



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

# MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS

## Cap 02

### MATERIA Y ENERGÍA

GONZALO DUQUE ESCOBAR

A la Universidad Nacional de Colombia en sus 150 años.

## 2.1. INTRODUCCION

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

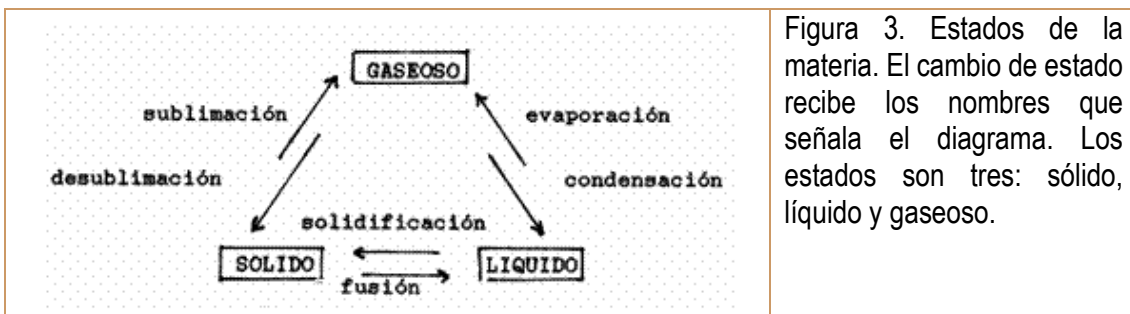


Figura 3. Estados de la materia. El cambio de estado recibe los nombres que señala el diagrama. Los estados son tres: sólido, líquido y gaseoso.

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.

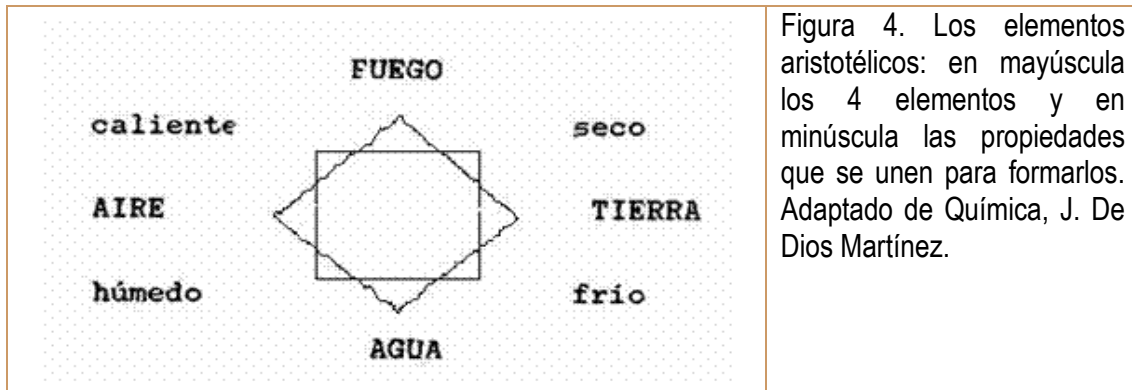


Figura 4. Los elementos aristotélicos: en mayúscula los 4 elementos y en minúscula las propiedades que se unen para formarlos. Adaptado de Química, J. De Dios Martínez.

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 despegó 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 Eléct. 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  $KT \geq E_{\text{átomo}}$  (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 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	$10^5$			
	$10^7$	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
	$10^2$ ergios	1 seg de luz de luna en la cara.
	$10^8$ ergios	una cerilla encendida.
	$10^{12}$ ergios	camión a gran velocidad, deslizamiento de tierra
	$10^{18}$ ergios	impulso inicial de un cohete Atlas, una avalancha
	$10^{20}$ ergios	la primera bomba atómica. Un rayo.
	$10^{24}$ ergios	bomba de hidrógeno. Terremoto destructor
	$10^{28}$ ergios	calor que pierde la Tierra en un año.
	$10^{32}$ ergios	calor recibido por la Tierra durante un año.
	$10^{36}$ ergios	giro de la Tierra sobre su eje.
	$10^{40}$ ergios	calor del Sol en un año o una rotación de la Tierra sobre su órbita.
	$10^{48}$ 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).

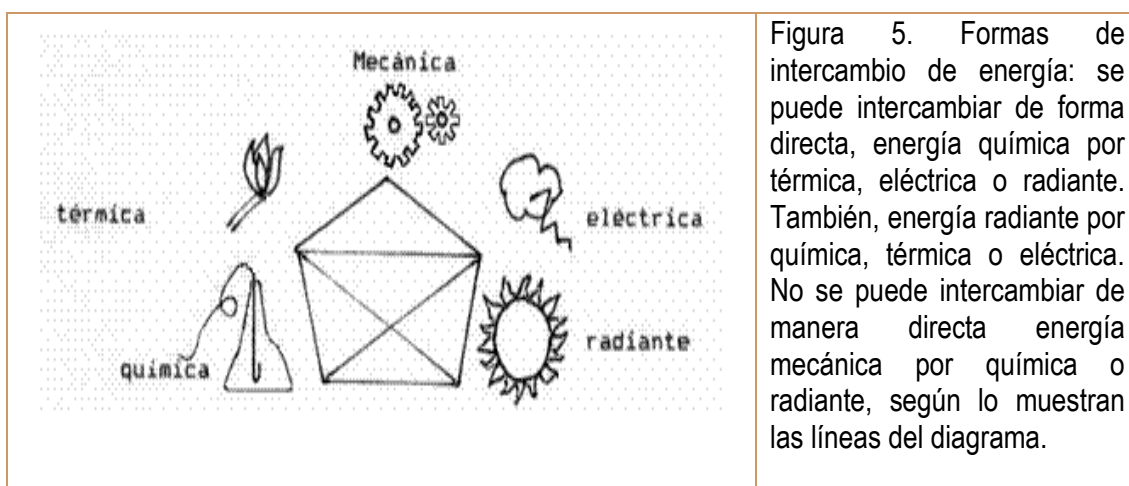


Figura 5. Formas de intercambio de energía: se puede intercambiar de forma directa, energía química por térmica, eléctrica o radiante. También, energía radiante por química, térmica o eléctrica. No se puede intercambiar de manera directa energía mecánica por química o radiante, según lo muestran las líneas del diagrama.

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:

$$\begin{aligned} E &= 1 \text{ Kg} \times (300.000 \text{ km./seg})^2 \\ E &= 1.000 \text{ g} \times (30.000.000.000 \text{ cm/seg})^2 \\ E &= 9 \times (10)^{23} \text{ ergios} \end{aligned}$$

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 Amstrong ( $2\text{\AA}$ ). La unidad de Bohr es el radio del primer orbital del átomo de hidrógeno, igual a  $0.53 \text{\AA}$ .

**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  $7,3 \text{ micrómetros}$  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.

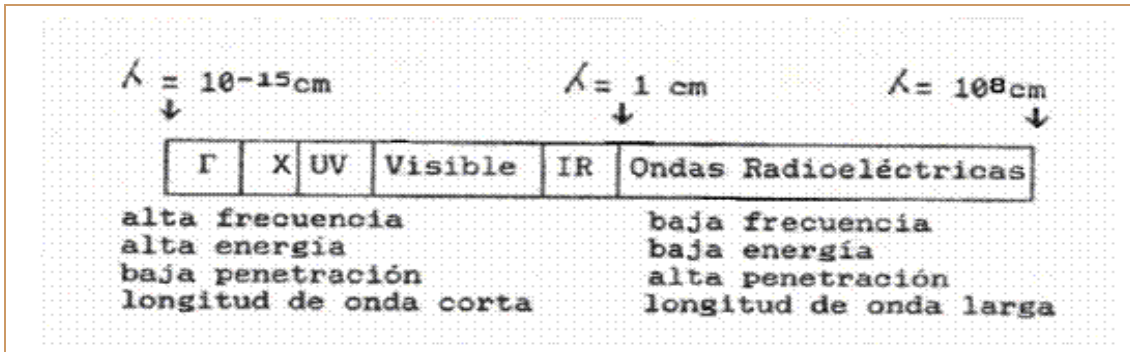


Figura 6. Espectro electromagnético. Muchos tipos de radiación distintos físicamente, son ondas electromagnéticas que sólo difieren en tamaño. La radiación electromagnética tiene el doble carácter de onda y de partícula. Tomado de Guía Astronómica, Gonzalo Duque Escobar.

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. DETECCIÓN 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 multispectrales 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 este 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 superponerse 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 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 multispectrales (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 este 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.

