magnetismo fósil en el fondo oceánico	
Figura 88	Colisión entre placa continental y placa oceánica	
Figura 89.	Placas principales y sus límites	
Figura 90	La Deriva Continental en el marco de los Andes	
<i>Imagen 39</i>	Mapa de los terrenos geológicos de Colombia	
<i>Imagen 40</i>	Coberturas: Usos potenciales del suelo y Ecosistemas actuales de la Ecorregión Cafetera.	
Figura 91	Teoría del rebote elástico	<a href="#">Cap15</a>

Figura 92	Parámetros de un sismo	
Figura 93	Maremoto	
Figura 94	Ondas sísmicas	
Figura 95	Esquema de un sismógrafo	
Figura 96	Sismograma	
Figura 97	Sismo por corrimiento	
Figura 98	Espectro de respuesta a un sismo	
Figura 99	Zonas de riesgo y fuentes sismotectónicas en Colombia	
<i>Imagen 41:</i>	Mapa no oficial de Amenaza Sísmica para Colombia, y Espectros de amenaza y de aceleración en la Microzonificación Sísmica para Manizales,	
<i>Imagen 42:</i>	Zonificación de Manizales según Cimoc (Der); y Espectros de diseño y espesores de suelos en Manizales (Der).	
Figura 100	Perfil idealizado de una ladera	<a href="#"><u>Cap16</u></a>
Figura 101	Fallas en suelos	
Figura 102	Falla de un talud friccionante	
Figura 103	Falla de un talud cohesivo	
Figura 104	Grano de arena en equilibrio crítico sobre un talud	
Figura 105	Selección de la ladera adecuada	
Figura 106	Evaluación del riesgo sísmico	
<i>Imagen 43:</i>	Mapa de amenaza por deslizamiento, en Manizales	
Figura 107	Corrientes oceánicas	<a href="#"><u>Cap17</u></a>
Figura 108	Fondo del mar	
Figura 109	Ciclo hidrológico	
Figura 110	Sistema de drenaje	
Figura 111	Perfil longitudinal de una corriente	
Figura 112	Curva de Hjulstrom	
Figura 113	Deltas de una corriente	
Figura 114	Abanicos aluviales	
Figura 115	Formación de un valle	
Figura 116	Formación de una terraza aluvial	
Figura 117	Corrientes aluviales	
Figura 118	Líneas de flujo en una corriente	
Figura 119	Velocidad terminal de una partícula	
Figura 120	Meandros en cause sinuoso y corriente rápida	
Figura 121	Canales para tratamientos de aguas en ladera	
Figura 122	Defensas de las riveras de un río	
Figura 123	Formas de drenaje	
Figura 124	Tipos de corriente	
<i>Imagen 44:</i>	Dinámica del meandro Conejo en La Dorada.	
<i>Imagen 45:</i>	Champanes, vapores y convoyes por el Magdalena	
<i>Imagen 46:</i>	Cuencas del Orinoco en <a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a> y del Amazonas en <a href="http://edu.ar">edu.ar</a>	
Figura 125	Curva de rocío	<a href="#"><u>Cap18</u></a>
Figura 126	Nivel freático regional	
Figura 127	Esquema del nivel freático	
Figura 128	Meniscos	
Figura 129	Variaciones en la porosidad de la arena	
Figura 130	La Ley de Darcy	
Figura 131	Acuíferos y nivel piezométrico	
Figura 132	Acuíferos especiales	
Figura 133	Esquema del NAF en un macizo	
Figura 134	Corriente subterránea de un torrente	

