



El rayo y el relámpago. Gordon Garrad .Science P.L.

# MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS

## Cap 02

### MATERIA Y ENERGÍA

GONZALO DUQUE ESCOBAR

## 2.1 INTRODUCCION

El estado físico de los cuerpos desde el punto de vista clásico, es: sólido, líquido y gaseoso.

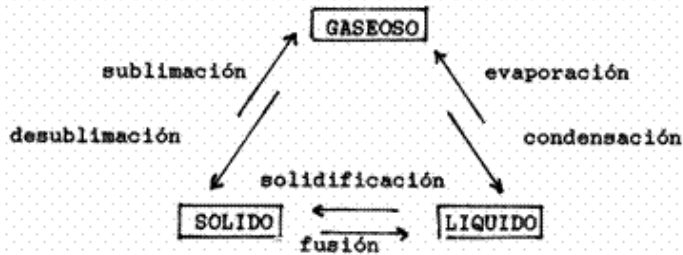


Figura 3. Estados de la materia. El cambio de estado recibe los nombres que señala el diagrama. Los estados son tres: sólido, líquido y gaseoso.

En el estado sólido la materia tiene un volumen determinado y una forma fija; en el líquido tiene también volumen fijo pero no así una forma determinada y en el estado gaseoso no tiene volumen fijo ni forma determinada.

Los gases son menos densos que los sólidos y que los líquidos. De manera muy general, el contraste de densidades entre sólidos y líquidos es bajo, permitiendo afirmar que sus densidades son relativamente iguales. Los cambios de fase entre los diferentes estados son los de la figura 3.

**2.1.1 Conceptos Antiguos sobre la materia.** Tales de Mileto (Grecia, 640 a 547 A. C.), tomaba como pieza angular de la materia el agua. Demócrito de Abdera (Tracia, 460-357 aC.), decía que lo único eterno e inmutable era la materia, susceptible de descomponerse en corpúsculos indivisibles llamados átomos.

Aristóteles de Estagira (384 a 322 A. C.), propuso un esquema tan perfecto que, aunque permitió el desarrollo de la ciencia en su momento, paradójicamente la retardó hasta el siglo XVII, cuando irrumpieron los alquimistas.

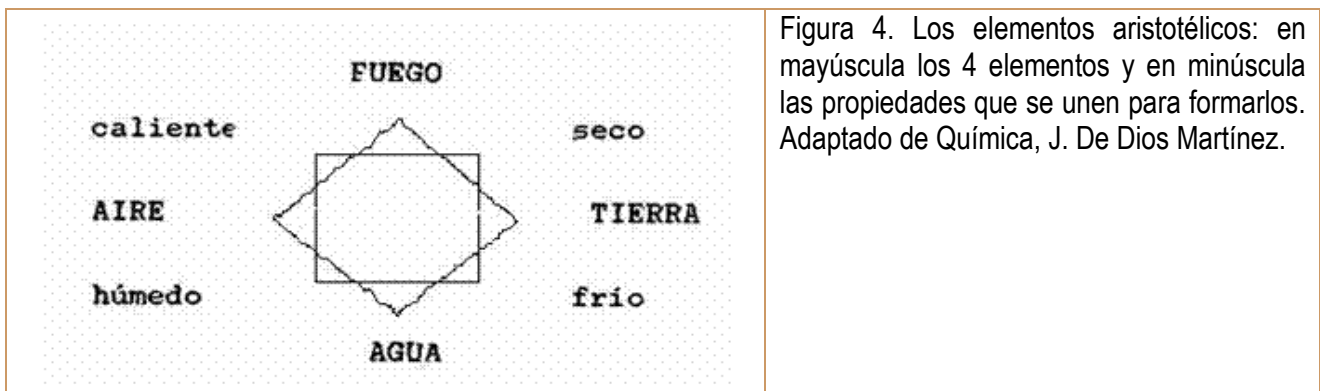


Figura 4. Los elementos aristotélicos: en mayúscula los 4 elementos y en minúscula las propiedades que se unen para formarlos. Adaptado de Química, J. De Dios Martínez.

Según Aristóteles la materia puede tener las siguientes propiedades: fría o caliente y húmeda o seca; en ninguna pareja de estados hay estados intermedios; si unimos dos de estas propiedades podemos obtener los cuatro elementos básicos de la materia, así: de frío y húmedo el agua, de caliente y seco el fuego, de caliente y húmedo el aire, y de frío y seco la tierra. La quinta esencia, o el éter, será el quinto elemento, propio del reino exterior donde está lo inmutable.

Aunque no eran claros los conceptos de gravedad y densidad para explicar la caída y flotación de los cuerpos, se procedía a decir que la tendencia de la Tierra era a desalojar el elemento agua y a su vez el agua al elemento aire. El aire estaría siempre por encima de los tres elementos restantes por tener mayor levedad que ellos, pero por debajo del fuego. De esta manera los cuerpos con mucha gravedad se precipitaban en los fluidos y los cuerpos con mucha levedad flotaban en ellos.

Cuando el método inductivo se impone sobre el método deductivo y la comprobación sobre la demostración (siglo XVII), la ciencia despegua nuevamente en lo que se conoce con el nombre de El Renacimiento, cuyo máximo exponente es Galileo Galilei (1564-1642), fundador de la ciencia moderna.

**2.1.2 Conceptos actuales sobre la materia.** Según Albert Einstein (1879-1955), en su teoría de la Relatividad, materia y energía son dos aspectos de una misma cosa; este concepto permite comprender mejor que el átomo es divisible. Las partículas elementales, que lo constituyen todo, clasificadas por sus interacciones, son 24 con sus correspondientes antipartículas: seis leptones (electrón, tau, muón y sus correspondientes neutrinos), seis quarks (arriba, abajo, cima, fondo, extraño y encantado) y doce bosones

(gravitón, fotón, ocho gluones, y las partículas Z y W). Estas partículas elementales tienen masa, excepto el fotón y el gravitón.