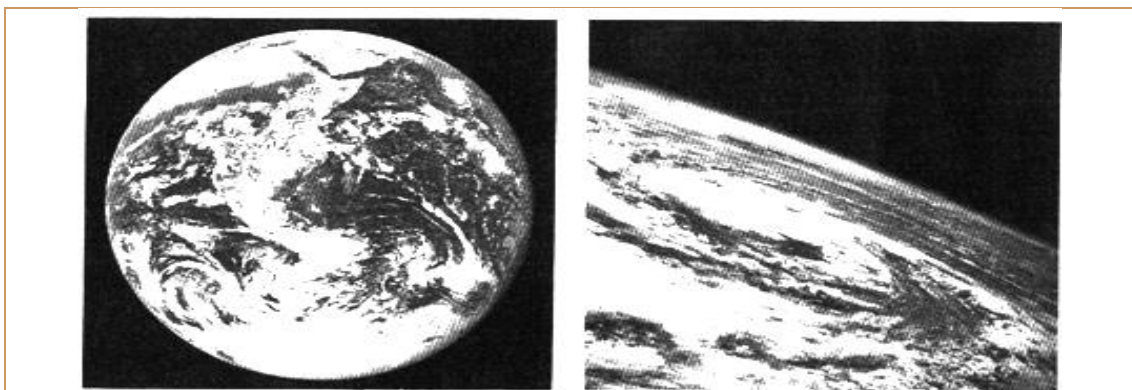


Figura 7. Imágenes desde el espacio: A. La Tierra vista desde la nave Apollo. B. Tormenta tropical a través de imagen Landsat. Tomado de Cosmos, Carl Sagan.

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.

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 cual 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 \*

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.



Imagen 10. Machu Picchu. Martin St-Amant (2009), en <http://es.wikipedia.org/>

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, 2014.09.29]

## 2.8. PROSPECTIVA PARA EL DESARROLLO MAGDALENENSE



Imagen 11. La Dorada en el entorno cambiante del río Magdalena. 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

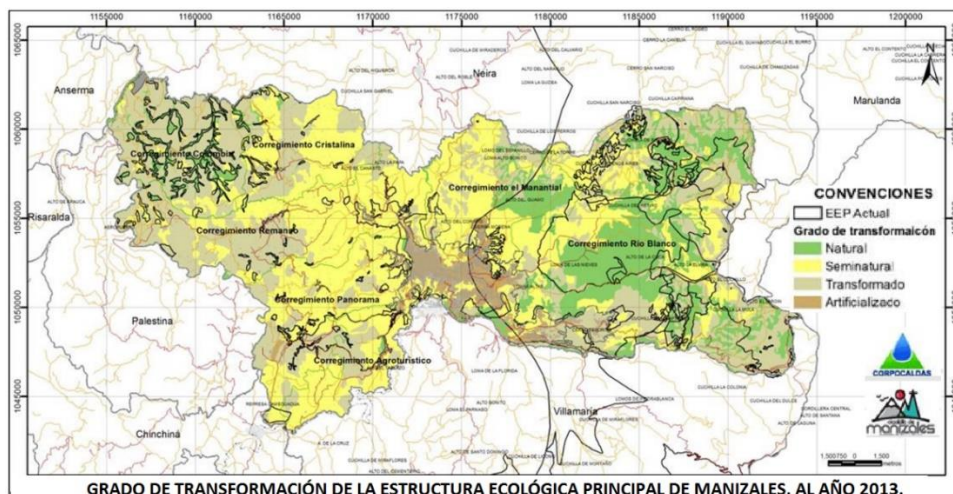


Imagen 12. Manizales: Transformaciones en la Estructura Ecológica Principal. Corpocaldas y Secretaría de Planeación Municipal.

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 Aero-café 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]

### EPÍLOGO: La agenda verde para el cambio climático, en Manizales:

- 1\_ Declarar las Reservas FP de Río Blanco y CHEC, PNN, y establecer corredores biológicos obligatorios en los ríos y corrientes mayores, recuperando los cuerpos de agua ya afectados.
- 2\_ Un programa de expansión de rutas, zonas verdes, parques y peatonales, que articule el Cerro Sancancio con el Bosque Popular y los ecoparques y El Arenillo y Los Yarumos con Monte León y Nisa.
- 3\_ Un Sistema de Transporte Integrado con alcance metropolitano, verde: con más transporte público colectivo y más ciclo rutas.
- 4\_ Educación ambiental, fomento de la energía solar, restricción a vehículos contaminantes y apoyo a emprendimientos y empresas de desarrollos sostenibles. (Manizales, 24.01.2020.) Soportes para la agenda propuesta <https://godues.wordpress.com/2020/01/17/enlaces-a-temas-ambientales/>

## 2.10. ¿AJUSTES A LOCOMOTORA ENERGÉTICA DE COLOMBIA?

*RESUMEN: El sector minero-energético colombiano es una de las locomotoras del país, necesaria para generar parte de sus rentas. En cuanto al petróleo, donde un hito histórico lo constituye la Reversión de la Concesión de Mares a estatal ECOPETROL (1951), para medir su importancia digamos que Colombia, la cuarta economía más grande de América Latina, tiene entre sus principales productos para exportación y consumo interno, el petróleo que es al tiempo el principal generador de renta externa, y los minerales y productos agrícolas. Y en relación al carbón, al igual que el Café, la “piedra negra” en Colombia ha sido por décadas, motor de desarrollo en varias regiones. Somos el principal productor de carbón en América Latina, y nuestro carbón representa el 10 por ciento del comercio mundial de este mineral, con el cual se genera aproximadamente 130.000 empleos directos formales en el país.*

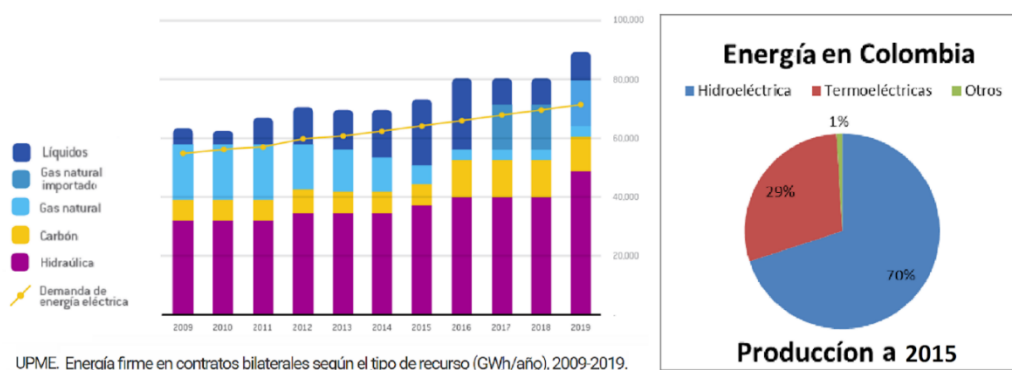


Imagen 13.: Energía en firme y Producción de energía, en Colombia al 2015. UPME

Tras cien años de haber descubierto el petróleo en Barranca y 69 años de nacionalizar nuestros hidrocarburos escribiendo así una página de oro en la historia empresarial del desarrollo económico de Colombia, al crear en 1951 la Empresa Colombia de Petróleos que luego será Ecopetrol, se logró consolidar un sector que hoy representa cerca de 5% del PIB Nacional. No obstante, el país sabe que ya no tendrá hallazgos como los de Caño Limón en los ochenta, o Cusiana y Cupiaga en los noventa, y que sus reservas de 1782 millones de barriles, equivalentes a 5,7 años de consumo, y las reservas probadas de gas cerrando el 2017 en 3896 giga-pies

cúbicos que equivalen a 11,7 años de consumo, parecen obligar a que tengamos que recurrir al fracturamiento hidráulico, para extraer petróleo de los yacimientos bituminosos del Magdalena medio y piedemonte llanero.

Esta alternativa de alto riesgo por la contaminación de acuíferos y eventual inducción de sismos someros, si se emplea responsablemente en manos del Estado puede resultar confiable gracias a que aquella posee un desarrollo de 40 años, por lo que no debería descartarse: además de posibilitar los hidrocarburos requeridos para el financiamiento del gasto público y de multiplicar varias veces nuestro horizonte de autosuficiencia, manteniendo una producción del orden de 800 a 900 mil barriles diarios de petróleo, dicha política también resultaría compatible con los esfuerzos precedentes orientados a mantener actualizada tecnológicamente la Refinería de Barrancabermeja, donde se han hecho inversiones por unos U\$4000 millones en los últimos 8 años con el propósito de fortalecer la producción petroquímica, obteniendo resultados estratégicos reduciendo la importación de diésel al 50% e incrementar la producción de polietileno.

Si en los años cincuenta del siglo pasado, el país cafetero empieza a transitar la ruta de su industrialización gracias a la nacionalización del petróleo, hoy el desafío para Colombia con las reservas petroleras convencionales desabastecidas y el cambio climático acechando en contra del carbón, aunque Ecopetrol genera más del 60% de la producción nacional y el mineral disponible abunda, es aprovechar el margen temporal de estas fuentes, mientras emergen las energías renovables y reconvertimos el transporte. Para dimensionar la importancia del sector, si en 2016 Colombia exportó U\$32900 millones e importó U\$43200 millones, entre sus exportaciones sobresalieron: Petróleo Crudo (U\$8260 millones), Briquetas de carbón (U\$5440 millones) y Refinado de Petróleo (U\$1950 millones) y entre sus principales importaciones, el Refinado de Petróleo (U\$3,320 de millones). Como referente, El Café exportado valió U\$2570 millones.