Figura 135	Pozos en acuífero libre	
Figura 136	Pozo en acuífero confinado	
Figura 137	Paisaje kárstico	
<i>Imagen 47:</i>	Mapas de aridez, regulación hídrica y zonificación hidrológica de Colombia	
Figura 138	Estructura de un glaciar	<a href="#"><u>Cap19</u></a>
Figura 139	Nieve, neviza y hielo	
Figura 140	Glaciares de montaña	
Figura 141	Movimiento de partículas en el glaciar	
Figura 142	Morfología glaciar	
Figura 143	Formación de una marmita	
Figura 144	Modelado del paisaje glaciar	
Figura 145	Glaciaciones del pleistoceno	
Figura 146	Efecto multiplicador de un deshielo o un calentamiento	
Figura 147	Esquema de la máquina atmosférica del planeta	
Figura 148	Circulación de los vientos en dos temporadas	
Figura 149	Formación de un ventifacto	
Figura 150	Formación de una cuenca de deflación	
Figura 151	Pedestales	
Figura 152	Barján y duna en U	
Figura 153	Dinámica de las dunas	
Figura 154	Evolución del paisaje húmedo y seco	
<i>Imagen 48:</i>	Selva tropical andina y Guadual de la ecorregión cafetera	
<i>Imagen 49:</i>	Sequía en el Cuerno de África y Tsunami de Japón, año 2011.	
<i>Imagen:50</i>	Evolución Observada y Modelada de la Temperatura Global, 1951-2013.	
Figura 155	Paisaje con diferentes tipos pétreos	<a href="#"><u>Cap20</u></a>
Figura 156	Geoformas en rocas sedimentarias	
Figura 157	Morfología para diagnóstico	
Figura 158	Perfil morfoestructural	
<i>Imagen 51:</i>	La cuenca del Chinchiná en el territorio de la Ecorregion Cafetera.	
<i>Imagen 52:</i>	Manizales, "Plaza del Libertador 1923". Centro de Historia de Manizales.	
<i>Imagen 53:</i>	Iconografía del territorio en los Mundos de Samoga	

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Las fuerzas de la naturaleza	<a href="#"><u>Cap02</u></a>
Cuadro 2	Distancia a los planetas en unidades astronómicas	<a href="#"><u>Cap03</u></a>
Cuadro 3	Las atmósferas y las gravedades de los cuerpos del sistema solar	
Cuadro 4	La composición del agua del mar	<a href="#"><u>Cap04</u></a>
Cuadro 5	Elementos más abundantes en la Tierra	<a href="#"><u>Cap05</u></a>
Cuadro 6	Tipos de erupción volcánica	<a href="#"><u>Cap06</u></a>
Cuadro 7	Serie de reacciones de Bowen	<a href="#"><u>Cap07</u></a>
Cuadro 8	Cuadro simplificado de las rocas ígneas	
Cuadro 9	Resistencia de algunas rocas en Kg/cm <sup>2</sup>	<a href="#"><u>Cap08</u></a>
Cuadro 10	Tamaños típicos de partículas y fragmentos de suelo	
Cuadro 11	Símbolos para la representación litológica de las principales rocas	<a href="#"><u>Cap09</u></a>
Cuadro 12	Proceso de formación de las rocas sedimentarias	
Cuadro 13	Las rocas sedimentarias	
Cuadro 14	Edades radiométricas en el departamento de Caldas	<a href="#"><u>Cap10</u></a>
Cuadro 15	Escala de tiempo geológico	
Cuadro 16	Tipos principales de discontinuidades en macizos rocosos	
Cuadro 17	Rocas metamórficas	