Existen cuatro fuerzas fundamentales en la naturaleza: la gravedad asociada a los gravitones, es de enorme alcance y actúa en una sola dirección - es la más tenue -; la electromagnética asociada a los fotones, es de gran alcance y actúa en dos direcciones; la interacción fuerte asociada a los gluones, es de corto alcance, liga al núcleo atómico y supera en dos órdenes a la fuerza electromagnética; la interacción débil asociada a las partículas Z y W, es la tercera en intensidad y de corto alcance, y explica la radioactividad.

Análisis cada vez más detallados ponen de manifiesto que las diferentes fuerzas de la naturaleza son en realidad manifestaciones de muy pocas -tal vez una- fuerzas fundamentales. Todas las interacciones conocidas pueden reducirse en último término a las cuatro formas señaladas.

Cuadro 1. Las fuerzas de la naturaleza.

1. Electromagnetismo (Fza Eléctr. y Fza Magnét. Maxwell, 1860)	Fuerza Electro débil Para dos fuerzas (Weinberg, Salam 1967)	Teoría de la Gran Unificación (1980) para tres fuerzas	Teoría de la Súper Unificación para las cuatro fuerzas
2. Fuerza nuclear débil			
3. Fuerza nuclear fuerte 4. Gravedad			

Academia Norteamericana de Ciencias, Washington, 1986.

El electromagnetismo y la fuerza nuclear débil, si bien difieren mucho en su modo de actuación, son en realidad dos aspectos de una misma fuerza electro débil unificada. Resultados recientes parecen indicar que la fuerza nuclear fuerte, también de carácter muy distinto, puede incluirse a su vez en este esquema en una teoría de gran unificación (GUT), faltaría sólo incorporar la gravedad, como se muestra en el siguiente esquema.

Los quarks forman protones y neutrones. La tercera fuerza explica la unidad de los protones en el núcleo atómico mientras la segunda fuerza explica cómo el núcleo captura a los electrones (las cargas iguales se repelen y las cargas contrarias se atraen). El electrón, el protón y el neutrón tienen masa; en el electrón la carga es -1, en el protón es +1 y en el neutrón es 0. La masa del protón, similar a la del neutrón, es 1840 veces la del electrón.

La materia se compone de átomos, éstos de electrones, protones y neutrones. Los átomos son la unidad más pequeña de un elemento y poseen masa y carga eléctrica. En el átomo normal el número de electrones y protones es igual. Un ion es un átomo desequilibrado por la vía de los electrones; si es de carga positiva recibe el nombre de catión, pero si ella es negativa, será anión. Un isótopo es una forma alterna de elementos y se produce desequilibrando un átomo por la vía de los neutrones. En el hidrógeno no hay neutrones; en los átomos de elementos livianos, el número de neutrones y protones es igual; en los pesados el número de neutrones supera al de protones.

Los elementos se combinan para formar compuestos. En estado natural, conocemos 92 clases de elementos (del hidrógeno al uranio), los demás son artificiales; en estado ambiente solamente dos elementos son líquidos (bromo y mercurio). Los compuestos son combinaciones de átomos de elementos, y la molécula es la unidad más pequeña de un compuesto. Los elementos más allá del uranio son artificiales.

## 2.2 CONSTANTES EN LA TEORIA FISICA

Debemos distinguir entre aquellas magnitudes que son constantes simplemente porque no cambian, y las constantes universales fundamentales. La masa de la Tierra, por ejemplo, es aproximadamente constante, pero existen otros planetas con masas muy diferentes a la de la Tierra. Por otra parte, la masa de todos los electrones es la misma, independientemente del lugar que ocupan en el Universo.

El número de constantes universales verdaderamente fundamentales que conocemos es, en realidad, muy pequeño. A continuación se muestra una lista de constantes fundamentales que determinan en gran medida las características esenciales de la mayor parte de las estructuras físicas conocidas.

Muchas de estas características son notablemente sensibles a los valores de las constantes y a determinadas relaciones numéricas aparentemente accidentales entre ellas. Hay que señalar que la constante de Hubble y probablemente la constante cosmológica no son en realidad constante, sino que varían a escalas de tiempo cosmológicas y que la constante de Boltzmann y la permisividad del vacío son meros factores de conversión entre dos sistemas de unidades.

Tabla 1. Lista de constantes fundamentales y magnitudes derivadas

Nombre Numérico	Símbolo	Valor (Unidades SI)
Carga del protón	e	$1,60 \times 10^{-19}$
Constante de Planck	h	$6,63 \times 10^{-34}$
Constante gravitatoria de Newton	G	$6,67 \times 10^{-11}$
Velocidad de la luz	C	$3 \times 10^8$

Masa en reposo del protón	$M_p$	$1,67 \times 10^{-27}$
Masa en reposo del electrón	$M_e$	$9,11 \times 10^{-31}$
Constante de la fuerza débil	$G_w$	$1,43 \times 10^{-62}$
Constante de la fuerza fuerte	$G_s$	15
Constante de Hubble	H	$2 \times 10^{-18}$
Constante cosmológica	A	$<10^{-53}$
Relación cósmica fotón/protón	S	$10^9$
Permisividad del vacío	$\epsilon$	$8,85 \times 10^{-12}$
Constante de Boltzmann	K	$1,38 \times 10^{-23}$

Wagoner & Goldsmith. Horizontes Cósmicos, Labor, 1985.

La Tabla anterior también contiene la constante de Boltzmann, que es un factor de conversión entre unidades de energía calorífica y temperatura; además incluye la masa del electrón y la del protón, pero no la de los quarks -en el estado actual de nuestros conocimientos no se sabe cuáles son las partículas elementales -.

### 2.3 MACROESTRUCTURAS

Para considerar la materia a gran escala, el parámetro fundamental es la temperatura, porque ella determina que los cuerpos sean sólidos, líquidos o gaseosos. Si la temperatura de una molécula es T, su energía térmica media será aproximadamente  $KT$ , de forma que el requisito para la solidez es  $KT \gg E_{\text{átomo}}$  (estado de menor energía del átomo de hidrógeno, valor equivalente a unos  $10^{-18}$  julios), si suponemos que la energía de unión molecular se debe aproximadamente al 10% de la energía de unión atómica.

La siguiente tabla muestra los niveles principales de la jerarquía principal de nuestro Universo, en donde los números están aproximados a la potencia de 10 más próxima. El tiempo característico representa la menor duración necesaria para que el sistema pueda transmitir información apreciable o sufrir cambios estructurales de importancia.