Si en Colombia el sector que consume más energía es el transporte, como responsable de casi el 50% del total y la principal fuente de generación continúa siendo la hidráulica con cerca del 70%, seguida por la térmica con el 29%; y además, si nuestro arco del consumo energético al 2016, fue 38,7% petróleo, 25,8% hidroelectricidad, 23,1% gas natural, 11,2% carbón y 1,2% fuentes renovables; entonces, en un escenario de cambio climático y bajos precios del petróleo y el carbón, ¿cómo sortear las dificultades que se advierten en nuestro horizonte económico? Una opción podría ser implementar la locomotora del carbón andino como complemento, exportándolo para contribuir al presupuesto nacional y de paso hacer viable el transporte intermodal con la expansión ferroviaria, integrando la hidrovía del Magdalena y el Corredor férreo del Cauca llegando a Urabá.

Pese a que por el cambio climático, al 2050 deberá reducirse el 80% del consumo mundial de carbón, el 50% del gas natural y el 30% del petróleo, mientras el desarrollo tecnológico hace económicamente viables las fuentes alternas de energía, habrá que exportar nuestras enormes reservas carboníferas en los próximos 40 años, asunto viable gracias a que todo el mineral de Colombia es de alta calidad: esto, ya que poseemos cerca de 6700 Millones de Toneladas MT medidas- las mayores reservas de Latinoamérica-, y somos reconocidos por tener un carbón térmico de alta calidad, donde la magnitud de las existencias y poder calorífico por regiones, varían así: en los yacimientos de la Región Caribe, el 90% y 6000 calorías por kilogramo cal/kg; en los distritos carboníferos de Cundinamarca, Boyacá y Santanderes, el 8% y 7000 cal/kg; y en Antioquia, Caldas, Valle y Cauca, donde los carbones son térmicos clase 1 A, el 2% y 5000 cal/kg.  
\* [Ref.: La Patria. Manizales, 2018/09/10]

\*\*\*

## 2.11. LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La cultura es, en últimas, el resultado de un proceso humano de recolección y procesamiento de información útil para establecer el medio ambiente y garantizar la supervivencia. Pero lamentablemente la acción del hombre ha sido históricamente hostil hacia la naturaleza olvidando así su condición fundamental: si está en lucha con ella lo está consigo mismo (George, 1986).

En la perspectiva de un crecimiento demográfico, unido al deseo de un mejoramiento de la calidad de vida de la especie humana, parece anticiparse un sombrío panorama derivado de la reducción absoluta de los recursos naturales y de la reducción relativa de los recursos artificiales.

Así, para el año 2030, el hombre será víctima de dos mitos, el de la riqueza inagotable de la naturaleza y el de su facultad ilimitada de regeneración. También encontrará insuficiente el beneficio derivado de las tecnologías previstas a esa fecha: la informática, la biotecnología, los nuevos materiales, las nuevas fuentes de energía y los nuevos espacios (Duque, 1988).

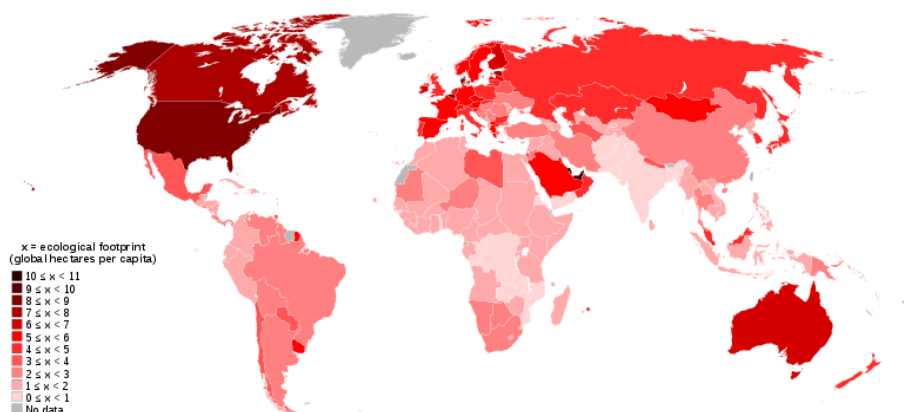


Imagen 14a. Huella Ecológica Mundial al 2007, por países: A nivel global, aunque se estima en 1,8 ha por habitante la capacidad biológica del planeta, en 2005 el per cápita alcanza entre 2 ha y 2,7. La huella depende del nivel de vida y modelo de desarrollo. Mapa HE (2007), en [hábitat.aq.upm.es](http://hábitat.aq.upm.es)

En los próximos cuarenta años, cuando el planeta alcance los 8.000 millones de habitantes, afrontará problemas sustanciales relacionados con energía, alimentos, vivienda y trabajo, cuya solución no podrá partir de la religión y de la técnica, sino de la cultura, la tecnología y la organización política, pero bajo el supuesto de un mundo más interconectado e interdependiente en lo económico. De las previsiones hechas surge de inmediato el problema del medio ambiente, porque, a pesar de las proezas de la ciencia y la técnica que posibilitan la transformación y el modelado de la naturaleza, la expansión de la especie humana tiene su límite natural trazado por las fronteras del Planeta azul y su propia fragilidad (George, 1986).

En el medio global se ponen en juego, suelo, agua y aire con las colectividades humanas, en una situación de relaciones dialécticas de acciones y reacciones recíprocas, que dependiendo del nivel de civilización y de la influencia del medio natural, sería un medio ambiente primordialmente obra de los hombres o bien, obra de la naturaleza. Cuando se crea el medio y los fenómenos naturales son huéspedes condicionantes de consecuencias y aplicaciones de las acciones e intervenciones humanas, la responsabilidad de los hombres toma un lugar decisivo. Contrariamente, si los factores naturales originales dominan el medio ambiente, el hombre, antes que ser amo de la naturaleza, sufre y destruye sin comprensión, aunque sepa neutralizar con destacado éxito algunas de sus agresiones.

En este medio ambiente, el suelo, o espacio para hombres, plantas y animales, tiene formas y potencialidades: el agua marina y continental se liga con un ciclo esencial para la vida y es medio

o agente directo o indirecto de perjuicio, y el aire, en la máquina atmosférica, es sede del clima, es alimento y también medio o agente de beneficios y amenazas. Y es que los elementos del medio ambiente tienen su propia dinámica condicionada por las fuerzas que mueven el planeta y por las que rigen la vida de un grupo biológico, con la misma simbiosis y parasitismo. Por eso, objetivamente, el medio ambiente es un sistema de relaciones muy complejas con gran sensibilidad a la variación de uno solo de sus factores, que provoca reacciones en cadena; mientras, subjetivamente, el medio ambiente es un estado de conciencia donde se percibe la fragilidad del medio y la contingencia del medio ambiente (George, 1986).

Así nace la noción del límite a la acción humana que se debate entre la confianza a su capacidad creadora de un medio paranatural y la insensibilización frente a la gravedad de riesgos asociados a la acción antrópica y a las amenazas naturales. En resumen, un miedo a la crisis pone en entredicho la civilización o incluso la conservación de la especie. Partiendo de esa concepción que del medio tienen las colectividades humanas que lo ocupan y de la forma, tomándolo como base o vía de producción, desembocamos en el problema de la economía donde se le considera en función de su aptitud para producciones totales o por su calidad de ayuda en actividades generadoras de valores agregados según su extensión, fecundidad y posición (George, 1986).

Con ese enfoque, inevitablemente debemos abordar la problemática del medio ambiente en el terreno de la economía política para comprender en esencia la racionalidad del hombre que permite contaminar las aguas, cargar de impurezas el aire y acabar con los suelos de cultivo y soporte del hábitat. El avance del modelo económico basado en una economía de mercado, permite, en el corto plazo, la privatización de los beneficios derivados de la explotación de los recursos, mientras los costos de esa explotación han de socializarse en el largo plazo para que los asuma el Estado o, en su defecto, la población, con el deterioro de su calidad de vida (Duque, 1989).

Que ríos del planeta sean nuestras cloacas donde se vierten desechos industriales y residenciales, que se talen en el mundo tres hectáreas de bosque por minuto, que se destruya con freones la capa de ozono, que en nuestros mares mueran bancos de coral o que los sectores urbanos con amenaza natural sean al tiempo las zonas subnormales de la ciudad, no es un problema relacionado con el nivel de desarrollo sino con el modelo de desarrollo que hemos adoptado (Carrizosa, 1990). Definitivamente no podemos olvidar que el agua limpia, el oxígeno y la fertilidad del suelo, no son el resultado de la acción humana, sino el resultado de la interacción de cientos de miles de especies de plantas, animales y microorganismos que componen nuestro ecosistema. Así, la calidad del ambiente depende de la estabilidad de los ecosistemas, hoy amenazados por el hombre que atenta contra la preservación y mantenimiento de la diversidad biológica y el equilibrio de la biosfera (El Tiempo 1990).

Si tan necesaria es la preservación de los suelos de cultivo, como la de los litorales y de todas las especies; si tan grave resulta el proceso de desertificación, como también la desastrosa contaminación del aire que calienta el clima, ¿Por qué nuestra actitud de consumismo, desperdicio e individualismo y por qué persistir en un modelo de desarrollo caracterizado por una vocación suicida? Nace entonces la propuesta alternativa de un modelo de desarrollo sostenible como exigencia de vida o muerte para la humanidad. Un desarrollo compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la diversidad biológica y los recursos biológicos. Un desarrollo que aumente el control que el hombre tiene sobre sus vidas y que rescate y fortalezca la identidad de la comunidad. Un desarrollo compatible con la cultura y los valores de los pueblos afectados. Un desarrollo de eficiencia económica con equidad dentro y entre generaciones (Carrizosa, 1990).

