

Mapa del planeta Tierra. National Geographic.

MANUAL DE **GEOLOGIA** **PARA** **INGENIEROS**

Cap 01

EL CICLO GEOLÓGICO

GONZALO DUQUE
ESCOBAR

A la Universidad Nacional de Colombia en sus 150 años.

1.1. SOBRE LA GEOLOGIA

La Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años.

El estudio de la Tierra de manera aislada fue objeto de interés en la antigüedad, pero la Geología como ciencia se inicia en los siglos XVII y XVIII obteniendo su mayor desarrollo en el siglo XX, donde diversas ramas de la Geología se encargan del anterior propósito.

El escocés James Hutton (1726-1797) es considerado el primer geólogo moderno, por sus conferencias "Teoría de la Tierra para la Sociedad Real de Edimburgo" presentadas en 1785. En su ponencia, sostiene que la Tierra debería ser más antigua de lo que se suponía, pues no de otro modo las montañas pudieron erosionarse y los sedimentos formar en el fondo del mar las nuevas rocas que luego afloran a la superficie, donde se convierten en tierra seca; Hutton publica estas ideas en 1788, y luego una versión de las mismas en dos volúmenes, bajo el título "Theory of the Earth" (1795), con las cuales cambia radicalmente la percepción de la edad de la Tierra y el ciclo de las rocas.

Más adelante el británico Charles Lyell (1797-1875) publica su famoso libro "Principios de geología" (1830) donde reafirma las anteriores ideas de que la Tierra era el resultado de procesos geológicos lentos y graduales, como: erosión, movimientos sísmicos, vulcanismo e inundaciones, teoría Uniformita opuesta a la tesis del Catastrofismo según la cual la el modelado de la Tierra se habría dado como consecuencia de grandes catástrofes.

Posteriormente en la segunda mitad del siglo XIX, hubo varias estimaciones basadas en cálculos y en modelos físicos: una, de esa época en la cual el proceso de fusión nuclear no era conocido, soportado en la evolución estelar que justificaba el diámetro e intensidad actual del Sol, a partir de la contracción gravitacional de la nebulosa de gas y polvo primogénita; otra, partiendo de una supuesta separación de la Tierra y la Luna ocurrida al comienzo de su existencia cuando ambas eran masas líquidas, en la que usaba modelos de fricción mareomotriz; y una más que estimaba el ritmo al cual los océanos habrían acumulado sal, mediante procesos erosivos. Todas ellas estimaron de forma separada la edad de la Tierra, desde varias decenas de millones hasta cien millones de años.

Pero en el siglo XX, gracias a la datación radiométrica, un nuevo método que permite asignar edades absolutas a las rocas en millones de años, al estimar inicialmente la edad de Tierra en dos mil millones de años, se abren otras perspectivas que desembocan en nuevas teorías sobre los procesos geológicos que han dado forma al planeta. Actualmente sabemos que la edad de la Tierra es de unos 4470 millones de años, y que la de los fósiles más antiguos se remonta a tan solo 3800 millones de años.

La teoría de la tectónica global o de placas de los años 60 ofrece hoy explicaciones plausibles a la mayoría de los fenómenos y hechos geológicos tales como la formación de montañas, océanos, localización de volcanes y epicentros sísmicos, etc., quedando sin embargo algunos puntos oscuros por resolver. En la actualidad las ciencias geológicas están adquiriendo mayor importancia para enfrentar la escasez de materias primas y energéticas y los problemas ambientales. Esto exige el conocimiento profundo de la geología del terreno y el concurso de personal especializado en geología, geotecnia, geofísica y geoquímica, entre otras disciplinas y profesiones.

Los estudios geológicos son también necesarios en obras de ingeniería civil, como presas, autopistas y edificaciones y sobre todo en los trabajos relacionados con el ordenamiento del territorio y la conservación del medio ambiente.

Para ilustrar los temas de los cuales trata la geología física, una buena herramienta es el ciclo de las rocas, el cual permite describir los principales fenómenos a los cuales están sometidos las rocas y los suelos. Este enfoque de la geología física servirá también como introducción al presente texto.

1.2. CICLO DE LAS ROCAS

El magma da origen a las rocas ígneas y éstas (u otras) dan origen a los sedimentos; por su parte los sedimentos consolidados dan origen a las rocas sedimentarias. Pero las rocas sedimentarias (y las ígneas) dan origen a las rocas metamórficas y éstas a su vez pueden fundirse para producir magma. El ciclo también puede interrumpirse, como se ilustrará en la siguiente figura, con procesos que adelante se describen.