Cuadro 18	Textura y fábrica del material rocoso	<a href="#">Cap13</a>
Cuadro 19	Fases de plegamiento en América	<a href="#">Cap14</a>
Cuadro 20	Procesos de erosión hídrica e inestabilidad	<a href="#">Cap16</a>
Cuadro 21	Perfil de un suelo residual	
Cuadro 22	Clasificación de los movimientos de suelos y rocas en regiones tropicales	
Cuadro 23	Origen de las aguas subterráneas	<a href="#">Cap18</a>
Cuadro 24	Claves fotogeológicas	<a href="#">Cap20</a>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Lista de constantes fundamentales y magnitudes derivadas	<a href="#">Cap02</a>
Tabla 2	Escalas de estructuras	
Tabla 3	Escala de energía involucrada en diferentes fenómenos	
Tabla 4	Componentes del aire seco al nivel del mar	<a href="#">Cap04</a>
Tabla 5	Estructura de la Tierra	
Tabla 6	Composición promedia de la corteza, del manto y del planeta Tierra	
Tabla 7	Escala de Mohs	<a href="#">Cap05</a>
Tabla 8	Peso específico y dureza de algunos minerales	
Tabla 9	Ejemplos de silicatos	
Tabla 10	Ejemplos de óxidos	
Tabla 11	Ejemplos de sulfuros	
Tabla 12	Ejemplos de carbonatos	
Tabla 13	Ejemplos de sulfatos	
Tabla 14	Las menas más importantes	
Tabla 15	Serie del uranio 238	<a href="#">Cap10</a>
Tabla 16	Contenido radiactivo y calor liberado	
Tabla 17	Comparación entre varios tipos de desastres naturales	<a href="#">Cap15</a>
Tabla 18	Valoración de parámetros para la microzonificación	
Tabla 19	Diferencia entre reptamiento y deslizamiento	<a href="#">Cap16</a>
Tabla 20	Componentes disueltos en el agua de mar	<a href="#">Cap17</a>
Tabla 21	Principales ríos del mundo con su cuenca	

## ANEXOS

### Anexo 1: Agua y Clima

<http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/>

### Anexo 2: Calentamiento global en Colombia

<http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/>

### Anexo 3: Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz - Tolima

<http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/>

### Anexo 4: Economía para el constructor

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/>

### Anexo 5: Gestión del riesgo

<http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/>

### Anexo 6: Geotecnia para el trópico andino

<http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>

### Anexo 7: La Luna

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/>

### Anexo 8: ¿Para dónde va el Magdalena?

<http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/>

### Anexo 9: Túnel Manizales

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/>

### Anexo 10: UMBRA: La Ecorregión Cafetera en los mundos de Samoga

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/>

### Anexo 12: Mecánica de los suelos

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/>

**El Autor:** Gonzalo Duque-Escobar

## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

### [Cap01](#) **Introducción a la geología** <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **Ciencias naturales y CTS.**

Ver: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1584/1/cts-ondas.pdf>

#### **Ciencia y tecnología en la sociedad del conocimiento.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5323/1/gonzaloduqueescobar.201176.pdf>

#### **Eje Cafetero: fortaleza minero-industrial y posibilidades agropecuarias.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6656/1/gonzaloduqueescobar.201222.pdf>

#### **Minería: Anotaciones para un crecimiento previsivo y con desarrollo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4200/1/gonzaloduqueescobar.201152.pdf>

#### **Significado y desafíos del regreso del tren**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/54047/1/significadoydesafiosdelregresodeltren.pdf>

### **PACHAMAMA: EL MUNDO DE LA TIERRA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/2/mundodelatierra.pdf>

### [Cap02](#) **Materia y Energía** <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **Territorio y Región: Caldas en la Ecorregión Cafetera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39441/1/gonzaloduqueescobar.201425.pdf>

#### **El Universo acelerado.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4878/1/gonzaloduqueescobar.201169.pdf>

#### **El Bosón de Higgs.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7037/1/gonzaloduqueescobar.201231.pdf>

#### **Integración del mar de Balboa.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9423/1/gonzaloduqueescobar.201316.pdf>

#### **El desarrollo urbano y económico de Manizales.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50922/1/eldesarrollourbanoyeconomicodemanzales.pdf>

### **BACHUÉ: EL MUNDO DEL AGUA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/3/mundodelagua.pdf>

### [Cap03](#) **El sistema Solar** <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **La astronomía en Colombia: perfil histórico.**

Ver en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/1703/4/gonzaloduqueescobar.20097\\_parte2.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1703/4/gonzaloduqueescobar.20097_parte2.pdf)

#### **Descubrir el Universo desde Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1588/1/gonzaloduqueescobar.2009.pdf>