Ese complejo concepto, que incorpora los principios de sostenibilidad ecológica, sostenibilidad social, sostenibilidad cultural y sostenibilidad económica, define en sus metas una sociedad sostenible como una sociedad que satisface sus necesidades sin poner en peligro los prospectos de las futuras generaciones. También dicho concepto se constituye a la vez en fórmula para enfocar la solución a los futuros problemas de energía, alimentos, vivienda y trabajo, antes anunciados. Finalmente, como quiera que el problema del medio ambiente ya va entrando en el repertorio político, y ya la opinión pública, antes indiferente e inconsciente, reacciona apasionadamente contra amenazas y frustraciones de índole ambiental, resulta útil trazar los elementos de una política del medio ambiente, precisando sí, que para el cambio de actitud de los hombres y colectividades, se hace necesario el cambio hacia una mentalidad de desarrollo sostenible (El Tiempo 1990).

Los elementos básicos de esa política serían la educación y la información, como instrumentos de culturización y responsabilidad; la planeación explícita, como instrumento de prevención y regulación en el uso y manejo del medio y los recursos; la respuesta tecnológica, como instrumento de eficiencia y como resultado complementario para la debida transformación y modelado de la naturaleza; la organización comunitaria, como instrumento de adaptación y adecuación del sistema social con base democrática, y la acción legal y jurídica, como instrumento de legitimación y control de los derechos, deberes y acciones del hombre sobre el medio.

Las reflexiones anteriores no necesariamente satisfacen todos los puntos de vista de las corrientes ecologistas. Algunas persisten en la idea de reducir el problema ambiental a la cuestión ecológica, y no admiten el concepto de medio ambiente como el resultado de la interacción entre cultura y medio ecosistémico; posiblemente sea esta una perspectiva fácil de superar. Otra corriente aboga, no por un modelo de desarrollo sustentable, el que supone la explotación de la naturaleza por el hombre, sino por el ecodesarrollo, en el cual hombre y naturaleza armonizan. Evidentemente esta perspectiva viene cargada de todos los elementos de un paradigma.

Fuente: Desarrollo Sostenido en la Prospectiva de la Problemática Ambiental y la Supervivencia, GDE (1991). U. N. de Col. Bosques tropicales del mundo, en nicolebenefieldillmanees.weebly.com

...

## 2.12. HURACÁN IOTA: TIFÓN QUE ABATE SAN ANDRÉS.

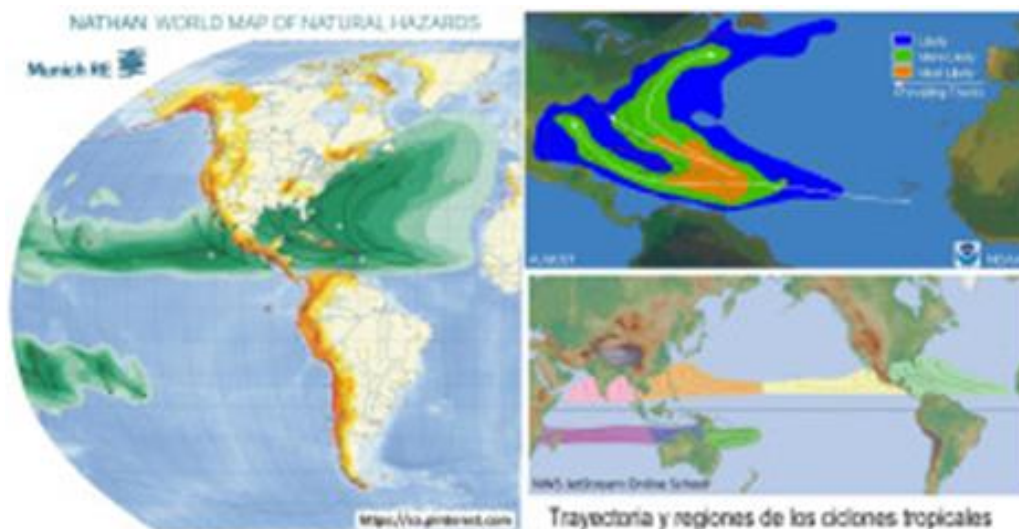


Imagen 14b: Rutas predominantes y regiones de formación de ciclones tropicales. Fuentes: Munich RE; NOAA; NWS Jet Stream.

El desastre de noviembre 16-17 pasado en San Andrés y Providencia por el huracán Iota, histórico por ser el primer evento de categoría 5 que se abate sobre el archipiélago colombiano ubicado en el Caribe, destruyendo el 80% de Providencia, hace imperioso volver sobre las amenazas hidrogeológicas y climatológicas que afectan a Colombia, exacerbadas por el cambio climático para examinar las medidas que debemos adoptar al mitigar sus riesgos.

Con su ojo transitando sobre los 13.5° de latitud N y 81.6° de longitud W, una presión mínima de 925 milibares, vientos sostenidos de 250 kilómetros por hora y ráfagas de 287 kilómetros por hora, en su desplazamiento a velocidad de 16 kilómetros por hora en dirección Este-Oeste, el huracán Iota se abatió sobre las islas Providencia, Santa Catalina y Banco Quitasueño.

Sabemos que fenómenos ciclónicos del Atlántico como éste, cuya ocurrencia históricamente con magnitudes 3 a 5 en la escala de Saffir-Simpson es de 2 eventos por año en promedio, además de dejar destrucción a su paso por el Caribe, también con sus brazos extendiéndose hasta 500 kilómetros desde el ojo del huracán, genera fenómenos colaterales en el norte de Colombia, al provocar con sus vientos y lluvias intensas: mar de leva, erosión costera, inundaciones y deslizamientos.

El departamento de San Andrés, único de Colombia sin territorio continental, está constituido por un archipiélago de islas con una superficie de 44 kilómetros cuadrados -donde habitan 80 mil compatriotas-, más cayos e islotes ubicados sobre una plataforma volcánica del Caribe suroccidental.

#### **\* Ciclones tropicales**

Obsérvense la dirección Este-Oeste de Tifones y Huracanes, transitando por vecindades del Ecuador Terrestre, condicionada por aguas cálidas y la dirección E-W del viento. La trayectoria se explica por la fuerza de Coriolis, según la cual 1- no sólo las corrientes oceánicas bajando frías del polo Norte, para doblar en África hacia las Antillas donde llegan calientes, regresan por la costa Este de Norte América; y también subiendo del polo Sur frías hasta Perú y Ecuador, para doblar hacia Indonesia donde llegan cálidas, descienden por Oceanía al Antártico; y 2- sino que también, los remolinos formados en el aire y en el agua, igualmente giran todos en sentido directo en el hemisferio Norte, y todos en sentido retrógrado en el hemisferio Sur del planeta. Lo anterior, dado que la Tierra rota de Oeste a Este y que la fuerza centrífuga decrece con la Latitud, yendo del Ecuador a los polos.

Si bien gracias a la observación satelital el estudio de los ciclones tropicales permite elaborar pronósticos espacio-temporales, con días de anticipación y una probabilidad significativa, estos fenómenos que no son predecibles, desde la antigüedad fueron del interés humano, cuando la mitología griega los asociaba a la ira de los dioses.

Según el mito, Tifón hijo de Gea, un colosal y espeluznante monstruo alado, quien intentó destruir a Zeus en venganza por haber derrotado a los Titanes, además de erupcionar lava creó los huracanes con el batir de sus enormes alas. Para los griegos otros fenómenos como los terremotos ocurrían cuando Poseidón, el dios de los mares, hacía tambalear a Atlas, quien sostenía al mundo en sus hombros como castigo de Zeus.

#### **\* La amenaza**

El cambio climático del planeta explicando un aumento de la temperatura de 1,5°C a 2,5°C durante los próximos cincuenta años en tierras emergidas, según las características de las diferentes regiones de la Tierra, además de propiciar la ocurrencia de los eventos climáticos extremos durante las dos fases del ENSO, tal cual ocurre ahora con La Niña que está afectando a Colombia durante el actual invierno, también afectará los océanos y con ello la exacerbación en intensidad de los ciclones por el Caribe.

Es decir, el calentamiento global como factor de desastres hidrogeológicos, se traduce ahora en un cambio de la amenaza, provocando tormentas ciclónicas de mayor intensidad, lluvias inusuales y sequías severas, lo que se traducirá en inundaciones, deslizamientos, incendios forestales, y degradación ambiental para los países ubicados en las rutas de los huracanes.

#### Cuadro: QUÉ HACER FRENTE A LOS HURACANES

**ANTES:** Elaborar un plan de contingencia de carácter participativo. Almacenar alimentos y agua. Cubrir ventanas y asegurar techos. Disponer de forma segura documentos importantes. Surtir medicamentos recetados. Elaborar directorio telefónico de contactos estratégicos. Encender la radio de pilas para recibir información. Limpiar azoteas, desagües, canales y coladeras. Podar ramas de árboles que amenacen daño. Preparar botiquín de primeros auxilios. Protege vidrios y cristales con cinta adhesiva. Realizar simulacro para ajustar el plan familiar de emergencias. Tener a la mano ropa de abrigo e impermeable. Atender directrices sobre planes para evacuaciones y refugios, incluidos los de las mascotas. Revisar el plan con los vecinos y hacer los ajustes necesarios.