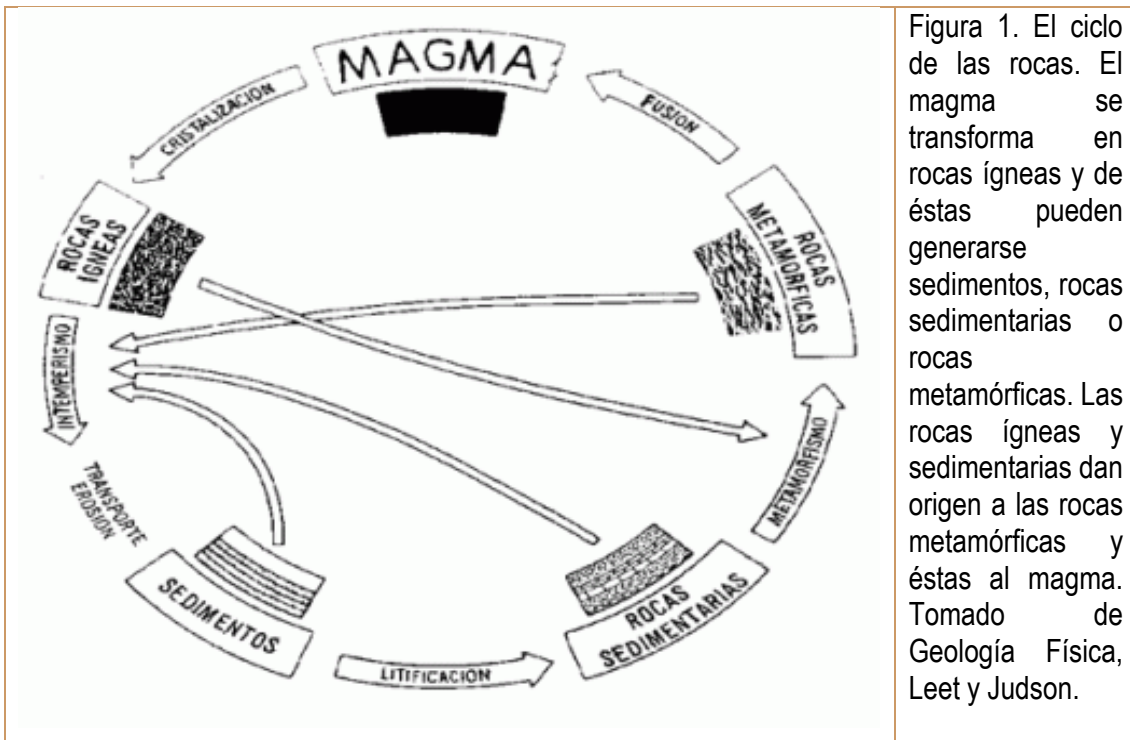


Figura 1. El ciclo de las rocas. El magma se transforma en rocas ígneas y de éstas pueden generarse sedimentos, rocas sedimentarias o rocas metamórficas. Las rocas ígneas y sedimentarias dan origen a las rocas metamórficas y éstas al magma. Tomado de Geología Física, Leet y Judson.

1.2.1 El magma. Es un fluido rocoso incandescente compuesto principalmente de minerales tipo silicatos y óxidos fundidos.

La Tierra está compuesta por un núcleo interior caliente, un manto que lo envuelve y una corteza exterior. La corteza que envuelve la Tierra sólida está compuesta por placas tectónicas de ambiente continental y oceánico.

El magma se produce por debajo de la corteza y en el manto exterior del planeta, donde los materiales están sometidos a un flujo plástico de naturaleza convectiva. Así, el magma es un fundido natural a alta temperatura en el que participan principalmente 8 elementos: oxígeno (O_8), silicio (Si_{14}), aluminio (Al_{13}), hierro (Fe_{26}), calcio (Ca_{20}), sodio (Na_{11}), potasio (K_{19}) y magnesio (Mg_{12}).

1.2.2 La cristalización. Por el enfriamiento del magma se forman diminutos cuerpos sólidos llamados minerales que tienen la tendencia a formar cuerpos cristalinos, por sus formas espaciales regulares de materia químicamente homogénea.

Esas estructuras, fruto de la cristalización de soluciones magmáticas, son el resultado de la unión eléctrica de átomos, iones y moléculas, en un estado energético mínimo de máximo orden.

En ocasiones el producto de la solidificación es amorfo, es decir, cuando los átomos, iones y moléculas del cuerpo no manifiestan una disposición regular.

Deben destacarse además minerales con formas granulares, laminares y fibrosas, y disposiciones de minerales alineados y cruzados, en un espacio tridimensional. Estos aspectos son determinantes en el comportamiento mecánico de las rocas.

Por la compleja composición química del magma su cristalización no es uniforme sino fraccionada. Como las rocas que se derivan del magma tienen componentes minerales principalmente del grupo de los silicatos, conforme desciende la temperatura en el fundido, se forman silicatos en el orden siguiente:

Primero los ferromagnesianos y las plagioclasas cálcicas, seguirán el feldespato potásico, la moscovita y por último el cuarzo (consideraremos el cuarzo como silicato y no como óxido). Esto se conoce como la serie de cristalización de Bowen.

Las rocas están formadas por minerales; las texturas de las rocas ígneas dependen del tamaño, forma y disposición de los minerales que las componen, pero dicho tamaño depende de la velocidad de enfriamiento del magma; si el enfriamiento es lento, el mineral es grande y la textura será fanerítica (granulada); si el enfriamiento es rápido, los minerales serán pequeños resultando la textura afanítica; una textura combinada por cambios de velocidad de enfriamiento, en la que se muestran minerales grandes dentro de una matriz de minerales finos, es la textura porfídica.

1.2.3 Rocas ígneas.

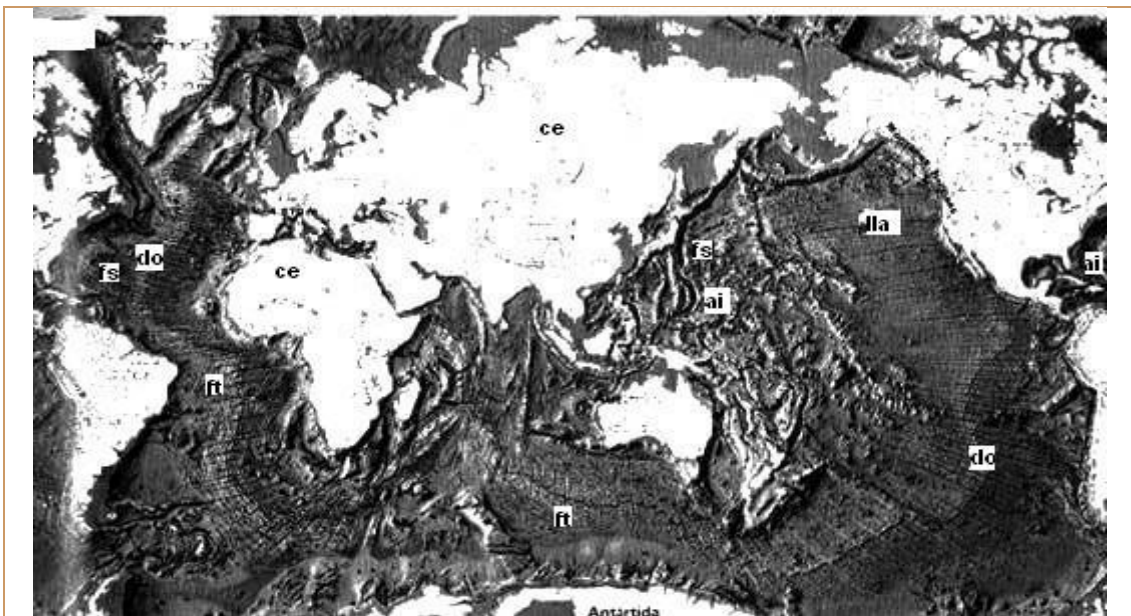


Figura 2. Relieve de los Fondos Oceánicos: se observan las dorsales oceánicas (do), las fallas transformantes (ft), las llanuras abisales (lla) y fosas submarinas (fs), así como los arcos de islas (ai) y continentes emergidos (ce). Fuente La Tierra Planeta Vivo, Salvat..