#### **Caldas, el precursor de la ciencia neogranadina.**

Ver en <http://www.bdigital.unal.edu.co/54140/1/caldaselprecursordelaciencianeogranadina.pdf>

**Julio Garavito Armero (1865-1920)** Ver en:

[https://godues.wordpress.com/2007/10/02/la-astronomia-en-colombia-julio-garavito-armero-partes-4-y-5-de-5/Cultura & Astronomía.](https://godues.wordpress.com/2007/10/02/la-astronomia-en-colombia-julio-garavito-armero-partes-4-y-5-de-5/Cultura%20y%20Astronomia/)

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12426/1/gonzaloduqueescobar.201416.pdf>

### **YURUPARÍ: EL MUNDO DEL AIRE**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/4/mundodelaire.pdf>

#### **Cap04 La Tierra sólida y fluida**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Las Cuatro Estaciones para reflexionar sobre cambio climático.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3470/1/gonzaloduqueescobar.201124.pdf>

**Visión retrospectiva y prospectiva del desarrollo regional.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2400/1/gonzaloduqueescobar.201026.pdf>

**La erosión del suelo y su relación con el agua.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/9/cap8.pdf>

**La sed de los cafetos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48421/2/6.laseddeloscafetos.pdf>

**Una política ambiental pública para Manizales.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6497/1/gonzaloduqueescobar.201217.pdf>

### **CHIMINIGAGUA: EL MUNDO DEL FUEGO**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/8/mundodelfuego.pdf>

#### **Cap05 Los minerales**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Retrospectiva histórica de la minería en Marmato.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5948/1/gonzaloduqueescobar.20129.pdf>

**Anserma puntal del occidente por sus raíces Umbra.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/8012/1/gonzaloduqueescobar.201239.pdf>

**Riosucio mestiza e indígena.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11888/1/gonzaloduqueescobar.201409.pdf>

**Desarrollo y ruralidad en la región cafetalera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5802/1/gonzaloduqueescobar.20126.pdf>

**Ciencias naturales y CTS.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1584/1/cts-ondas.pdf>

### **CHÍA, BOCHICA Y CHIBCHACUM: ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/22/mundosdelaculturalacienciaylatecnologia.pdf>

#### **Cap06 Vulcanismo**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**El Ruiz, amerita medidas de prevención y no pánico**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53983/1/elruizameritamedidasdeprevencion.pdf>

**El Ruiz continúa dando señales...**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53928/1/elruizcontinuadandosenales.pdf>

**En el Volcán Nevado del Huila: incertidumbre y éxodo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1598/1/exodo-huila.pdf>

**Antes que La Colosa a galerizar Cajamarca.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2408/1/gonzaloduqueescobar.201025.pdf>

**Economía verde y economía del conocimiento.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11443/1/gonzaloduqueescobar.201404.pdf>

**VOLCANES...**

<https://godues.wordpress.com/2012/05/13/volcanes/>

**Cap07 Rocas ígneas**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**El territorio del Gran Caldas, “La Tierra del Café”**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/46561/1/elterritoriodelgrancaldas.pdf>

**Un diálogo con el Paisaje Cultural Cafetero PCC.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7038/1/gonzaloduqueescobar.201230.pdf>

**Temas rurales para la ecorregión cafetera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4505/1/gonzaloduqueescobar.201157.pdf>

**Relevancia del Ferrocarril Cafetero por Caldas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12525/1/gonzaloduqueescobar.201417.pdf>

**Gestión del riesgo natural y el caso de Colombia.**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1699/1/gonzaloduqueescobar.20089.pdf>

**GUÍA ASTRONÓMICA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1700/>

**Cap08 Intemperismo ó meteorización**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Origen, formación y constitución del Suelo. Las arcillas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/2/cap1.pdf>