**DURANTE EL HURACÁN:** Conservar la calma y tranquilizar a los familiares. Cerrar llaves de paso de gas y agua. Desconectar aparatos e interruptor de energía eléctrica. Mantenerse alejado de puertas y ventanas. Encender la radio de pilas para informarse. Prevenir el impacto de la tormenta eléctrica. Mantener el estado de alerta hasta el fin de la emergencia. Revisar acciones contempladas en el plan.

**DESPUES:** Verificar la seguridad del entorno afectado. Hacer lo propio con vecinos y amigos. Si tiene que evacuar, prepare un “kit listo para llevar” lo planeado. Asegúrese de seguir las recomendaciones de distanciamiento social por pandemia. Seguir recomendaciones de los Comités de Defensa Civil para protegerse a sí mismo y a las otras personas. Hacer ajustes post-emergencia al plan.

La intensidad de una tormenta ciclónica se califica desde 1 a 5 con la escala Saffir-Simpson – en función de la velocidad de sus vientos-, así: Cuando la categoría es 1, hay inundaciones en zonas costeras y daños menores en zonas urbanas por vientos entre 119 y 153 kilómetros por hora, y olas que pueden llegar a 1,5 metros de altura. En categoría 3, son vientos de 178 a 209 kilómetros por hora, y mareas de 2,7 a 3,7 metros. Cuando la categoría es 5, hay destrucción masiva de viviendas e infraestructuras con vientos sostenidos por encima de 250 kilómetros por hora, o por olas que pueden superar los 6 metros de altura.

#### \* Impactos de Iota

El archipiélago, con un PIB de \$1,63 billones en 2019, movido por el turismo, por el gasto público y por el comercio, cuya participación es del 0,15% en el PIB total, reporta daños, así: en San Andrés, más de 1400 viviendas parcialmente destruidas, 60 establecimientos de comercio afectados, 110 alojamientos y 3 hoteles con algún tipo de afectación; en Providencia, donde habitan aproximadamente 6 mil personas, daño en el 98% de sus 1500 viviendas. Súmese a lo anterior la pérdida generalizada de playas ocasionada por el mar de leva.

A la problemática de la falta de agua y luz, a la escasez de comida y al daño en cultivos de caña, plátano, coco, sandía y otros productos transitorios afectados por el huracán, en un escenario en el que el 85,4% viviendas no tenían cobertura de acueducto ni alcantarillado -según el DANE-, se suma el daño funcional del hospital de Providencia, donde el alcalde Norberto Gari Hooker informa de una afectación en infraestructura del 98%, aunque sólo se registran dos personas fallecidas. El Gobierno declaró situación de desastre departamental en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, por 12 meses prorrogables.

El costo del plan de acción y respuesta a esta emergencia y a la problemática de la pandemia, según el presidente Iván Duque -quien debió esperar en Cartagena para partir hacia el archipiélago, para atender la crisis más de 15 horas después del paso del huracán Iota-, inicialmente se estima en \$135 mil millones, para acometer 118 acciones que incluyen remover escombros y restablecer servicios públicos esenciales, y proveer de forma acelerada la ayuda humanitaria, entre otras acciones de la fase de emergencia. No obstante, la reconstrucción en sí, que se esperaba duraría 100 días, será más costosa y demorada: el gobierno reconociendo luego que no hay una cuantificación suficiente de las pérdidas en materia de infraestructura, concluye que el tiempo sería mayor y planea invertir más de \$30.000 millones para el alcantarillado en San Andrés, además de \$150.000 millones adicionales para arreglar la infraestructura afectada.

#### **\* Planeación preventiva.**

Sabemos que los daños potenciales asociados a huracanes, de conformidad con su intensidad, varían desde daños funcionales, y otros como los asociados a caída de árboles, objetos lanzados como proyectiles y afectaciones en tejados, ventanas o casas móviles y embarcaciones no amarradas, pasando por afectaciones estructurales de los edificios, al igual que por cultivos arrasados, y por efectos severos de tormentas eléctricas, flujos de lodo y deslizamientos, llegando hasta la destrucción total con pérdida de vidas. Súmense las inundaciones en zonas costeras y tierra adentro, o incluso en plantas bajas de edificios cercanos del litoral, además de eventos hidrogeológicos, y de la erosión de bancales y playas, lo que conlleva a la pérdida de los frágiles ecosistemas costeros.

El primer elemento a considerar, además de la construcción de defensas frente a los eventos señalados, según se trate de un ambiente litoral y en montaña, es la ubicación de la vivienda en zonas de amenaza a huracanes: allí, además de contar con un mapa de amenazas potenciales a escala de detalle, señalando zonas aptas libres de amenaza severa por erosión, corrimiento de tierras, flujos de lodo y niveles de inundaciones, debe prohibirse o restringirse el uso conflictivo del suelo, además de obligarse al cumplimiento de normas constructivas seguras, contempladas en el código correspondiente. En el litoral la fuerza del oleaje obliga a considerar, además de muros con refuerzo y cimentación prever la amenaza de inundación; y frente al viento huracanado la ventaja de las viviendas de mampostería reforzada, la amenaza sobre techos no anclados y ventanas no blindadas, al igual que la caída de árboles e impacto de objetos portados por el viento a modo de proyectiles.

Sabemos que, en los ambientes costeros del Caribe, son frecuentes las edificaciones y viviendas con estructura ligera de madera, lo cual reduce las fuerzas sísmicas gracias al menor peso, pero no la vulnerabilidad al empuje del viento.

Por lo tanto, dada la fuerza del aire huracanado, se requieren conexiones dúctiles y ancladas en la envolvente, ya que el uso de muros reforzados en una construcción con envolvente de madera, puede ofrecer un comportamiento dúctil para prevenir grietas y fisuras. Adicionalmente, se debe emplear un sistema estructural redundante, dotando los edificios de envolvente de madera, que verticalmente involucre al techo y a nivel horizontal confine perimetralmente la estructura por la parte alta y sujete la estructura al piso, aprovechando para esto además de un sistema de anclaje, los encuadres repetitivos por estar ensamblados con múltiples conectores, que proporcionan vías de carga múltiples y a menudo redundantes para la resistencia a las fuerzas dinámicas. Además, los paneles de estructura de madera deben quedar debidamente unidos a la envolvente de madera, techo y pared, formando diafragmas y paredes cortantes para resistir estas fuerzas dinámicas del viento. Los códigos también establecen requisitos mínimos de sujeción para la interconexión de miembros repetitivos del entramado de madera, aplicables para la construcción de la envolvente estructural.

Fuente: Razón Pública, 23-11-2020. Bogotá.

\*\*\*

## 2.13. C&T, CULTURA Y RURALIDAD EN CALDAS

Estas notas, que parten de un documento de 2013 elaborado por el suscrito con motivo de la instalación del Comité Regional de Ordenamiento Territorial de Caldas, un departamento mediterráneo del trópico andino con 7888 km<sup>2</sup>, ubicado en el centro del país, se han complementado en 2019 para ser presentadas en el Contexto de CTS de la U.N. de Colombia, Sede Manizales. Aunque de sus 990 mil habitantes el departamento, concentraba cerca de 400 mil habitando en las zonas urbanas de Manizales-Villamaría, además de unos 300 mil más en las cabeceras de los 25 municipios restantes, también cuenta con cerca de 290 mil en los medios rurales dispersos, con un índice de NBI del 29,18% al 2015, contra el 11% de los medios urbanos.

Aunque metodológicamente habrá que trabajar las temáticas del ordenamiento del territorio en todos los ámbitos: miraremos el departamental y el contexto regional. Primero, a nivel departamental, tomando como unidad de planificación las seis subregiones, además de considerar la integridad de las cuencas, y de los medios rurales y urbanos de todo el territorio; y segundo, a nivel regional, dando una mirada a las dimensiones del desarrollo en el marco de la Ecorregión Cafetera, para no desestructurar un territorio del cual Caldas hace parte fundamental, ni desconocer la conurbación de facto conformada por las tres potenciales áreas metropolitanas de las capitales del Eje Cafetero.

\*\*\*

### LA ECORREGIÓN: UN ESCENARIO BIODIVERSO, MESTIZO Y PLURICULTURAL

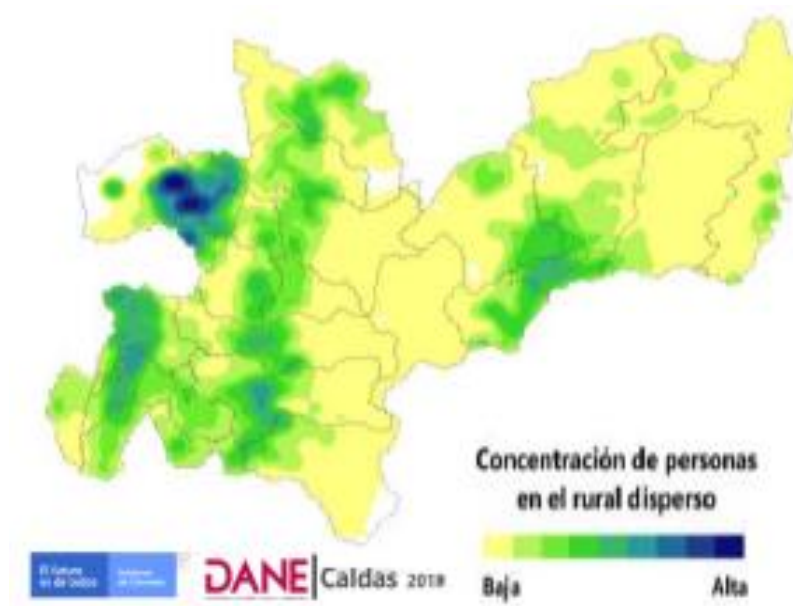


Imagen 15- Caldas: concentración de la población en los medios rurales del departamento, según el Censo de 2018. Dane 2019.