En los cuatro primeros casos se señala el tiempo que tarda la luz en atravesar el sistema. En los sistemas biológicos y sociales se anota el tiempo de reproducción o de crecimiento. Para las estrellas se da el tiempo de vida medio, pero para otros sistemas ligados gravitatoria mente es más apropiado el tiempo de caída libre. Para el átomo es el tiempo orbital del electrón y para el Universo su edad.

Tabla 2. Escalas de Estructuras.

Sistema	Tamaño (m)	Característica estructural	Masa (Kg)	Tiempo característico (seg)
Gravedad cuantizada	$10^{-35}$	Estructura esponjosa	$10^{-8}$	$10^{-43}$
Quarks, leptones	$<10^{-18}$	Partículas elementales	?	$<10^{-26}$
Partículas nucleares	$10^{-15}$	Unión de quarks	$10^{-27}$	$10^{-24}$
Núcleo	$10^{-14}$	Unión de partículas	$10^{-25}$	$10^{-23}$
Átomo	$10^{-10}$	Núcleo y electrones	$10^{-25}$	$10^{-16}$
Molécula	$10^{-7}$	Unión de átomos	$10^{-20}$	$10^3$
Célula viva	$10^{-5}$	Orden complejo	$10^{-10}$	$10^3$
Forma vida avanzada	1	Organización	$10^2$	$10^9$
Ciudad	$10^4$	Orden social	$10^{11}$	$10^9$
Montaña, Asteroide	$10^4$	Irregular	$10^{12}$	$10^{13}$
Planeta	$10^7$	Predominio gravitatorio	$10^{24}$	$10^4$
Estrella	$10^9$	Reacciones nucleares	$10^{30}$	$10^{17}$
Sistema planetario	$10^{11}$	Estrella y planetas	$10^{30}$	$10^8$
Cúmulo estelar	$10^{18}$	Ligado gravitatoriamente	$10^{35}$	$10^{15}$
Galaxia	$10^{21}$	Núcleo y brazos espirales	$10^{41}$	$10^{16}$
Cúmulo de galaxias	$10^{23}$	Ligado gravitatoriamente	$10^{43}$	$10^{17}$
Universo	$10^{26}$	Uniformidad	$10^{53}$	$10^{18}$

Paul Davies. El Universo Accidental, Salvat, 1985.

## 2.4 TRABAJO

Una tortuga y una liebre de igual masa, que recorren la misma distancia, realizan el mismo trabajo y consumen la misma energía, pero la tortuga lo hará con menor potencia que la veloz liebre.

Podemos hacer una evaluación de la energía que se consume en diferentes procesos naturales, observando la siguiente escala (aproximada) de crecimiento exponencial.

Tabla 3. Escala de energía involucrada en diferentes fenómenos.

Magnitud	Fenómeno
10 <sup>2</sup> ergios	1 seg de luz de luna en la cara.
10 <sup>8</sup> ergios	una cerilla encendida.
10 <sup>12</sup> ergios	camión a gran velocidad, deslizamiento de tierra
10 <sup>18</sup> ergios	impulso inicial de un cohete Atlas, una avalancha
10 <sup>20</sup> ergios	la primera bomba atómica. Un rayo.
10 <sup>24</sup> ergios	bomba de hidrógeno. Terremoto destructor
10 <sup>28</sup> ergios	calor que pierde la Tierra en un año.
10 <sup>32</sup> ergios	calor recibido por la Tierra durante un año.
10 <sup>36</sup> ergios	giro de la Tierra sobre su eje.
10 <sup>40</sup> ergios	calor del Sol en un año o una rotación de la Tierra sobre su órbita.
10 <sup>48</sup> ergios	explosión de una estrella supernova.

Adaptado de Boot y Fitch: La Inestable Tierra y de Atlas de lo Extraordinario: Fenómenos Naturales, Ediciones del Prado.

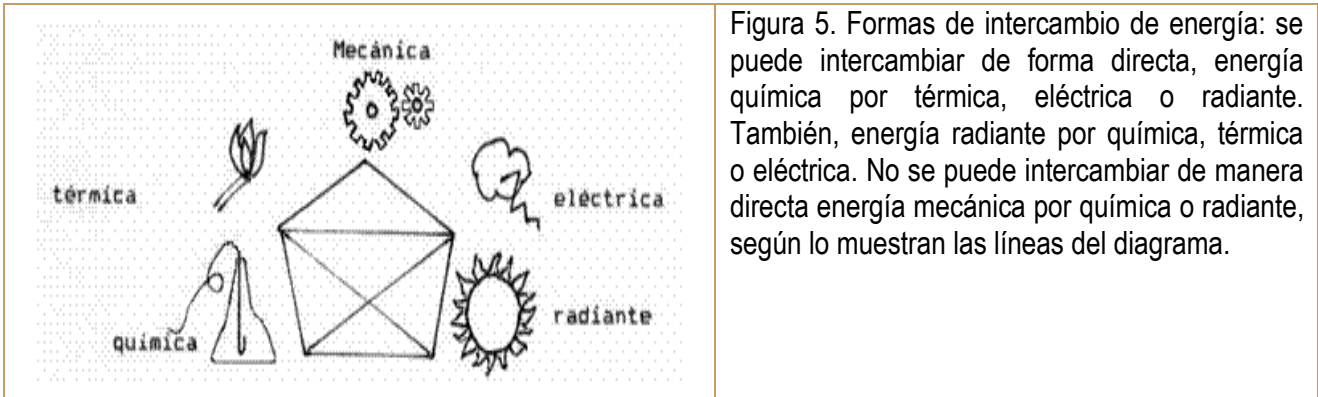
En la escala anterior podemos ubicar la magnitud de eventos naturales catastróficos como un rayo, un terremoto, una avalancha y un deslizamiento. Un ergio es una dina a lo largo de un cm. Un julio equivale a 10 millones de ergios.

Los eventos de mayor siniestralidad y menos frecuencia son la caída de meteoros, le suceden en su orden erupciones volcánicas y terremotos, por último inundaciones y deslizamientos, que tienen menor grado de siniestralidad y mayor frecuencia.