**Relaciones granulométricas y de volumen en un suelo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/3/cap2.pdf>

**Estructura del suelo y granulometría.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/4/cap3.pdf>

**Consistencia y plasticidad de los suelos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/5/cap4.pdf>

**Clasificación ingenieril del suelo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/6/cap5.pdf>

**ASUNTOS DEL CLIMA ANDINO EN COLOMBIA**

<https://godues.wordpress.com/2011/11/08/asuntos-del-clima-andino-en-colombia/>

**Cap09 Rocas sedimentarias**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Sistema Bimodal Cafetero: ferrocarril y carretera para la Región Andina.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39715/1/gonzaloduqueescobar.201429.pdf>



**Dinámicas y contra rumbos del desarrollo urbano.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/43092/1/gonzaloduqueescobar.201442.pdf>

**Eje Cafetero: elementos para una visión prospectiva.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10948/1/gonzaloduqueescobar.201336.pdf>

**Medio ambiente, mercado y Estado.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12360/1/gonzaloduqueescobar.201414.pdf>

**Desarrollo energético y clima salvaje.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/46530/1/desarrolloenergeticoyclimasalvaje.pdf>

**TEMAS VERDES PARA LA ECORREGIÓN CAFETERA**

<https://godues.wordpress.com/2015/06/21/temas-verdes-para-la-ecorregion-cafetera/>

**Cap10 Tiempo geológico**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Isaac Newton.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1668/1/gonzaloduqueescobar.20098.pdf>

**Albert Einstein.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50753/1/alberteinstein.pdf>

**Stephen Hawking.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1686/1/gonzaloduqueescobar.20093.pdf>

**El camino a las estrellas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1591/1/elcaminoalasestrellas.pdf>

**Honda - La Dorada: potencial nodo intermodal.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53172/1/hondaladoradapotencialnodointermodal.pdf>

**GUERRA O PAZ, Y DISFUNCIONES SOCIO-AMBIENTALES EN COLOMBIA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/53714/1/guerraopazencolombia.pdf>

**Cap11 Geología estructural**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Objeción a una explotación minera en Planalto.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9118/1/gonzaloduqueescobar.20135.pdf>

**Colombia mira a la Cuenca del Pacífico.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4102/1/gonzaloduqueescobar.201151.pdf>

**Ferrocarril Interoceánico Verde para Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11520/1/gonzaloduqueescobar.201402.pdf>

**Centenario “canalero”.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39422/1/gonzaloduqueescobar.201423.pdf>

**Impactos del nuevo Canal de Panamá.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53095/1/impactosdelnuevocanaldepanama.pdf>

**FERROCARRIL INTEROCEÁNICO VERDE PARA COLOMBIA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/11520/1/gonzaloduqueescobar.201402.pdf>

**Cap12 Macizo rocoso**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Compactación de suelos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/15/cap14.pdf>

**Consolidación de suelos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/10/cap9.pdf>

**Triaxial y envolvente de falla.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/14/cap13.pdf>

**Pacífico Colombiano.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/52158/1/pacificocolombiano.pdf>

**Nuevo Túnel Cumanday, bimodal y competitivo**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39638/1/gonzaloduqueescobar.201427.pdf>

**TÚNELES: VIDEOS Y DOCUMENTOS**

<https://godues.wordpress.com/2014/01/04/tuneles-videos-y-documentos/>

**Cap13 Rocas Metamórficas**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Esfuerzos en el Suelo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/11/cap10.pdf>

**Eje Cafetero y Transporte Intermodal.**

Ver en: <https://godues.wordpress.com/2016/03/08/eje-cafetero-y-transporte-intermodal/>

**Impacto por la multimodal en el Magdalena Centro.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/42001/1/gonzaloduqueescobar.201439.pdf>

**Vías lentas en el corazón del Paisaje Cultural Cafetero.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5465/1/gonzaloduqueescobar.201180.pdf>

**Planteamiento y solución a un problema topográfico: problema "ALEPH".**

Ver en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/1672/1/aleph\\_gde.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1672/1/aleph_gde.pdf)

**LEGALIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LA GUADUA EN LA ECORREGIÓN CAFETERA**

<https://drive.google.com/file/d/0Bz0MIJ0BciGtNEVtbzg2al85QU0/view>

**Cap14 Montañas y teorías orogénicas**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Esfuerzo cortante en suelos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/13/cap12.pdf>

**Teoría del círculo de Mohr.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/12/cap11.pdf>

**Amenazas naturales en los Andes de Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1579/1/amn-and-colombia.pdf>

**Oro de Marmato: miseria o desarrollo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3404/1/gonzaloduqueescobar201120.pdf>

**Subregiones del departamento de Caldas: Perfiles.**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/52131/1/subregionesdecaldas.pdf>

**CONTROL Y VIGILANCIA FORESTAL EN LA REGIÓN PACÍFICA Y ANDINA**

<https://drive.google.com/file/d/0Bz0MIJ0BciGteHN3VU1aUEInck/view>

**Cap15 Sismos**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Anotaciones sobre el riesgo sísmico en Manizales.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5949/1/gonzaloduqueescobar.201210.pdf>

**Un tinto para la reconstrucción del Eje Cafetero.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/46005/1/gonzaloduqueescobar.201452.pdf>

**Sismo, bahareque y laderas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/48493/1/sismobaharequeladeras.pdf>

**No hay más terremotos, simplemente desastres más grandes.**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/47415/1/nohaymasterremotosimplementedesastresmasgrandes.pdf>

**Aprendiendo del sismo de Honshu, Japón.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3304/1/gonzaloduqueescobar.201115.pdf>

**ELEMENTOS PARA UNA VISIÓN ESTRUCTURADA DEL DESARROLLO DE CALDAS.**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/44850/1/elementosparaunavisiondecaldas.pdf>

**Cap16 Movimientos masales**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**Geotecnia y medio ambiente.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1704/1/geotecniayma.pdf>

**Manizales: un diálogo con su territorio.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12209/1/gonzaloduqueescobar.201411.pdf>

**Geomecánica de las laderas de Manizales.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1603/1/gonzaloduqueescobar.200916.pdf>

**Inestabilidad de laderas en el trópico andino - Caso Manizales.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6655/1/gonzaloduqueescobar.201223.pdf>

**El desastre en el río Mira.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1592/1/gonzaloduqueescobar.200911.pdf>

**IDEAS SUMARIAS SOBRE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA**

<https://godues.wordpress.com/2015/04/03/ideas-sumarias-sobre-proyectos-de-infraestructura/>

**Cap17 Aguas superficiales**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

**El territorio como sujeto en el contexto del Magdalena Centro.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5705/1/gonzaloduqueescobar.20123.pdf>

**Aerocafé: consideraciones técnico-económicas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/42598/1/gonzaloduqueescobar.201440.pdf>

**Una salida al mar para el occidente colombiano.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1690/1/gonzaloduqueescobar.200910.pdf>

**El Ferrocarril Cafetero para la competitividad de Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45950/13/gonzaloduqueescobar.201451.pdf>

**Anotaciones a las vías de Caldas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/51487/1/ anotacionesalaviasdecaldas.pdf>

## **ASPECTOS GEOFÍSICOS DE LOS ANDES DE COLOMBIA**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1580/2/gonzaloduqueescobar.200915.pdf>

### **Cap18 Aguas subterráneas**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **Capilaridad. Propiedades hidráulicas de los suelos.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/7/cap6.pdf>

#### **Caldas en la biorregión cafetera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45356/1/gonzaloduqueescobar.201447.pdf>

#### **Ciencia, tecnología y ruralidad en el POT de Caldas.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9875/1/gonzaloduqueescobar.201327.pdf>

#### **Bosques en la Cultura del Agua.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3591/1/gonzaloduqueescobar.201133.pdf>

#### **Reconstrucción con adaptación al cambio climático en Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2633/1/gonzaloduqueescobar.201027.pdf>

## **GEOTECNIA PARA EL TRÓPICO ANDINO**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>

### **Cap19 Glaciares y desiertos**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **Redes de flujo.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/8/cap7.pdf>