El territorio caldense al igual que la ecorregión, visto como un constructo cultural, se presenta desde el Museo Samoga de la U.N. de Colombia, así:

El alto occidente, o “Mundo Pachamama”, como una tierra de resguardos y negritudes, que además de ser una subregión panelera y de currulaos, es minera: en el oro de Marmato y Riosucio existe más novela y poesía que en el café.

El Magdalena centro o “Mundo Bachué”, como la tierra de los bundes, ranchos de hamacas, chinchorros, subiendas de bagres, nicuros y bocachicos, y también de la boga, de los vapores por el río y la expedición botánica; además, sobresale en ella el alto oriente con su potencial minero-hidroenergético.

La región central o “Mundo Yuruparí”, como la tierra del Paisaje Cultural Cafetero, asociada a la colonización antioqueña del siglo XIX, es una tierra de chivas y jeepaos, cuna del bahareque de guadua de los bambucos y de la música de carrilera, y también de los cables aéreos y los Ferrocarriles Cafeteros.

La región cordillerana o “Mundo Chiminigagua” en la tierra de páramos con sus volcanes, los paisajes nevados y las fértiles tierras San Félix-Murillo, que tiene sus propios íconos en el cóndor, el pasillo, la ruana de Marulanda, la palma de cera, el bahareque de tabla parada y el sombrero aguadeño.

Súmense a los mundos anteriores, los mundos de la ciencia, la tecnología y la cultura – “Bochica, Chibchacum, y Chía”-, por ser las tres dimensiones necesarias para resolver la problemática socioambiental del territorio, relacionada con la brecha de productividad en Caldas y la ecorregión, mundos de los cuales partirán las estrategias para aprovechar las potencialidades naturales y culturales del territorio.

## LA DIMENSIÓN SOCIAL

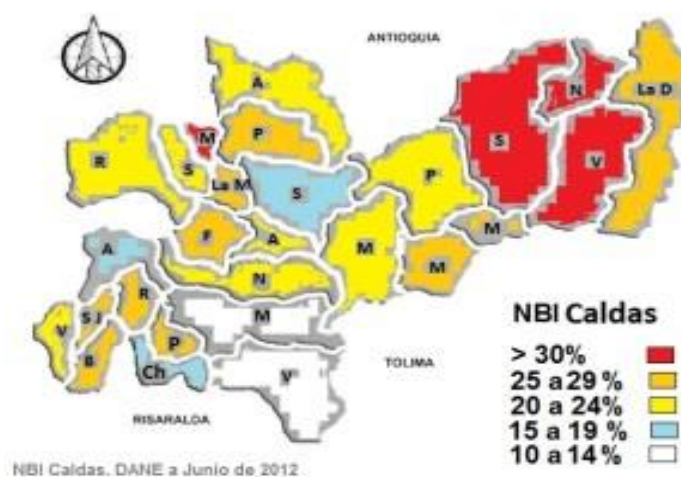


Imagen 16- Izq. Las NBI en Caldas para el 2012 fue del 17,7% frente al 27,6% del promedio nacional. A pesar de un PIB per cápita alto en Norcasia donde está Miel I y en Marmato dada su producción aurífera, las Necesidades Básicas Insatisfechas NBI en estos municipios, son de las más altas en Caldas. Mapa NBI de Caldas. Dane 2012.

Caldas, además de las brechas entre pobreza urbana y rural, presenta alta tasa de desempleo, bajo ingreso per cápita rural y precario crecimiento del PIB. Y aunque desde 2000 al 2012 el departamento no mostraba cambios sustanciales, del 2012 al 2017 mostró mejoras significativas. Veamos:

En pobreza monetaria Caldas (comparado con Colombia), paso del año 2002 al 2017, de 46,1% (49,7%) al 26,7% (26,9%), mientras que en pobreza extrema Caldas (Colombia), entre 2002 y 2017, pasó de 12,9% (17,7%) a 6,5% (7,4%).

En el Índice de Desarrollo, IDH de Caldas (comparado con Colombia), a pesar de un crecimiento interesante entre 1993 y 2004, probablemente por la incidencia de la educación y en segundo lugar por la mayor esperanza de vida, cuando pasa de 0,77 (0,70) a 0,78 (0,77), prácticamente se mantiene hasta 2005, al llegar a 0,79 (0,78). Al 2019, dicho índice es del 0,83 (0,77).

En el Gini del ingreso, que para Manizales (comparado con Colombia) ha pasado del 51% (57%) en 2002 al 50% (51%) en 2017; también en dicho año, mientras el desempleo fue del 11% y el subempleo llegó al 19%, la Informalidad laboral, fue del 43%.

\*\*\*

Igualmente, así el café sea un cultivo de pequeña superficie, de cara al desarrollo rural, habrá que contemplar una reforma agraria para resolver la concentración de la propiedad de tierra. La transición de un esquema productivo agrícola a uno prestador de servicios, ha favorecido la migración urbana hacia la capital caldense, pero también la pérdida de población económicamente activa para Manizales y Caldas.

En esta nueva sociedad del conocimiento, la estructura del empleo ha ido cambiado: ya no depende de habilidades manuales y menos de fuerza muscular, sino de competencias sociales e intelectuales.

La profunda crisis de valores y del empleo, se relacionan con un modelo educativo anacrónico y aburrido, y con el bajo nivel de escolaridad que en la ciudad apenas supera los 10 años y en el campo los 4 años.

Dicho modelo educativo, además de priorizar ciencias, matemáticas y lenguaje, si se quiere desarrollar el talento humano, deberá darles similar relevancia a las humanidades, al arte, la cultura, la música y el desarrollo del cuerpo humano. Igualmente, el currículo deberá contextualizarse con una oferta que exprese la identidad cultural de la provincia y se fortalezca con las TIC.

## LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

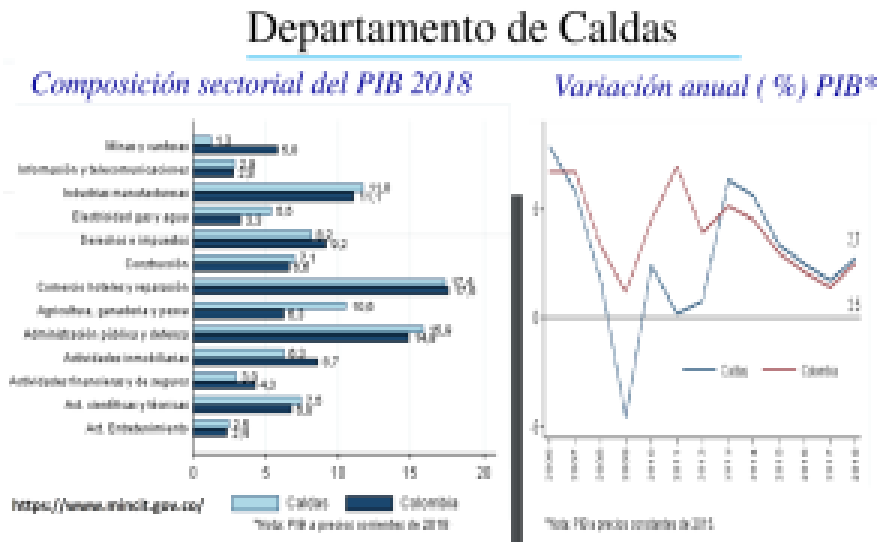


Imagen 17- Composición del PIB de Caldas al 2018 donde se advierte el peso del sector terciario superando la suma de los otros sectores, y variación del PIB entre 2006 y 2018 <https://www.adr.gov.co/>

El PIB de Caldas, con una participación del 1,52% equivalente al 40% del PIB del Eje Cafetero al 2017, y donde el sector terciario hace la mayor proporción y la Industria aporta cerca de 1/5 parte, la agroindustria cafetera resulta relevante y el sector primario solo aporta el 3% del PIB. Entre otros factores, que afectan la economía en la provincia están la profunda brecha de productividad e ingreso, y las barreras de movilidad y conectividad rural. Y aunque se hayan dado crecimientos importantes en algunos momentos, el PIB departamental entre 2004 y 2014 sólo creció en promedio 2,6%, contra una media nacional anual del 4,8%.