## 2.5 LA ENERGIA

La energía es la capacidad de un sistema para producir trabajo. Generalmente se divide en energía potencial (almacenada) y cinética (de los cuerpos en movimiento).

La energía calorífica resulta del movimiento de átomos y moléculas; la energía química depende de los electrones, produciéndose cuando los átomos los ganan o los pierden al formar compuestos; la energía atómica depende de los protones y neutrones en el núcleo; exceptuando ésta, las formas clásicas de intercambio entre energías mecánica, química, térmica, eléctrica y radiante, son intercambios de modo directo y doble sentido, excepto para la mecánica que interactúa sólo con la térmica y la eléctrica.



Las formas de propagación térmica son: transmisión, radiación y convección. La transmisión es el paso de calor por contacto (calentando la base de una cuchara se calienta el mango). La radiación es un fenómeno de emisión (recibir calor del fuego de una chimenea). La convección supone el flujo de la materia (el agua en una cacerola que se calienta: en el fondo el agua caliente se dilata, pierde densidad y puede ascender; estando arriba se enfría, gana densidad y desciende para calentarse de nuevo).

La expresión de Einstein (1905),  $E = MC^2$  muestra la identidad entre masa y energía. Así, de un kilogramo de materia podemos obtener la siguiente energía atómica:

$$E = 1 \text{ Kg} \times (300.000 \text{ km./seg})^2$$

$$E = 1.000 \text{ g} \times (30.000.000.000 \text{ cm/seg})^2$$

$$E = 9 \times (10)^{23} \text{ ergios}$$

Esta energía equivalente a 11000 millones KW hora, es suficiente para tener una plancha eléctrica funcionando durante un millón de años, dar 180000 vueltas en carro al mundo o 400 en un petrolero.

Se ha visto la relación de masa entre los electrones y protones o neutrones, por lo que el núcleo tiene el 99.95% de la masa del átomo. Así, la densidad del núcleo es de 100 millones de toneladas por  $\text{cm}^3$  de protones, mientras el diámetro del átomo varía entre 20000 y 200000 veces el diámetro del núcleo, y en promedio es de dos unidades Armstrong ( $2\text{\AA}$ ). La unidad de Bohr es el radio del primer orbital del átomo de hidrógeno, igual a  $0.53 \text{\AA}$ .



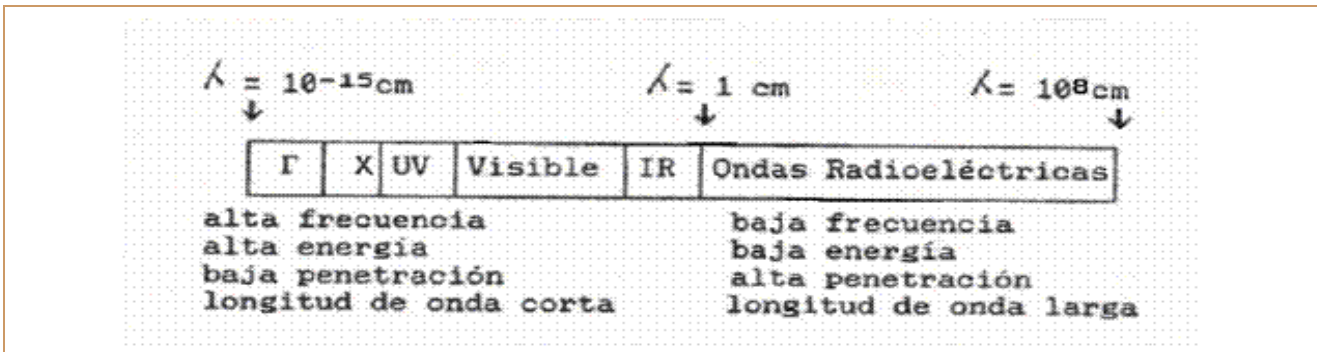


Figura 6. Espectro electromagnético. Muchos tipos de radiación distintas físicamente, son ondas electromagnéticas que sólo difieren en tamaño. La radiación electromagnética tiene el doble carácter de onda y de partícula. Tomado de Guía Astronómica, Gonzalo Duque Escobar.

**2.5.1 Espectro de la energía radiante.** La energía radiante se transmite por ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz. El espectro electromagnético es un contenido continuo de frecuencias, en el cual se señala la longitud de onda ventana por ventana. Donde ésta es corta, la frecuencia y la energía son altas y donde es larga, la frecuencia y la energía son bajas. Ver fig. Siguiente.

La luz visible solamente ocupa una estrecha banda donde la longitud de onda está en el rango de 4 a 7,3 micrómetros. Las ondas muy largas (mayores de 1 metro) corresponden a radio-ondas, mientras las muy cortas (menos de la 10 millonésima de centímetro) corresponden a los rayos gamma.

Entre ellas se encuentran otras radiaciones conocidas como los rayos gamma (asociados a cuantos del núcleo atómico), X provenientes de la envoltura electrónica del átomo), ultravioletas (fluorescente y de alta influencia biológica), infrarrojos (radiación calorífica), y ondas radioeléctricas (microondas, radio-televisión, radar...).

Las imágenes de satélite, las fotografías aéreas y las imágenes de radar, son instrumentos definitivos en la prospección y evaluación de los recursos naturales y en el diseño de obras para el modelado que hace el hombre de la naturaleza. Para el efecto es importante conocer el poder de penetración de cada frecuencia y la sensibilidad de algunas sustancias químicas a diferentes radiaciones, cuando las imágenes se toman desde aeronaves o desde tierra.

Las imágenes de radar penetran la vegetación y las nubes pero las más comerciales son imágenes inclinadas, que abarcan un gran territorio pero no posibilitan cálculo fotogramétricos. Las fotografías aéreas muestran imágenes donde las nubes y la vegetación perturban la visibilidad; las más comerciales son fotografías verticales que facilitan los cálculos fotogramétricos; estas imágenes de proyección central permiten elaborar planos topográficos.

Las imágenes de satélite en diferentes bandas se constituyen hoy en la mejor herramienta de prospección y comunicaciones, para lo cual Colombia cuenta con su propia órbita geoestacionaria.