#### **Bioturismo y adaptación ambiental para la Ecorregión Cafetera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4645/1/gonzaloduqueescobar.201162.pdf>

#### **Ecoparques turísticos: nodos para articular cultura y biósfera.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3631/1/gonzaloduqueescobar.201135.pdf>

#### **De la Cumbre de Durban al desastre de Colombia.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5511/1/gonzaloduqueescobar.201182.pdf>

#### **Magdalena Centro como nodo andino intermodal.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/54142/7/magdalencentrocomonodoandinointermodal.pdf>

## **SEIS DIÁLOGOS CON EL TERRITORIO**

<https://godues.wordpress.com/2012/05/13/seis-dialogos-con-el-territorio-abril-de-2012/>

### **Cap20 Geomorfología**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

#### **Riesgo en zonas de montaña por laderas inestables y amenaza volcánica.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45902/13/gonzaloduqueescobar.201450.pdf>

#### **El modelo de ocupación urbano - territorial de Manizales.** Ver en:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/51221/1/elmodelodeocupacionurbanoterritorialdemanizales.pdf>


#### **Plusvalía, desarrollo urbano y mercado.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53796/1/plusvaliadesarrollourbanoymercado.pdf>

#### **El futuro de la ciudad.**

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/51085/1/elfuturodelaciudad.pdf>



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (1867-2017)</p>  <p>MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS</p> <p>Gonzalo Duque-Escobar</p> <p>MANIZALES, 2016</p> <p><a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/</a></p>	
<p><a href="#">Presentación</a> <a href="#">Contenido</a> <a href="#">Cap01</a> Ciclo geológico <a href="#">Cap02</a> Materia y Energía <a href="#">Cap03</a> El sistema Solar <a href="#">Cap04</a> La Tierra sólida y fluida <a href="#">Cap05</a> Los minerales <a href="#">Cap06</a> Vulcanismo <a href="#">Cap07</a> Rocas ígneas <a href="#">Cap08</a> Intemperismo ó meteorización <a href="#">Cap09</a> Rocas sedimentarias <a href="#">Cap10</a> Tiempo geológico</p>	<p><a href="#">Cap11</a> Geología estructural <a href="#">Cap12</a> Macizo rocoso <a href="#">Cap13</a> Rocas Metamórficas <a href="#">Cap14</a> Montañas y teorías orogénicas <a href="#">Cap15</a> Sismos <a href="#">Cap16</a> Movimientos masales <a href="#">Cap17</a> Aguas superficiales <a href="#">Cap18</a> Aguas subterráneas <a href="#">Cap19</a> Glaciares y desiertos <a href="#">Cap20</a> Geomorfología <a href="#">Lecturas complementarias</a> <a href="#">Bibliografía</a></p>
<p>Anexo 1: <b>Agua y Clima</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/54046/</a> Anexo 2: <b>Calentamiento global en Colombia</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/">http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/</a> Anexo 3: <b>Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz - Tolima</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/">http://www.bdigital.unal.edu.co/9484/</a> Anexo 4: <b>Economía para el constructor</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1698/</a> Anexo 5: <b>Gestión del riesgo</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/">http://www.bdigital.unal.edu.co/47341/</a> Anexo 6: <b>Geotecnia para el trópico andino</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/">http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/</a></p>	<p>Anexo 7: <b>La Luna</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1663/</a> Anexo 8: <b>¿Para dónde va el Magdalena?</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/51046/</a> Anexo 9: <b>Túnel Manizales</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/">http://www.bdigital.unal.edu.co/2046/</a> Anexo 10: <b>UMBRA: La Ecorregión Cafetera en los mundos de Samoga</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/">http://www.bdigital.unal.edu.co/50853/</a> Anexo 11: <b>Mecánica de los suelos</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/</a> . <a href="#">El Autor:</a> Gonzalo Duque-Escobar</p>
<p><b>HOME:</b> <a href="http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/">http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/</a></p>	