Cabe entonces preguntarse ¿en cuáles sectores y actividades económicas, tienen la región y Caldas posibilidades de crecimiento, con qué estrategias y para cuáles objetivos? Para empezar, eso es posible si se parte de los siguientes elementos: a- del potencial minero-energético, y de un

patrimonio hidroenergético aprovechable equivalente a 2000 Mw; b- de la posición geoestratégica de La Dorada y del Km 41 para un sistema intermodal de carga en la región Andina,; y c- de la declaratoria del Paisaje Cultural Cafetero PCC como Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Como propuestas estarían: en primer lugar, potenciar el sector terciario, donde la principal barrera podría ser el factor educativo, dado que el nivel de escolaridad apenas superara los 4 años en la zona rural y los 10 años en la urbana; y a futuro, el fortalecimiento de las economías verde, naranja y azul, gracias a la expansión de las TIC cuya red cubre el departamento. Mientras en Colombia el aporte al PIB por el cultivo del café sólo es el 0,8% y del 2,3% por turismo, en 2005, el turismo a nivel mundial aportó el 10,6% generando uno de cada ocho empleos.

Igualmente, la economía naranja que tiene una participación del 3,3% en el PIB, podría llegar al 7% en 2030. Creemos que en la Ecorregión Cafetera, el Paisaje Cultural Cafetero PCC como factor detonante del turismo podría contribuir con el 10% del PIB y de la generación de empleo, empleando la estrategia del clúster temático con dos componentes: la línea ecológica (termalismo, poblados patrimoniales, Aviturismo, senderismo... y el área de la salud, mediante estrategias que articulen esfuerzos regionales.

Súmese a lo anterior, el aporte de las plataformas logísticas de Aerocafé si se equipa de una pista con alcance transoceánico, y otra para la hidrovía del Magdalena extendida hasta el Huila, y dotada de un polígono de industrias minero-energéticas.

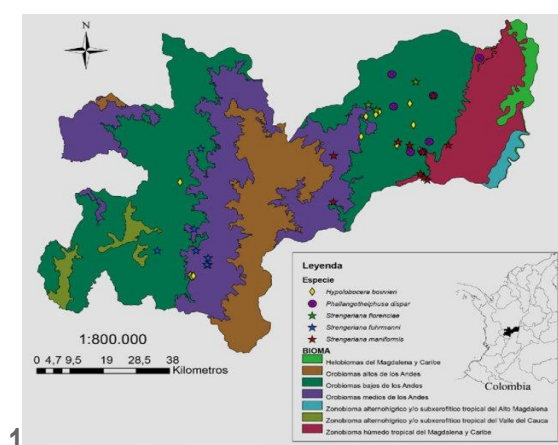


Imagen 18- Biomasa de Caldas. Fuente, Corpocaldas -Juan Mateo Rivera Pérez

La Ecorregión Cafetera es un gran jardín con problemas de cobertura boscosa para enfrentar el cambio climático, ya que en 2000, sus coberturas en potrero llegaban al 49% y la de bosques al 19%. En el caso de Caldas, al 2019 el área de cultivos con una extensión de 104 mil ha, distribuidas en café (78907 ha), plátano 25004 ha y otros cultivos (10497 ha), sumada a las 111 mil ha del área forestal y en guadua, arrojan un total de 215 mil ha, equivalentes al 29% del departamento, cuantía inferior a las 294 mil ha de las tierras destinadas a actividades ganaderas y pecuarias, o sea a potreros, que representan el 40% del territorio caldense.

Aunque los centros poblados son una fracción reducida, también son los mayores vectores de contaminación del territorio. Además de las amenazas naturales propias del trópico andino, la expansión urbana, la ganadería extensiva y la mega-minería, amenazan los ecosistemas andinos y el agua, por su fuerte impacto sobre los bosques secos y andinos como en el caso de los bosques de niebla, además de los páramos en la alta cordillera, y del patrimonio cultural del occidente caldense en Marmato – Supía- Riosucio.

Como principio debe plantearse que mientras el oro y el carbón como recursos pueden ser explotados, el agua y la biodiversidad son un patrimonio, y como tal deben preservarse y no considerarse una mercancía objeto del mercado.

## LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Con el tránsito de la sociedad industrial de ayer a la sociedad del conocimiento, si se centran los esfuerzos mancomunados de empresarios, gobierno, el tercer sector y la academia para aprovechar las ventajas naturales y culturales de la Ecorregión, en la construcción de sinergias entre la nueva economía de las TIC, la economía verde, la economía azul y la economía naranja, entonces, la nueva economía del conocimiento soportada en centros de investigación con la Universidad Pública a la cabeza, puede trazar una estrategia de promoción y desarrollo de la Ciudad y la Región, para apalancar su economía en tres áreas: las Tecnologías en Información y Computación (TIC); la economía Naranja y la Biotecnología (verde, blanca, roja y transversal).

Para lo anterior, Caldas debe propender por la integración regional, propiciando con ello una revolución urbana al consolidar la ciudad región del Eje Cafetero, lo que supone complementar las economías regionales, logrando con ello conformar masa crítica para encontrar en cada área temática una empresa ancla atractora, y poder construir sinergias a partir de ventajas asociativas, que permitan hacer del carácter biodiverso del territorio y de su potencial natural y cultural, una ventaja competitiva.

\*\*\*

## LOS DESAFÍOS DEL POT

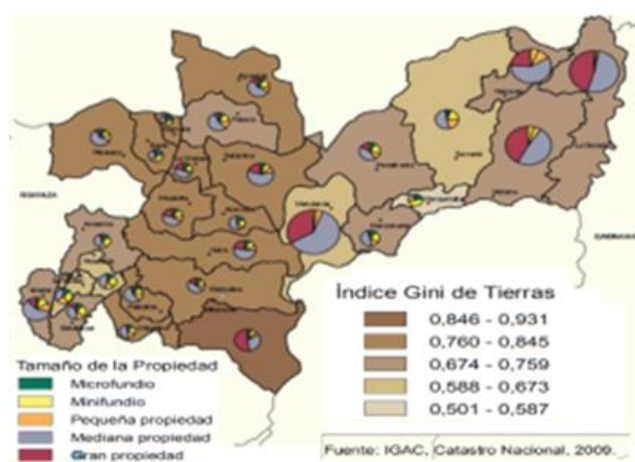


Imagen 19- La estructura de la propiedad de la tierra en Caldas muestra valores altos, y está caracterizada por un Gini promedio del 0,88, según Informe de Desarrollo Humano 2009.

**En la Dimensión Humana y Social:** Se debe ubicar a las personas en el centro del desarrollo. Allí, para el desarrollo rural y en general de la provincia, entre otros temas centrales y grandes desafíos, tenemos: la inequidad y la pobreza, la carencia de vivienda y de salud, la brecha educativa y de ingresos, la drogadicción, la exclusión y la violencia de género, la delincuencia y el desempleo. Además de una revolución agraria para resolver la inequidad rural, con acciones de fondo, las políticas de C&T imbricadas con la cultura y un nuevo modelo educativo que desarrolle el talento humano, son claves.

**En la Dimensión Medio Ambiente y Territorio:** La sostenibilidad debe soportarse en la responsabilidad social y ambiental. Se propone la asociatividad soportada en sinergias territoriales, fortalecer el transporte rural como catalizador de la reducción de la pobreza, romper las barreras asociadas a la condición mediterránea del territorio para lograr la conectividad de Caldas, como también la gestión integral del riesgo, entre otros desafíos. El medio andino, además de sus amenazas del orden vulcanotectónico, debe enfrentar el cambio climático, abordando temas fundamentales como el agua y la biodiversidad.

**En la Dimensión Producción e Ingresos:** Hay que priorizar la formación del capital social sobre el crecimiento económico, y desarrollar políticas de Ciencia, Tecnología y Cultura como estrategias para cerrar la brecha de productividad e ingresos. Además, en las políticas públicas deberán diferenciarse la producción rural y artesanal, de la industria y agroindustrial, para implementar acciones incluyentes en los medios rurales y con los pobres urbanos. Igualmente, además de centrar el desarrollo con una apuesta a las TIC, la biotecnología y la Economía Naranja, también: 1- habrá que apostarle a la Ciudad Región como estrategia de Revolución Urbana, y 2- habrá que desarrollar las plataformas logísticas para la hidrovía del Magdalena, para el ferrocarril del Pacífico llegando a Urabá, y para Aerocafé con pista extendida para opera con alcance transoceánico| apalancando el PCC.

**En la Dimensión Cultura y Educación:** Se propone formar en la civilidad como valor supremo de la cultura urbana, formular un nuevo modelo educativo y priorizar el desarrollo de la identidad cultural, como objetivos estratégicos dado el carácter multicultural y pluriétnico de Caldas, donde las etnias indígenas y afro del Occidente de Caldas con sus aportes a la caldensidad, merecen además de tierra productiva y el reconocimiento organizacional, especial atención.

**En la Dimensión Político Institucional:** Urge fortalecer la apropiación social de los procesos de intervención del territorio, como también afianzar procesos de gobernanza, paz, desarrollo institucional y lucha contra la corrupción, con el concurso de la sociedad civil y ONG. La participación en el POT del tercer sector y por lo tanto de los actores sociales estratégicos y comunidades de base, supone abordar modelos de gestión en los cuales el territorio es entendido como una construcción social e histórica.

## Epílogo

Una región debe soportarse en un territorio, entendido como un sujeto con identidad cultural resultado de procesos sociales e históricos. El transporte rural como catalizador de la reducción de la pobreza y las TIC, son fundamentales para consolidar el territorio.

Deben implementarse políticas públicas soportadas en procesos de C&T imbricados con cultura, para cerrar la brecha de productividad que agobia al campo y poder construir un territorio ambientalmente sustentable, socialmente equitativo y económicamente viable.