En la Tierra existen dos ambientes geográficos de formación de rocas ígneas: el oceánico y el continental; por regla general en el oceánico estas rocas son ricas en minerales ferromagnesianos y se denominan rocas básicas o ultrabásicas y en el ambiente continental son ricas en minerales con abundancia de sílice y aluminio y se llaman rocas ácidas. Estas denominaciones se dan en función de la composición química de las rocas. Según la profundidad de formación, las rocas pueden ser plutónicas, cuando provienen del magma que se ha enfriado en el interior de la corteza;

o volcánicas, cuando el magma se ha enfriado sobre ella. También puede ocurrir que el magma se enfríe próximo a la superficie, pero no sobre ella, conduciendo a rocas hipoabisales.

Las plutónicas son de textura fanerítica, las volcánicas de textura afanítica, y las hipoabisales de textura porfídica dado que su formación condiciona la textura a través de la velocidad de enfriamiento.

Las principales rocas ígneas son el granito, entre las plutónicas, y el basalto entre las volcánicas; por regla general la primera de ambiente continental y la segunda de ambiente oceánico. En la Cordillera Central son frecuentes los granitos y en la occidental los basaltos.

1.2.4 Meteorización, erosión y transporte. Los sedimentos se explican por la meteorización, la erosión y el transporte de los materiales que conforman la corteza de la Tierra. La denudación es un proceso nivelador por el cual las rocas de los espacios de erosión nutren los espacios de sedimentación. Semejante proceso se corresponde con fuerzas de degradación de la superficie del planeta, a las que se oponen fuerzas de agradación que reconstruyen el relieve.

La meteorización o intemperismo, como condición previa a la erosión y al transporte, es la alteración del material rocoso expuesto al aire, la humedad o al efecto de la materia orgánica; existen dos tipos de meteorización: la mecánica, que alude a la desintegración del material y la química, a su descomposición. Hay otras formas de alteración que no son meteorización, como la alteración tectónica y la hidrotermal de importancia en el ambiente andino.

Productos del intemperismo son: gravas, arenas, limos y arcillas, además de soluciones silíceas, carbonatadas y ferruginosas, entre otras. Estos materiales explican posteriormente la formación de los suelos de cultivo, también los suelos residuales, los suelos transportados y las rocas sedimentarias, todos ellos gracias a la meteorización que supone la destrucción de las rocas y minerales expuestos sobre la superficie debido a las fuerzas exógenas.

La erosión es el proceso de desprendimiento de las unidades alteradas de la roca merced a agentes como el hielo, el agua y el viento; la gravedad no lo es. Estos mismos agentes ocasionan luego el transporte de los materiales desprendidos, para formar los depósitos sedimentarios, aprovechando la energía proveniente de la gravedad y del Sol.

1.2.5 Sedimentos. Son materiales rocosos, organismos muertos, sustancias químicas y otras sustancias acumuladas, fruto de la meteorización y alteración de las rocas, por la precipitación de elementos disueltos en la hidrosfera o la acumulación de materia orgánica en un medio continental o marino.

Los procesos de denudación de la corteza suponen la erosión de masas emergidas. La energía la provee la gravedad y los movimientos de la tierra fluida a causa de la radiación solar, fuerzas sin las cuales no es posible el transporte de materiales por medios como aire y agua. Según el agente que lo transporta, el depósito recibe el nombre de coluvial, aluvial, eólico o glaciar; y según el lugar donde se encuentre, el depósito recibe el nombre de palustre, marino, lacustre o terrígeno.

Algunos ambientes sedimentarios están situados dentro de los continentes como ocurre con el medio fluvial formado por la acumulación de partículas en el lecho y a ambos lados de los ríos, principalmente durante las crecidas, o el medio lacustre originado por el material sedimentado en el fondo de los lagos. Otros ambientes se localizan en zonas costeras y sus alrededores, entre los cuales citamos las playas y los deltas formados por sedimentos del río cuando termina su curso. Es, sin embargo, en el mar donde suelen darse los máximos espesores de sedimentos ya sobre la plataforma continental, sobre el talud continental o en la desembocadura de los cañones submarinos. El espesor de los sedimentos en las llanuras abisales es pequeño, para desaparecer en las vecindades de las dorsales.

1.2.6 Diagénesis y litificación. Cuando los sedimentos son sepultados tiene lugar todo tipo de procesos químicos y físicos que pueden conducir a modificaciones bastante radicales del material original. Con el término diagénesis se cubren todas esas transformaciones ocurridas a temperaturas y presiones relativamente bajas, en zonas no muy profundas por debajo de la superficie de la Tierra. Los tres procesos diagenéticos son la cementación, la consolidación-desección, y la cristalización.

Quizás el efecto más obvio de la diagénesis sea la transformación de partículas sueltas, sin consolidar, en una roca sedimentaria compacta y dura. Este es sólo uno de los aspectos de la diagénesis que se denomina litificación y como ejemplo de ella está la conversión de arenas en areniscas, arcillas en arcillolita y turbas en carbón.

La consolidación y la desecación son los dos componentes esencialmente independientes de la diagénesis, el primero es de carácter físico mientras el segundo es más químico que físico, pero uno y otro en general avanzan paralelamente a lo largo de la diagénesis.

La consolidación-desección es un proceso que se explica con la litificación de las arcillas, cuyo producto final puede ser una roca sedimentaria llamada arcillolita; gracias a presiones litostáticas este material poroso e impermeable disminuye ostensiblemente su volumen, pierde agua y se endurece.

La cementación es el proceso clásico de litificación de las arenas, tras su acumulación, por el cual se forma la roca sedimentaria llamada arenisca, donde la arena porosa y permeable admite coloides cementantes y soluciones con aglutinantes químicos.

La cristalización se da, por ejemplo, en algunos depósitos de naturaleza calcárea, donde los intercambios iónicos producen el endurecimiento de la materia gracias a fenómenos de neocristalización y recristalización, obteniéndose como producto una roca sedimentaria del tipo caliza. Para algunos autores este proceso queda comprendido dentro del fenómeno de la cementación cuando se asume como proceso eminentemente químico.