## 2.6 DETECCION A DISTANCIA POR RADAR

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.

### 2.6.1 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-.

### 2.6.2 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

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.

### **2.6.3 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.

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.

### **2.6.4 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.

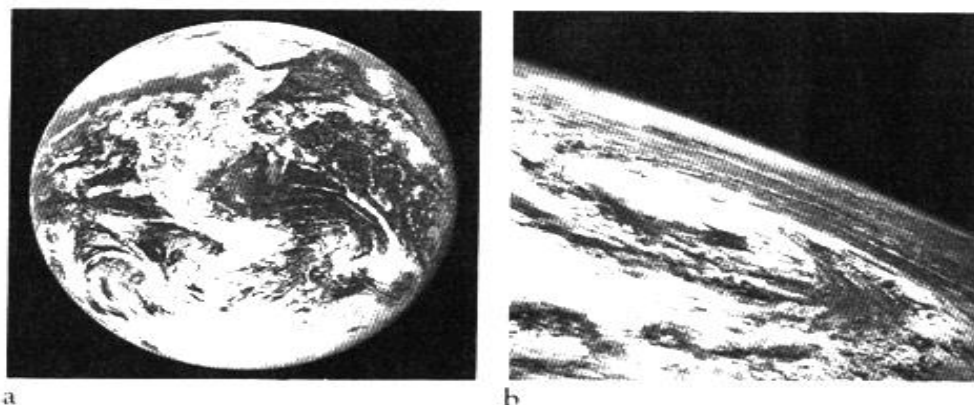


Figura 7. Imágenes desde el espacio: A. La Tierra vista desde la nave Apolo. B. Tormenta tropical a través de imagen Landsat. Tomado de Cosmos, Carl Sagan.

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 multispectrales 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.

### 2.6.5 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.

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.

### **2.6.6 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.

### **2.6.7 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.

En Colombia, el Ideam DEAM ha implementado el Sistema Nacional de Monitoreo soportado en información satelital, con el cual en su primer informe anual sobre Deforestación, Colombia registró que el nivel de deforestación de bosques naturales entre enero y diciembre de 2013, alcanzó a 120.933 hectáreas,

Si en general la mayor pérdida de bosque se localiza en los núcleos de Caquetá-Putumayo, Meta-Guaviare y el eje San José del Guaviare-Calamar, el Ideam también advierte sobre focos de tala de bosques concentrados en zonas claves para la biodiversidad del país, como la Amazonia Colombiana y el Parque Nacional Natural La Macarena.

## 2.7. DINÁMICAS Y CONTRA RUMBOS DEL DESARROLLO URBANO \*



Imagen 5: Machu Picchu. Martin St-Amant (2009), en <http://es.wikipedia.org/>

Desde su surgimiento, las ciudades han evolucionado con la sociedad que las habita: en América, Teotihuacán, la primera gran ciudad precolombina de Mesoamérica que surge hace dos mil años en México, adquiere su máximo desarrollo hacia el año 500 de nuestra era, cuando supera los 200 mil habitantes. Y en territorio Sudamericano con sus sociedades urbanas que por siglos aparecieron en suelo peruano, a mediados del siglo XV aparece Cuzco, la capital inca cuya trama urbana siguió las curvas de nivel para ajustarse al relieve y respetar el curso de los ríos.

Al desarrollarse los calendarios, y con ellos la agricultura, gracias a la división del trabajo se da el surgimiento de los mercados, y la consecuente evolución de los medios de comunicación. Esa sociedad que cuenta con la escritura, crea las ciudades como escenarios aptos para establecerse, facilitando las actividades socioeconómicas propias de una economía compleja, soportada en actividades extractivas, agrícolas y comerciales, tal cual lo advertimos no sólo en las ciudades mayas con sus impresionantes monumentos de piedra y palacios de ladrillo cocido, decoradas con pinturas murales y adornos de estuco, sino también en las incas con sus trazados conformes con la topografía, donde establecieron sus magníficas edificaciones construidas en bloques de piedra pulida acoplada.

Más adelante, después del encuentro de los neolíticos del trigo y del maíz, en este continente, a lo largo de la Colonia y durante el alba de la República, nuestras ciudades, primero soportadas en la rígida retícula heredada del modelo castellano, con su plaza de armas invariablemente dominada en altura por el templo cristiano, aunque mantienen sus aires medievales, aplican las normas de Felipe II y de Carlos III para adaptarse a las demandas ambientales, adquiriendo para el efecto una morfología ventilada y soleada, que contempla calles estrechas en lugares cálidos para favorecer el sombreado, o calles anchas en tierra fría para

facilitar la irradiación solar, dotando su trama urbana de variantes y características según el poblado fuese puerto, centro minero, resguardo, o núcleo administrativo y militar.

En Colombia seis décadas después de la fundación de Manizales, finalizadas las guerras civiles del siglo XIX, cuando la arriería cede paso a los vapores, cables y ferrocarriles cafeteros, conforme se empieza a consolidar una sociedad industrial gracias a la economía del café y a la electricidad como fuente motriz, se intensifican la producción en los medios urbanos y la inmigración, hasta que más adelante, con el advenimiento del automóvil crece la ciudad, para terminar concediéndole paso al transporte motorizado y a la jungla de concreto, dos hechos que sí en conjunto ocasionan un nuevo modelo de ocupación del territorio periurbano, muestran la expansión en superficie y en altura de las ciudades, y otros paisajes que se corresponden con una estructura urbana social y espacialmente fraccionada, donde contrastan el centro urbano, los lujosos sectores residenciales y las barriadas para la clase obrera.

Pero hoy cuando declina la sociedad industrial, conforme surge la del conocimiento, estas ciudades y particularmente la nuestra, tienen que enfrentar profundos desafíos para resolver un modelo urbano conflictivo, relacionados con las presiones demográficas asociadas a desplazamientos y a dinámicas poblacionales generadas por la brecha de productividad entre ciudad y campo, con la fragmentación socio-espacial del hábitat, con la contaminación ambiental del medio urbano y rururbano, con una movilidad soportada en el uso desenfrenado del automóvil, con la expansión incontrolada de la frontera urbana, con los riesgos geodinámicos causados por los eventos extremos propios del cambio climático, y con las falencias de la infraestructura de conectividad requerida para la integración regional, subregional y urbana.