Urge un nuevo modelo urbano soportado en sinergias territoriales y en acuerdos para resolver la integración regional, abordando temas sustantivos como: pobreza, ruralidad, agua, cuencas, inversión pública, servicios públicos y movilidad urbana.

De implementarse un sistema de transporte que abrigue las áreas metropolitanas y rur-urbanas de las capitales cafeteras, con la mayor conectividad y movilidad crecerán también la economía y las oportunidades sociales de la población.

Mientras la infraestructura sugerida para implementar un sistema modal del transporte para la zona andina, permitirá el desarrollo de nodos estratégicos por agua y tierra en Honda-La Dorada, y en La Felisa – Km 41- La Virginia, igualmente Aerocafé será la fórmula para hacerlo en el modo aéreo y para apalancar la apertura del Paisaje Cultural Cafetero.

Además, la integración del Eje Cafetero que empieza por consolidar las áreas metropolitanas de sus capitales y que obliga a diferenciar competencias en las funciones urbanas entre las capitales cafeteras para consolidar nuestra Ciudad Región, también será la fórmula para una revolución urbana al estructurar un eje de desarrollo en el Occidente Colombiano entre Medellín y Cali.

Para el desarrollo del Eje Cafetero, bajo los preceptos de la Ley colombiana, y de la necesaria descentralización de los recursos de la Nación, se hace necesaria una integración de los entes territoriales, en el marco de la LOOT 2011 y en particular de la Ley 1625 de 2013, lo cual garantiza mayor capacidad política y administrativa a las regiones en los territorios conurbados, y el respeto

de los fundamentos de la autonomía municipal entre los asociados. A nivel rural, antes que la lucha contra la pobreza, urge una reforma agraria que resuelva la inequidad para garantizarle medios de subsistencia a las comunidades de base.

Documento para el Contexto de CTS. Manizales, Noviembre de 2019.

\*\*\*

## **Lecturas complementarias**

### **Cultura & Astronomía (C&A).**

Este documento, hace parte del material didáctico preparado para el Taller de Astronomía que se dicta desde 1985 en la U.N. de Colombia, actividad del Observatorio Astronómico de Manizales AOM que en los últimos años se ha desarrollado como un Curso de Contexto, hoy convertido en asignatura electiva a la cual también asisten otros ciudadanos interesados en la Astronomía. Ver: <https://www.calameo.com/read/002304453d00ad47df275>

### **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: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8295/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: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9976/gonzaloduqueescobar.201231.pdf>

### **¡Que se nacionalice la Drummond!**

El sector carbonífero del país dominado por grandes productores, como Cerrejón, Drummond y Glencore, con significativa participación en las exportaciones, inversión extranjera y PIB minero de la Nación, además de no ser gran generador de empleo, en relación con sus enormes ganancias hace precarios aportes al fisco nacional, por explotar un recurso no renovable y como compensación al irreparable daño ambiental que se ocasiona. Ver en: <https://godues.wordpress.com/2014/01/20/que-se-nacionalice-la-drummond/>

### **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. Ver en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55500/eldesarrollourbanoyeconomicodemani-zales.pdf>

## El Universo.

Las siguientes notas, soportadas en dos capítulos de la Guía Astronómica contienen una revisión general, de carácter cualitativo y divulgativo, con estos dos temas afines, que nos permiten conocer el Universo, desde las concepciones sobre la materia y la energía, pasando por los métodos para su estudio, hasta la evolución estelar y la cosmología moderna, para terminar en la relatividad general y la materia y energía oscura, algo de cuya naturaleza no conoce la ciencia pese a la evidencia fenomenológica que la delata. Ver en: <https://alejandria-d.unal.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/121/astrofiscayestrellas.pdf>

\*\*\*

## ENLACES A TEMAS DE ECONOMÍA

<p><a href="#">América Latina: oportunidades en la economía del conocimiento.</a></p> <p><a href="#">Anotaciones para un crecimiento previsorio y con desarrollo.</a></p> <p><a href="#">Área metropolitana de Manizales.</a></p> <p><a href="#">Caldas en la biorregión cafetera.</a></p> <p><a href="#">Ciencia, Tecnología, Desarrollo y PIB en Colombia.</a></p> <p><a href="#">Crecimiento con deuda social.</a></p> <p><a href="#">Crisis del clima: y el calentamiento global ¿qué?</a></p> <p><a href="#">Crisis social por disfunciones económicas en Colombia.</a></p> <p><a href="#">Colombia: ¿muere el país rural?</a></p> <p><a href="#">Colombia, ¿y la inequidad qué?</a></p> <p><a href="#">CTS, Economía y Territorio.</a></p> <p><a href="#">De la economía marrón a la naranja.</a></p> <p><a href="#">De los champanes por el Magdalena.</a></p> <p><a href="#">Desafíos económicos post-pandemia.</a></p> <p><a href="#">Desarrollo y revoluciones tecnológicas.</a></p> <p><a href="#">Economía colombiana: crisis y retos.</a></p> <p><a href="#">Ecorregión y bioturismo.</a></p> <p><a href="#">Eje cafetero minero-energético.</a></p> <p><a href="#">El desarrollo urbano y económico de Manizales.</a></p> <p><a href="#">El futuro de la Ciudad.</a></p> <p><a href="#">El territorio caldense, un constructo cultural.</a></p> <p><a href="#">El río Cauca en el desarrollo de la región.</a></p>	<p><a href="#">El Río Grande en la Audiencia Ambiental Caribe de la PGN 2020.</a></p> <p><a href="#">Ferrocarril Cafetero: un tren andino para integrar el territorio.</a></p> <p><a href="#">Fundamentos de economía y transportes</a></p> <p><a href="#">Introducción a la teoría económica.</a></p> <p><a href="#">La economía en la era del conocimiento.</a></p> <p><a href="#">Latinoamérica en crisis.</a></p> <p><a href="#">Los peajes en Colombia están sobreutilizados.</a></p> <p><a href="#">Manizales: Foro del Agua 2019.</a></p> <p><a href="#">Manizales: El futuro de la ciudad.</a></p> <p><a href="#">La SMP de Manizales 107 años en la construcción del territorio.</a></p> <p><a href="#">Movilidad y modelo urbano.</a></p> <p><a href="#">ONG: desarrollo sostenible, gestión del riesgo y cambio climático.</a></p> <p><a href="#">Opciones de Caldas en medio ambiente, cultura y territorio.</a></p> <p><a href="#">Paisaje Cultural Cafetero: Bioturismo y ruralidad en la Ecorregión Cafetera.</a></p> <p><a href="#">¿Para dónde va el Magdalena?: elementos sobre logística y transporte verde.</a></p> <p><a href="#">Plusvalía urbana para viabilizar el POT de Manizales.</a></p> <p><a href="#">Revolución urbana, desafío para el Eje Cafetero.</a></p> <p><a href="#">Río Magdalena: Historia y Derechos Bioculturales del Territorio.</a></p> <p><a href="#">Tercera vía y desarrollo en Colombia.</a></p>
--	---

.....

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
(1867-2017)



MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS

Gonzalo Duque-Escobar

MANIZALES, 2020

**ANEXOS**

Anexo 1: [Fisiografía y Geodinámica de los Andes de Colombia.](#)

Anexo 2: [Cambio Climático en Colombia: La Amenaza.](#)

Anexo 3: [Riesgo sísmico: los terremotos.](#)

Anexo 4: [Desafíos del Complejo Volcánico Ruiz – Tolima.](#)

Anexo 5: [El desastre de Armero por la erupción del Ruiz.](#)

Anexo 6: [Gestión del riesgo natural y el caso de Colombia.](#)

Anexo 7: [Preservación Ambiental e Hídrica del PCC.](#)

Anexo 8: [Túnel Manizales](#)

Anexo 9: [Geomecánica.](#)

Anexo 10: [Guía astronómica.](#)

Anexo 11: [Astrofísica y Estrellas.](#)

Anexo 12: [La Luna .](#)

Anexo 13: [Colombia tropical, ¿y el agua qué?](#)

Anexo 14: [Pacífico biogeográfico y geoestratégico.](#)

Anexo 15: [El camino por el Río Grande de La Magdalena.](#)

Anexo 16: [El Río Cauca en el desarrollo de la región.](#)

Anexo 17: [El desarrollo urbano y económico de Manizales.](#)

Anexo 18: [Plusvalía urbana para viabilizar el POT](#)

Anexo 19: [El futuro de la ciudad.](#)

Anexo 20: [Introducción a la economía del transporte.](#)

Anexo 21: [Introducción a la teoría económica.](#)

Anexo 22: [El territorio caldense: ¿un constructo cultural?](#)

Anexo 23: [Eje Cafetero: construcción social e histórica del territorio.](#)

Anexo 24: [Colombia intermodal: hidrovías y trenes.](#)

Anexo 25: [Sustentabilidad y decrecimiento económico.](#)

Anexo 26: [UMBRA: La Ecorregión Cafetera en los mundos de Samoga.](#)

Anexo 27: [Textos “verdes”](#)

Anexo 28: [Videoteca del Museo Interactivo Samoga.](#)

**HOME:**

[Manual de geología para ingenieros.](#)

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](#).

[A la Universidad Nacional de Colombia en sus 150 años.](#)