1.2.7 Rocas sedimentarias. Las rocas sedimentarias más importantes por su abundancia y en su orden, son: la lutita, la arenisca y la caliza. Aunque las rocas sedimentarias constituyen una proporción muy pequeña del volumen de la corteza de la Tierra, son altas las posibilidades de encontrarlas en la superficie, donde tres cuartas partes de las rocas expuestas son sedimentarias. La Cordillera Oriental colombiana es fundamentalmente de naturaleza sedimentaria.

Como los procesos que conducen a la formación de rocas sedimentarias están en funcionamiento en nuestro entorno, el examen de éste da los indicios de su formación. Si el entorno es costero, los sedimentos son variados y se van acumulando y sepultando para formar rocas. En un pantano de sal los sedimentos son de grano muy fino (lodos) y en la playa el sedimento es de grano arenoso; estos dos escenarios muestran aguas tranquilas y entornos de alta energía y turbulencia respectivamente, que condicionan la calidad de la roca.

Los diferentes tipos de rocas sedimentarias se relacionan a su vez, no sólo con los procesos de meteorización, sino también con la zona climática en que se formaron y con las diferentes partes del ambiente tectónico sobre las cuales pueden estar operando los procesos superficiales. Pero lo más característico de las rocas sedimentarias es su disposición en capas o estratos, donde el conjunto muestra algunos tipos de estructuras que reflejan el ambiente de formación.

Volviendo a las rocas más frecuentes, tenemos que la lutita proviene de las arcillas y limos depositados en mares, lagos o lagunas; que la arenisca proviene de arenas, por regla general cementadas con minerales como calcita, dolomita y cuarzo; que las calizas son rocas de naturaleza calcárea, de origen químico u orgánico. Además, si las rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y conglomerados (rocas clásticas) se forman fundamentalmente por la acumulación de partículas provenientes de otras rocas, también se forman rocas sedimentarias con materiales depositados que no son partículas de rocas transportadas mecánicamente, sino que pueden ser, o bien precipitados de disoluciones acuosas como es el caso de los yesos y sales, o bien rocas que se forman por la acción de organismos, como es el caso de los arrecifes, o por acumulación de caparazones de organismos muertos como muchas calizas.

1.2.8 Metamorfismo. Es el cambio de una clase coherente de roca en otra, gracias a un proceso que se da por debajo de la zona de sedimentación e intemperismo pero sobre la zona de fusión o producción de magma. Los agentes del metamorfismo son tres, y al menos dos de ellos siempre están presentes: temperatura, presión y fluidos químicamente activos. Las nuevas rocas así originadas sufren en la transformación mecánica, química o químico-mecánica un cambio en su estructura o en su composición mineral sin que varíe la química global.

Existen tres series básicas de rocas metamórficas: en las zonas en las que la presión es mucho más elevada que la temperatura, donde se formarán rocas de alta presión; en la zona en que la temperatura es mucho mayor que la presión, donde se formarán rocas metamórficas de alta temperatura, finalmente, si en el lugar de formación la presión y la temperatura están equilibradas, darán a lugar a rocas de presión y temperatura intermedia.

Las zonas que pueden dar lugar a rocas metamórficas son variadas y pueden estar tanto en el ambiente continental como en el oceánico. La Cordillera Central colombiana tiene un basamento fundamentalmente de constitución metamórfica. En la base de la corteza oceánica, algunas rocas podrían sufrir metamorfismo; en las dorsales se da una mayor temperatura gracias al ascenso del magma, favoreciendo la formación de rocas metamórficas. Las zonas de subducción también son ambientes propicios, como lo son a su vez las partes inferiores de la corteza continental o los

espacios vecinos en las inmediaciones de las intrusiones ígneas que sufre la corteza superior al ascenso de magmas.

1.2.9 Rocas metamórficas. En la corteza la temperatura aumenta en promedio 33 °C por Km. (1° C por cada 30 metros de profundidad), y la presión unas 1000 atmósferas cada 3 Km. (1 atmósfera cada 3 metros), por lo que a más de 200 °C y 2000 atmósferas (6000 metros) se forman rocas metamórficas como las granulitas, eclogitas, gneises y esquistos. Algunas rocas son de alta temperatura y baja presión (dorsales oceánicas), o baja temperatura y alta presión (zonas de subducción).

El entorno más frecuente en el que las rocas metamórficas están disponibles para el hombre, es la cadena montañosa en donde la erosión de una parte temporalmente engrosada de la corteza continental expone rocas ígneas y sedimentarias que antes estuvieron profundamente sepultadas pudiendo sufrir cambios mineralógicos en respuesta al incremento de presiones y temperaturas.

Si se tratara de una roca sedimentaria que ha sufrido metamorfismo, tras un posterior proceso de meteorización que altere su composición química, con la presencia de agua pueden producirse silicatos hidratados y dióxidos de carbono para generar carbonatos.

Más si el metamorfismo de las rocas sedimentarias comprende la producción de vapor de agua, dióxido de carbono y otras sustancias gaseosas excedentes, el metamorfismo de las rocas ígneas incluye por lo general la absorción retrógrada de los volátiles señalados, que son tomados de las masas sedimentarias que acompañan el proceso.

Al clasificar las rocas metamórficas es indispensable describir la roca en términos de su textura y su composición química, así como de su mineralogía. Estos tres parámetros tienden a ser aplicados genéticamente, aunque pocas veces se pueda, decidir si una roca es metamórfica, ígnea o sedimentaria, pero sí con mejor aproximación si ella es ígneo-metamórfica o sedimentario-metamórfica, ya en atención a las facies minerales, a la textura que proporciona una valiosa escala de técnicas o a los distintos contextos que facilitan la asociación.

Con alguna aproximación, las principales rocas metamórficas son: a partir de la lutita, y conforme aumenta la presión y la temperatura, la pizarra, la filita, el esquistos y el paragneis; a partir de la arenisca (cuarzosa), la cuarcita; a partir de la caliza, el mármol; a partir del basalto (o rocas afines), que es la vulcanita más abundante, la serpentina y la anfíbolita, y a partir del granito, que es la roca plutónica más abundante, el ortogneis.