Bajo dichos presupuestos, para lograr un medio transformado sustentable, el rumbo a seguir debería ser hacia una ciudad inteligente, educada e institucionalmente robusta, cuyos ciudadanos virtuosos y participativos configuren un tejido social sólido; una ciudad no energívora ni consumista, con un hábitat humano, verde y digno, dotada de una movilidad eficiente soportada en medios autónomos y de transporte público colectivo, que sea incluyente en su oferta de opciones de vida, e incorpore la ciencia, la tecnología y la cultura; una ciudad con identidad propia y con perspectiva de género, pensada para los niños y los ancianos, y donde todos vivamos felices.

\* [Ref.: La Patria. Manizales, 214.09.29]

## 2.8- PROSPECTIVA PARA EL DESARROLLO MAGDALENENSE

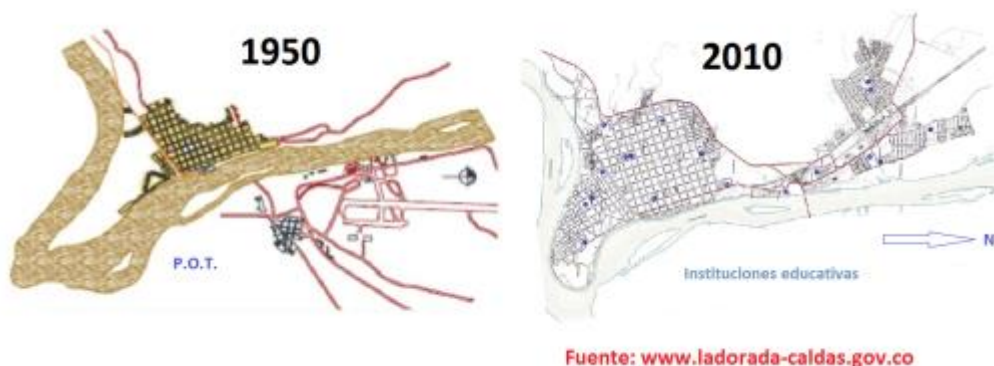


Imagen 6: Cambios morfológicos de La Dorada, en 60 años. Web ladorada.gov.co

Posiblemente en La Dorada, como epicentro de intensas dinámicas económicas, sociales y ambientales del país, dado el valor estratégico de su ubicación sumado a la invaluable riqueza natural y cultural del Magdalena Centro, por las visionarias decisiones en materia energética sobre Miel II adoptadas por la actual administración departamental y los desarrollos de la infraestructura del transporte del país que inciden en ella, se estarían creando las condiciones para apalancar uno de los más promisorios escenarios urbano-regionales de Colombia y de los procesos de integración de Caldas, si se decide correctamente en materia de planificación urbana y con visión integracionista y de futuro.

La cabecera porteña del oriente con sus devenires políticos y de orden público, habitada por ciudadanos de bien que de la mano del PDP-MC y otros líderes regionales enfrentan ahora la solución de los conflictos socio-ambientales más relevantes de su historia, empieza a brillar en el horizonte como el referente urbano de un territorio en construcción: el Magdalena Centro, un espacio geográfico localizado al sur del Magdalena Medio, sobre terrenos en jurisdicción de 17 municipios, del cual participan todos los del oriente de Caldas, San Miguel y Puerto Triunfo por Antioquia, Puerto Boyacá por Boyacá, y el noroccidente y centro-occidente de Cundinamarca, y en el que cabrían tres más del norte del Tolima, que son Fresno, Mariquita y Honda en virtud de sus pretéritas relaciones directas, así: con Manzanares en los asuntos de la colonización antioqueña, con Guaduas en los de la botánica de Mutis, y con La Dorada en la historia del río Magdalena, respectivamente.

El Magdalena Centro es la tierra de hamacas y chinchorros que comparte con el Magdalena Medio su historia de los vapores por el gran río, y con Cundinamarca y Tolima la de la Botánica de Mutis. Limita aquel por el norte con el Magdalena Medio, tierra de petróleo con Barranca como epicentro donde se escribe un capítulo de la historia energética de Colombia; por el este, con el fértil altiplano cundiboyacence de la capital cosmopolita, donde florece la República y se concentra el poder político y económico de Colombia; por el sur con el Tolima Grande, una de las regiones más fecundas de la Patria bañada por el Magdalena, donde resplandecen la “Ciudad Musical”, la tierra de José Eustacio Rivera y el parque arqueológico de San Agustín; al noreste las montañas Antioqueñas, cuna de la cultura paisa que da origen a la Colonización Antioqueña, uno de los fenómenos sociales más importantes de nuestra historia; y por el oeste y suroeste el Eje Cafetero, con sus procesos de conurbación que podrían estructurar el eje Cali-Medellín para consolidar una ciudad región sin precedentes en el Pacífico latinoamericano.

La vertiente oriental del Magdalena Centro involucra tres zonas de vida: la alta cordillera con las fértiles tierras de Marulanda, donde dominan el latifundio y los frágiles ecosistemas de páramo; el corredor de las cuencas medias donde la antioqueñidad fundó poblados y sus hijos armaron redes de caminos terciarios; y el fértil valle del Magdalena dotado de una infraestructura que favorece el desempeño de La Dorada. Y del otro lado del gran río, dos zonas de vida: la del propio valle del Magdalena que en Puerto Salgar y Puerto Boyacá también muestra la preeminencia económica, en su orden, de la ganadería, la agricultura y la pesca, y la del piedemonte cordillerano de la Cordillera Oriental donde la influencia del bosque seco del valle y del clima seco del altiplano, explican la relativa fertilidad de los suelos en poblados como Yacopí, Caparrapí, Chaguaní, La Palma y Guaduas.

Cuando se consoliden la navegación por el Magdalena y el desarrollo hidroenergético, gracias a un recurso hídrico excedentario que exige buen manejo, detonará la industria en el entorno doradense para elevar el PIB



de Caldas, lo que también obliga a mantener previsiones para incrementar el crecimiento en términos ambientales y sociales.