1.2.10 La fusión. Si pudiéramos ver el más espectacular de los fenómenos naturales, una erupción volcánica, obtendríamos la evidencia directa de la existencia de material rocoso fundido que surge del interior del planeta. El calor del interior de la Tierra es una consecuencia de su proceso de formación. Al observar la superficie del planeta son evidentes las transformaciones de su superficie: volcanes y terremotos coinciden y se extienden sobre las jóvenes cordilleras como una expresión en superficie de los procesos dinámicos que convulsionan al planeta en su conjunto.

El colapso gravitacional de la nube de gas primogénita dejó como herencia la energía de acreción y la rotación del planeta. Su forma esférica por acción de su propia gravedad, es el resultado de una masa que ha sobrepasado cierto límite. A su vez la masa de gas y polvo primogénita venía siendo el fruto de materia reciclada en el interior de los astros en donde se cocieron elementos de diferente número atómico, incluyendo la formación de elementos radiactivos.

La sismología es el método geofísico más revelador en lo que a contraste estructural en el interior de la Tierra se refiere. El estudio de la gravedad también proporciona interesantes observaciones, pues sus cambios reflejan faltas de homogeneidad laterales en la masa del interior del planeta. El magnetismo y paleomagnetismo de las rocas ha contribuido en mayor grado a la aceptación general del concepto de tectónica de placas. Si a estos datos se agregan los beneficios de la geoquímica y la astrofísica, podremos concluir en modelos físicos que expresen las capas más internas de la Tierra con su correspondiente composición estimada a partir de isótopos.

Por razones térmicas y de presión, a gran profundidad las rocas son susceptibles de transformarse en magma. Un descenso de la presión obliga a la fusión de los materiales que a gran profundidad están sometidos a elevadas temperaturas. Por el gradiente geotérmico, en los primeros km. de la corteza, la temperatura es extremadamente alta, pero la presión será suficiente para que las rocas estén en su fase sólida; se requieren sismos y movimientos de la corteza para que se despresurice el medio y así, las rocas por calor se fundan.

Otras fuentes de energía para la fusión de las rocas las proveen las corrientes de convección del manto, la fricción entre placas tectónicas y la presencia de elementos radiactivos.

1.3. LAS GEOCIENCIAS Y EL DESARROLLO DE COLOMBIA

a- Nuestra riqueza:

Colombia, es un país tropical que sobresale por sus riquezas culturales y naturales, dada la variedad de escenarios geográficos y su biodiversidad: con riesgo de mantener ese privilegio ocupamos el segundo lugar en biodiversidad en el mundo, puesto que, además de una tasa de deforestación del orden de 300 mil hectáreas anuales, hemos caído en riqueza hídrica del cuarto puesto al décimo séptimo entre 2000 y 2007, y al vigésimo cuarto en 2013; adicionalmente, 14 millones de colombianos no tienen acueducto y otros 19 millones carecen de alcantarillado.

En el año 2012, la participación del sector minero-energético que en el 2000 representaba el 8% del PIB, pasó al 14,8%, mientras que para ese mismo período los hidrocarburos, pasaron del 4% del PIB al 9%. Mientras que su participación en las exportaciones durante ese lapso de 12 años fue del 48%, en 2012, cuando las ventas alcanzaron el 66%, los renglones que más aportaron fueron: Petróleo U\$ 31.398 Millones, Carbón U\$ 8.873 Millones y Electricidad U\$ 92 Millones.

El país no es petrolero: en hidrocarburos, de conformidad con su actual ritmo de explotación en un millón de barriles por día, Colombia tiene reservas de petróleo para 6,6 años y de gas para 15,5 años. Mientras al finalizar 2013 el balance de reservas de crudo fue de 2.445 millones de barriles, las de gas se situaron en 6.409 tera pies cúbicos (TPC).

Ubicada en la interface de las Américas, Colombia cuenta con una fracción de órbita geostacionaria, y posee dos océanos, con sus 2.900 km de costa, territorios insulares arrecifes de coral, ciénagas y manglares; también, con tres cordilleras, con sus altiplanos, sabanas valles interandinos, multitud de cuerpos de agua, variedad climática, selvas húmedas y secas, paramos, ríos y algunas de las zonas más lluviosas del planeta. En la altillanura oriental y en la costa norte, posee entre otros, valiosos recursos energéticos.

La producción aurífera en Colombia, también ha sido notable: de 1994 a 2012 cuando el precio del metal crece más de nueve veces, la producción pasa de 20,8 ton a 49,1 ton anuales. En 2010 el país, con una producción anual de 53,6 ton equivalente al 1,2% de la producción mundial, ocupó el puesto décimo noveno entre los mayores productores de oro del orbe.

A partir de información de Ramón Javier Mesa Callejas (2013), Investigador de la Universidad de Antioquia, entre las problemáticas del sector minero, están la falta de control ambiental, falencia que incluye actividades en áreas protegidas, y la falta de protección y seguridad para los trabajadores, máxime cuando la mayor proporción de las empresas cuenta con menos de 6 trabajadores y 1 de cada 4 hace aportes de salud, y la ilegalidad, puesto que entre 2008 y 2010, en 44% de los municipios del país ha existido minería ilegal o de hecho. Los departamentos de Córdoba (86%), Boyacá (69%), Risaralda (64%), Quindío (62%), Valle del Cauca (55%), Caldas (52%) y Antioquia (46%) tienen el mayor porcentaje de municipios con esa problemática, la que afecta en mayor proporción la explotación de materiales de construcción, y luego en del oro y del carbón mineral.

Pero desde el punto de vista económico, la verdadera riqueza de una Nación, no radica en la disponibilidad y abundancia de materias primas, sino en la capacidad que tenga de transformarlas, incorporándoles valor agregado, una tarea que ni siquiera hacemos con el Café a pesar de haber desarrollado un clúster pero sólo centrado en la producción del grano. Según Mesa Callejas, en 2013, así como en el sector agropecuario el café representó el 7%, en el sector minero y de los combustibles, el 96% estuvo representado por petróleo (76%) y carbón (20%).

b- El desafío

El camino para construir la paz en Colombia, exige el ejercicio de un pensamiento crítico para resolver la inequidad, democratizar la democracia y dignificar la sociedad. El desarrollo sostenible de Colombia exige, además de más y mejor educación con C&T para cerrar la brecha de productividad y facilitar el empleo, atender la oferta y demanda ambiental (natural y cultural) del país, para lo que se sugieren una segunda expedición botánica y una segunda misión corográfica. Si el retraso rural es abrumador, también lo es la obsolescencia del sector industrial en Colombia.

El país requiere aprovechar de forma sostenible sus recursos renovables, y lograr su transformación incorporándoles valor agregado en lugar de apostarle a la reprimarización de nuestra economía, al igual que con otros recursos no renovables donde urge implementar formas de explotación con responsabilidad ambiental, deben aplicarse modelos de desarrollo que prevengan enclaves económicos y prácticas mineras y petroleras soportadas en políticas empresariales de exclusión social. Esto, dado que con la bonanza minera el precio del “vil metal” ha venido opacando el valor fundamental de las aguas, la biodiversidad y la cultura ancestral, en ciertas formas y situaciones.

Si la amenaza del cambio climático y la explotación insostenible de recursos acechan, cuando la exploración avanza por todos los rincones de la geografía colombiana, obliga a prevenir las consecuencias de una minería extractiva, en la que el oro y los hidrocarburos por cobra valor estratégico, y se convierten en objetivos clave para el crecimiento económico. De ahí la importancia de comprender integralmente dichos recursos, para lograr implementar procesos de extracción, transformación y mercadeo, sin generar conflictos de soberanía de Colombia, atropellar comunidades, deteriorar el medio ambiente y comprometer el recurso hídrico, el suelo y la biodiversidad que son el patrimonio de la nación, si lo que deseamos es el desarrollo.

En Colombia, donde la Ley ambiental y las políticas públicas ambientales se han acoplado más a los desafíos del mercado que a los retos de un desarrollo sostenible: agua y suelo, como soporte de la biodiversidad, son considerados recursos y no un patrimonio inalienable; además, habrá que añadir que, en la perspectiva temporal, no basta la redistribución del ingreso y de la riqueza, si la política es el desabastecimiento, ni el crecimiento económico si no se le da primacía de la formación del capital social.

Finalmente, hoy, cuando en nombre del desarrollo, ciertas áreas sensibles ecológica y culturalmente vitales para algunas comunidades, se han visto amenazadas por proyectos mineros, macroproyectos y conflictos entre uso y aptitud del suelo, no podemos olvidar que la Tierra es un “planeta vivo”, en el que nuestras relaciones con ella, sólo son la consecuencia de las interacciones entre dos sistemas complejos: el natural y el social.

1.4. EL INESTABLE CLIMA Y LA CRISIS DEL AGUA

RESUMEN: Documento sobre las problemáticas sociales y ambientales relacionadas con el cambio climático y patrimonio hídrico en la Ecorregión del Eje Cafetero, elaborado para apoyar el Curso de Contexto en CTS de la Universidad Nacional de Colombia y las actividades cívico-académicas emprendidas con varias instituciones, entre ellas la Gobernación de Caldas y la Sociedad de Mejoras Públicas de Manizales en el marco de las actividades del autor relacionadas con el ordenamiento territorial.



Imagen 2: Río Molinos, Villamaría, Caldas. COTELCO.

Presentación

Aunque la Ecorregión Cafetera, gracias a su ubicación mediterránea en el centro y occidente de los Andes más septentrionales de América, donde la interacción de la atmósfera de la zona ecuatorial y su conexión con el Pacífico y en menor grado con la altillanura y la Amazonía proveen un ciclo hidrológico dinámico, cuenta con un patrimonio hídrico abundante donde el agua puede convertirse en un notable factor de desarrollo y de bienestar social para la región, el avanzado estadio de deforestación de sus cuencas sumado a un modelo agroindustrial cafetero soportado en monocultivos, se constituye en una amenaza creciente como consecuencia del cambio climático.

El Programa de Gobierno Caldas, Territorio de Oportunidades, Conocimiento e Innovación, contempla un programa integral como Estrategia de Adaptación ante el cambio climático, soportado en cuatro pilares:

- Planes de adaptación al cambio climático en diferentes sectores (agrícola, pecuario, minero)
- Programas de gestión ambiental en los diferentes municipios del departamento.
- Investigación aplicada que permita la adaptación de semillas y cultivos al cambio climático.
- Nuevas prácticas para sistemas agrícolas adaptadas a los efectos del cambio climático.

Sol y cambio climático

Aunque astrónomos y geofísicos soportados en correlaciones, pueden afirmar que cuando el Sol está tranquilo la Tierra permanece fría, aún no sabemos el porqué de los cambios de la actividad del Sol.

Hubo una “pequeña glaciación” asociada a un periodo frío ocurrido entre 1550 y 1850, en el que se presentaron tres picos fríos (1650, 1770 y 1850), pequeña edad del hielo acompañada de lluvias que coincidió con un período de baja actividad en las manchas solares.

Aunque solo podemos afirmar que la Constante de radiación solar, no es tan “constante”, de conformidad con los modelos heliofísicos, es el magnetismo de la atmósfera solar quien influye en la luminosidad del Sol, y por lo tanto en los cambios en radiación solar.

Según Corpocaldas, de una extensión de 744 mil Ha, las coberturas verdes del departamento en 2010 eran: 163 mil Ha en bosques (22%), 265 mil Ha en cultivos (36%) y 300 mil Ha en pastos y rastrojos (40%), tres cuantías que cubren el 98% de su escarpado y deforestado territorio.

En cuanto al sistema subterráneo de Caldas, sobresalen las zonas de recarga de páramo y de la gran cobertura boscosa de la alta cordillera, o del extenso Valle del Magdalena y las regiones del Oriente caldense, donde la copiosa precipitación explica un recurso hídrico excedentario susceptible de aprovechamientos hidroenergéticos responsables.

El patrimonio hídrico más comprometido del departamento, es el de la Cuenca del Río Chinchiná para el caso de la Subregión Centro-Sur; pero también a nivel municipal existen potenciales problemas asociados al riesgo para el suministro de agua en Marmato y Riosucio, Salamina, La Merced y Filadelfia.

Dicha vulnerabilidad asociada al déficit severo de agua, igualmente amenaza a Quinchía, Marsella, Apía, Balboa y Cartago, de conformidad con la información de Alma Mater y el SIR.