A modo de inventario, veamos el potencial natural que se suma a la riqueza cultural de la preciosa tierra: además de la oferta biótica por el continuo de pisos térmicos con variadas zonas de vida, humedales del Magdalena, ecosistemas de páramo, bosques secos y húmedos, sobresalen los suelos fértiles del valle del Magdalena y de San Félix, puesto que los otros de la cuenca media Caldense tienen vocación forestal al aparecer lixiviados. De ahí las posibilidades del territorio en su conjunto para renglones como ganadería, piscicultura, avicultura, porcicultura, ovinocultura, y pesca, y para productos como café, caña panelera, caucho, papa, plátano, aguacate, maíz, yuca, algodón, frijol, cacao, legumbres, hortalizas y frutas de todos los climas. Y del subsuelo, hidrocarburos, energía geotérmica, uranio, carbón, mármol, calizas, caolín, asfaltos, esmeraldas, oro, plomo y zinc, aportados desde los flancos de las dos cordilleras.

[Ref: La Patria, Manizales, 2011-05-14]

## 2.9- REFLEXIONES SOBRE EL POT DE MANIZALES

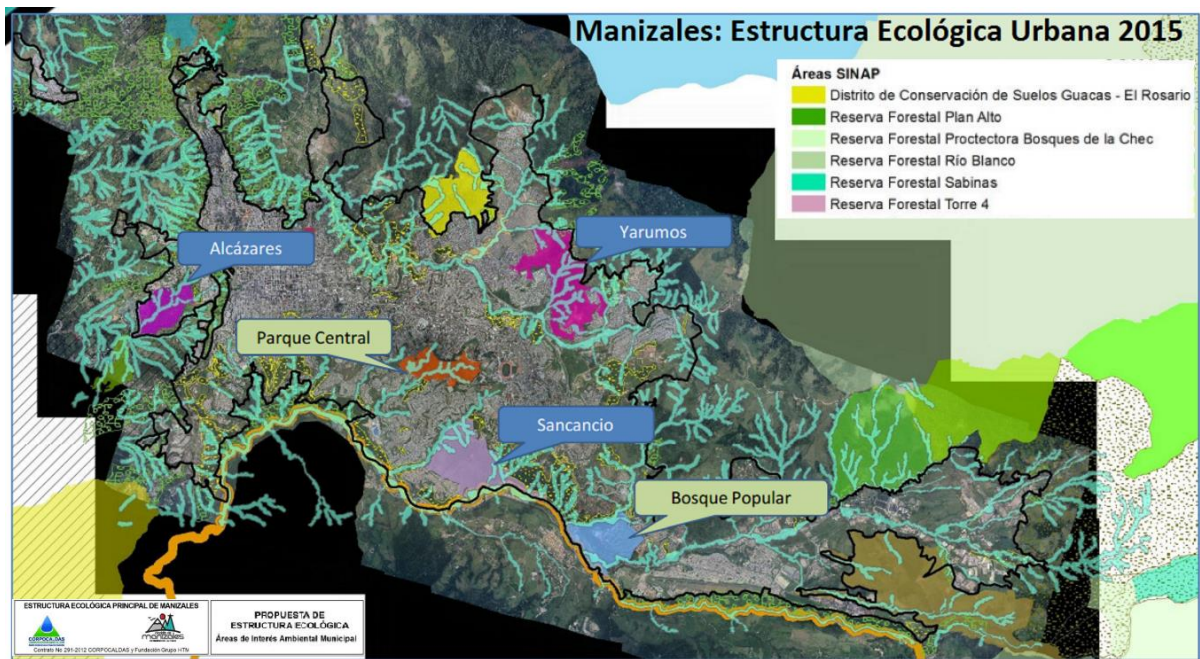


Imagen 7: Manizales - Estructura Ecológica Principal Urbana. Secretaría de Planeación Municipal.

Por la carencia de ideas más precisas que proyecten un futuro sustentable para Manizales, con enfoques más regionales, a pesar de los avances en planificación urbana respecto al POT anterior, y en especial en la componente rural del municipio donde lo ambiental alude al desarrollo social, al agua y a los necesarios corredores de conectividad para la biodiversidad, pero no a la cultura como factor fundamental para el desarrollo de bienes y servicios artesanales y no agroindustriales, por decisión del Honorable Concejo la saliente administración municipal le deja a la ciudad, un POT importante a revisar.

Posiblemente gravitaron las críticas que ha presentado el Colectivo Subámonos al Bus del POT, centradas en aspectos socio-ambientales profundos, donde se recogen en parte propuestas presentadas en varios documentos y foros, dado que la propia Secretaría de Planeación en un hecho loable y sin precedentes programó ocho eventos para la participación de diferentes actores sociales y de la sociedad civil, buscando nutrir el interesante proceso. A continuación, resalto algunos aspectos del POT que ameritarían revisión.

1- El POT no consagró como política pública el cobro de la plusvalía urbana, proponiendo la creación de cargas compensatorias para la actividad urbanizadora en beneficio del municipio, al gravar a los actores que consuetudinariamente especulan con un modelo expansivo de ocupación de la “jungla de concreto” que va más allá de las propias necesidades de la ciudad. Posiblemente bajo el falso argumento de la escasez de suelo, se ha permitido que la plusvalía urbana continúe privatizada, además de presionar el bosque natural andino tal cual lo advertimos en Monte León, cuando está previsto que la población de Manizales apenas alcanzaría los 400 mil habitantes en la siguiente década. A modo de ejemplo, hacia la zona de La Aurora no se ha puesto límite a nuevos usos que entrarían en conflicto con la reserva de Río Blanco.

2- El POT no debería sostener un modelo urbano anacrónico, pensado para la sociedad industrial de ayer y para el automóvil, que inspirado en dinámicas económicas que no consultan las demandas socio-ambientales de la ciudad, además de concentrar la inversión social y productiva, sigue fragmentando espacial y socialmente la ciudad. El POT tiende a privilegiar la infraestructura vial para el transporte individual y para las grandes superficies de mercado, en lugar de propender por un hábitat sostenible, para una Manizales más humana, incluyente, segura y solidaria, al irrigar los beneficios del gasto público con más equipamiento verde, mejores medios para la movilidad autónoma, y más rutas para el transporte colectivo limpio, lo que en conjunto supone otro modelo urbano.