Eventos extremos del clima andino

El Niño y La Niña se explican por las anomalías de temperatura del Océano Pacífico, que se constituyen en freno para el desplazamiento natural y regular de la Zona de Confluencia Intertropical ZCIT, una franja de bajas presiones en la zona Ecuatorial que explica el clima bimodal colombiano.

En los períodos de El Niño, las temporadas de invierno y verano del año son más secas para la zona andina colombiana, y más frecuentes e intensos los huracanes del Caribe. Durante La Niña, ocurre lo contrario: temporadas más húmedas a lo largo del año, con menos tormentas tropicales.

Mientras para Colombia el fenómeno El Niño se manifiesta con un déficit de lluvias, en Perú y Bolivia lo hace con lluvias torrenciales.

Aunque el desarrollo del fenómeno meteorológico del ENSO conocido como El Niño/La Niña es de carácter cíclico y comportamiento errático, a largo plazo la fuerza de este fenómeno puede cambiar como consecuencia del calentamiento global, generando eventos climáticos extremos como inundaciones o sequías en diferentes regiones del planeta.

Al observar las dos últimas Niñas 2007/8 y 2010/11, pese a su condición intrínseca similar y calificación de sus niveles como moderados, los efectos dejan ver una dinámica creciente del calentamiento global que anuncia consecuencias cada vez más intensas, tal cual lo advertimos en la segunda Niña al observar la Sabana de Bogotá convertida en una “Venecia” y la lista de 30 municipios colombianos como Gramalote, que afectados por las olas invernales, requieren reasentamiento, 20 de ellos fuera de su jurisdicción.

Eventos de anomalía observados en intervalos anuales en la temperatura oceánica, se prevé para el futuro el incremento, según NOAA.

Emisiones y efecto invernadero

El efecto invernadero es causado por gases como el metano y dióxido de carbono, que se encuentran en la atmósfera. Estos y otros gases que permiten la vida en la Tierra, atrapan parte del calor del Sol que se refleja por el planeta.

El calor atrapado por la atmósfera de la Tierra, mantiene la temperatura media global en +15° C Celsius; si se incrementa ese valor hasta 18° C, se causan fenómenos nocivos.

En amarillo se muestra el efecto sobre la luz solar incidente; y en rojo, sobre la radiación infrarroja reflejada. Al cambiar la frecuencia de la radiación y no poder escapar, se genera el efecto de invernadero.

Según el quinto Reporte de Emisiones presentado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014), se necesita limitar el calentamiento a 2 °C, reduciendo las emisiones de efecto de invernadero al 2050, entre un 40% y 70% de los niveles de 2010.

Ahora, en razón al calentamiento global, sólo tenemos 40 años para explotar nuestro carbón. Para no exceder el límite de 2°C antes del 2050, a nivel mundial habrá que reducir: el 80% del carbón, la mitad del gas y un tercio del petróleo que se destina como combustible. Pero el carbón colombiano por ser de alta calidad, tendría uso preferencial para industrias de alto consumo energético: es un carbón duro, de alto poder calorífico y bajo contenido de azufre.

Cambio climático: donde y cuanto

Varios expertos en temas climáticos lanzaron alertas señalando que el acuerdo de la cumbre COP 21 de París es inconsistente con el objetivo de evitar que la temperatura del planeta no supere los 1,5° C.

Para lograrlo, la economía mundial debería estar descarbonizada en 2050 y las emisiones deberían disminuir al menos un 70 % en 2050, respecto a los niveles de 2010. Si la temperatura rebasa los 1,5 grados la capa de hielo de Groenlandia desaparecerá completamente.

Al subir la temperatura del planeta este siglo, entre 1,8° y 4° C de acuerdo a las características que presenten diferentes zonas, como consecuencia de la fusión de los glaciares también se incrementará el nivel medio de los océanos entre 18 y 59 centímetros dependiendo la cuantía de la gravimetría de cada lugar.

Las cuantías esperadas para Colombia son del orden de +3° C en la Región Andina y de +4° C en nuestras regiones costeras y de la Orinoquia y la Amazonía; además de un incremento alto del nivel del mar en el Caribe.

Cada variación en 1°C en el régimen de temperatura media, altera la basa climática de los ecosistemas en 170 metros de altitud.

Deforestación y agua subterránea

Sabemos que en la región andina de Colombia, el clima es bimodal: cada año tenemos dos temporadas secas que parten desde los equinoccios (junio 21 y diciembre 22) y dos húmedas a partir de los solsticios (marzo 21 y septiembre 22).

En el país, además de reforestar las cuencas andinas buscando la apropiación social de prácticas forestales y productivas no conflictivas, se debe hacer lo propio en la lucha contra la deforestación que aún cobra cien mil hectáreas por año en la región andina colombiana.

En Colombia, donde el 31% del agua dulce está en acuíferos y el 29% en lagunas, hace falta una política pública para garantizar el carácter de patrimonio y de bien público, del agua subterránea. Si lo administrativo y técnico están al día, en la gestión falta la dimensión socioambiental.

Aunque en el país las cuencas hidrogeológicas con posibilidades de aprovechamiento abarcan el 74% del territorio nacional, según el estudio “Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia” del IDEAM (2005), mientras el 56% de dicha área corresponde a la Orinoquía, la Amazonía y la Costa Pacífica, y el 31,5% a la región Caribe e Insular, sólo el 12,5% le corresponde a la Región Andina, que es la más densamente poblada.

Las cuencas hidrogeológicas más utilizadas en Colombia, según dicho documento, son las ubicadas en el Valle del Cauca, Valles Medio y Superior del Magdalena y Cordillera Oriental; siguen en importancia por su uso, las del Golfo de Urabá, Golfo de Morrosquillo y departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar y la Guajira.

Epílogo

En Colombia, tras las experiencias del desastre de la erupción del Ruiz (1985) y del terremoto del Quindío (1999), durante la última década se fortaleció el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.

En la ecorregión, se deberán emprender políticas públicas para darle coherencia a las acciones ambientales y sociales del PCC, incluyendo el tema del calentamiento global. El sector agropecuario, deberá replantear el modelo agroindustrial cafetero desde la perspectiva ecológica implantando la agroforestería, y el ganadero las prácticas silvopastoriles para corregir el uso conflictivo del suelo.