3- El POT debería hacer honor a su promesa de respetar las actuales zonas de reserva ambiental, cerrándole posibilidades a la explotación minera en la cuenca media-alta del Chinchiná, actividad que compromete la zona de amortiguamiento del PNN de los Nevados, y a los vertimientos industriales sobre la quebrada Manizales. Por todos es sabido que en Toldafría la canadiense Rio Novo avanza con un prospecto minero de mayor envergadura, afectando la Reserva forestal de CHEC y poniendo en riesgo los acuíferos de las quebradas La María, California y Romerales, afluentes del Chinchiná, cuenca compartida con Villamaría, que por desgracia aparece al lado de las de Marmato y Supía, y posiblemente de la del Guarinó, entre las que continúan estando afectadas por mercurio en Colombia.

4- El POT debería concretar una apuesta por la Ciudad Región, entre Pereira y Manizales, creando elementos para facilitar la construcción de sinergias económicas que apliquen la metodología de clúster urbano, además de acuerdos respecto a servicios públicos, a un sistema integrado de transporte para abrigar las potenciales Áreas Metropolitanas o sus equivalentes, a crear complementariedades entre Aerocafé y Matecaña fundamentales para el Paisaje Cultural Cafetero y al desarrollo de un sistema de conectividad férrea para el transporte intermodal de carga, implementado una plataforma logística común para industrias minero-energéticas asociadas a corredores logísticos estratégicos para el país, como el Ferrocarril Cafetero entre La Dorada y el Km 41, el Puerto Multimodal de La Dorada y la extensión del Corredor Férreo del Cauca entre la Virginia y Urabá, propuestas de la UN-SMP que aún desconoce el nuevo Plan Maestro de Transporte Intermodal (2015).

[Ref.: La Patria. Manizales, 2016-01-04]

## Lecturas complementarias

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

Caldas, hace parte de un territorio biodiverso, multicultural y mestizo: se trata de la “Tierra del café”, cuyos habitantes poseen una cultura donde inciden determinantes de la caucanidad y la antioqueñidad, relacionados con los modos de producción de la minería de la Colonia y con los de la actividad agraria que florece en el Siglo XX.

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

### **El Universo acelerado.**

Se ha otorgado el Nobel de Física 2011, a los estadounidenses Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess, por las pruebas sobre la expansión acelerada del Universo. Para Newton la evidencia de un Universo infinito, se soportaba en que, de tener límites, existiría un centro de gravedad en torno al cual estuviese colapsando. Pero hoy cuando se tienen evidencias de su origen, también se encuentran la de una expansión que la gravedad no logra contener.

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

### **El Bosón de Higgs.**

Posiblemente ninguna experiencia puede resultar más conmovedora en el mundo físico, que sumergirse en la inmensidad del Universo o en el enigmático mundo subatómico. Entre esas pequeñas piezas del mundo subatómico al que pertenecen electrones y neutrinos, está el bosón de Higgs que es la clave para explicar los orígenes de la masa de estas partículas elementales, ahora capturado mediante investigaciones experimentales del LHC.

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

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

La Alianza del Pacífico puede ser una puerta al mercado de Asia y Oceanía si se orienta a una producción con valor agregado en sectores estratégicos y en función de ventajas comparativas, a resolver las deficiencias portuarias de los países miembros y a blindar la economía rural del impacto de los TLC.

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

### **El desarrollo urbano y económico del Eje Cafetero.**

De conformidad con las dinámicas del PIB y la grave fragmentación social y espacial del territorio, donde se advierten el rezago regional y de la economía local, y el empobrecimiento de los medios rurales de la Ecorregión, Manizales está urgida de un nuevo modelo urbano más verde e incluyente y con “crecimiento hacia adentro”, para lo cual debe descentralizar la infraestructura social y económica, y aplicar estrategias regionales para conurbar su territorio. Dichos procesos demandan el fortalecimiento de la identidad cultural y empoderamiento del territorio por parte de la sociedad civil y de las comunidades de base, a fin de emprender el desarrollo del espacio público, la movilidad regional, el ordenamiento de cuencas, la protección de la biodiversidad y el aprovechamiento de la posición geoestratégica del territorio; todo a partir de una revolución educativa que desarrolle el talento humano, y de estrategias de C&T imbricadas en la Cultura, como condición necesaria para cerrar la brecha de productividad entre los medios rurales y urbanos de la Ecorregión Cafetera.

Ver en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50922/1/el desarrollo urbano y economicodemanzales.pdf>

## **TEMAS GEOAMBIENTALES**

### **AGUA Y CLIMA EN EL DESAFÍO AMBIENTAL**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/52380/1/aguayclimaeneldesafioambiental.pdf>

### **PAISAJE CULTURAL CAFETERO 2011-2016: DESAFÍOS DE UN PATRIMONIO SUSTENTABLE**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/53037/7/semanadelpaisajeculturalcafetero.pdf>

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
(1867-2017)



## MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS

Gonzalo Duque-Escobar

MANIZALES, 2016

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

### Presentación

### Contenido

[Cap01](#) Ciclo geológico  
[Cap02](#) Materia y Energía  
[Cap03](#) El sistema Solar  
[Cap04](#) La Tierra sólida y fluida  
[Cap05](#) Los minerales  
[Cap06](#) Vulcanismo  
[Cap07](#) Rocas ígneas  
[Cap08](#) Intemperismo ó meteorización  
[Cap09](#) Rocas sedimentarias  
[Cap10](#) Tiempo geológico

[Cap11](#) Geología estructural  
[Cap12](#) Macizo rocoso  
[Cap13](#) Rocas Metamórficas  
[Cap14](#) Montañas y teorías orogénicas  
[Cap15](#) Sismos  
[Cap16](#) Movimientos masales  
[Cap17](#) Aguas superficiales  
[Cap18](#) Aguas subterráneas  
[Cap19](#) Glaciares y desiertos  
[Cap20](#) Geomorfología  
[Lecturas complementarias](#)  
[Bibliografía](#)

### 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 11: Mecánica de los suelos

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

[El Autor](#): Gonzalo Duque-Escobar

**HOME:**

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