El actual Plan de Desarrollo, deberá Implementar las políticas de ciencia y tecnología previstas en el Plan de Gobierno de Guido Echeverri (2016-2019) imbricadas con la cultura para resolver la brecha de productividad que sume en la pobreza los medios rurales del departamento.

Desarrollar dichas políticas públicas ambientales, será fundamental para lograr enfrentar la problemática del riesgo y del cambio climático, y para soportar la sostenibilidad en la responsabilidad ambiental. Manizales, Febrero 9 de 2016.

1.5. LAS CUENTAS DEL AGUA EN COLOMBIA

Resumen: Con precipitaciones anuales promedio de 1.800 mm y unas 720 mil cuencas hidrográficas, Colombia alcanza una oferta de 7.859 kilómetros cúbicos de agua superficial y subterránea, de los cuales el 25% son las aguas de las escorrentías anuales; pero el país tiene severos problemas de calidad en la mitad de dicho patrimonio, dado el vertimiento de 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante por año que llegan a los acuíferos y cuerpos de agua, proveniente del sector agropecuario y residencial, a las que se suman otras sustancias como las 200 toneladas anuales de mercurio proveniente de la actividad minera.

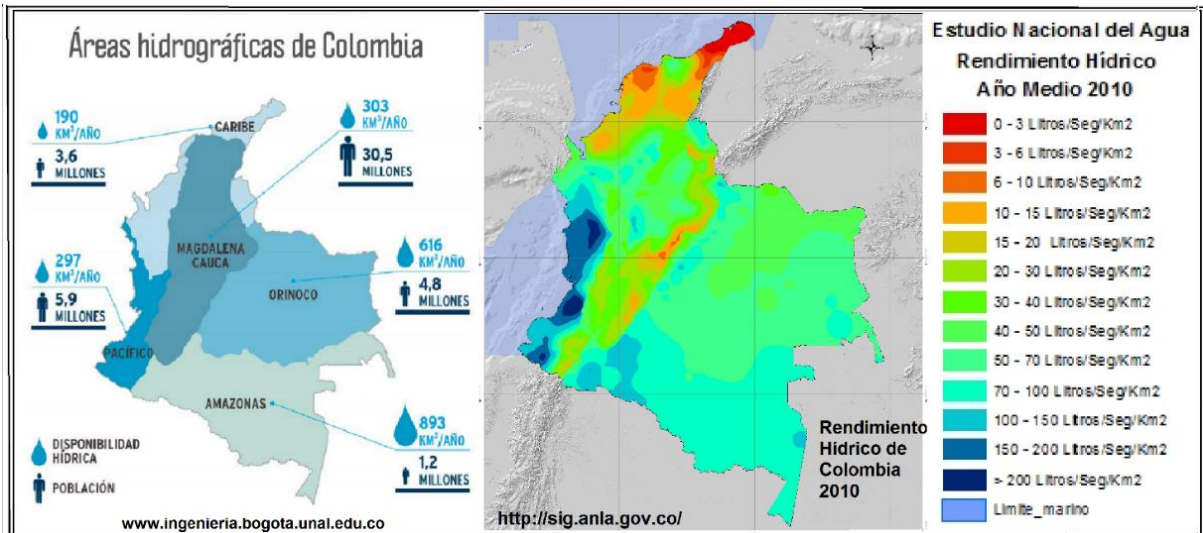


Imagen 3. El agua en Colombia (ENA Colombia), en: www.ingenieria.bogota.unal.edu.co y <http://sig.anla.gov.co>

Colombia, con 2.011 kilómetros cúbicos de aguas de escorrentía y 5.848 kilómetros cúbicos de aguas subterráneas, es reconocida por su potencial hidrológico: según el Estudio Nacional del Agua, ENA, nuestro rendimiento hídrico estimado en 56 l/s/km², es 5,2 veces superior a la media mundial y 2,7 veces a la de América Latina; de ahí la necesidad de fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Protegidas que alberga el 62% de los nacimientos de agua, ya que abastecen al 50% de la población y al 20% del sistema de generación hidroenergética. Mientras que por superficie, la cobertura de bosques del país llega al 53.5% y la de humedales al 2,7%, cada año deforestamos cerca de 300 mil ha, 100 mil de ellas en la región Andina, que con el 24% de la superficie continental y el 75% de la población, solamente posee el 13% de la oferta de agua superficial y subterránea.

Es que la escasez del agua agravada por procesos de urbanización, cambios en el uso de la tierra y degradación ambiental, por una gobernabilidad débil, y por el costo económico de los frecuentes desastres naturales de origen climático, es un asunto político y social de gran importancia que igualmente nos afecta: en Colombia, con 24 grandes ciudades de las cuales Bogotá representa el 16 % de su población y con Cundinamarca el 26 % del PIB, en 2008 la participación del agua en el PIB nacional fue del 10% (incluido un 2% por la hidroelectricidad), además los costos económicos de la contaminación hídrica ascendieron al 3,5% del PIB, y según el Banco Mundial el costo oculto de la mala calidad del agua y de los servicios de saneamiento, podría ascender al 1% del PIB.

Dada la problemática acentuada por el cambio climático, en el siglo XXI muchas sociedades deberán enfrentarse a la crisis ambiental del agua, y Colombia no será la excepción: en los años secos nuestra oferta hídrica ya se ha reducido el 38%, incidiendo con mayor intensidad en áreas hidrográficas de baja eficiencia hídrica como La Guajira y sectores con el mayor factor de aridez en el Caribe y la región Andina. Además, en Colombia, donde la cobertura de agua potable alcanza 96% de las ciudades y 56% de las áreas rurales, de 1122 municipios de la geografía nacional, según la Defensoría del Pueblo 521 consumen agua sin tratamiento alguno, el 70% de ellos con riesgo para la salud y en el 21% sanitariamente inviable; y de 318 cabeceras municipales con amenaza de desabastecimiento, 265 se alimentan de corrientes de agua superficiales, 24 obtenida de pozos profundos y 25 de reservorios o soluciones mixtas.

De ahí la importancia de la institucionalidad, para elevar la productividad del agua sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas, máxime si se tiene en cuenta la deficiente capacidad de

municipios y algunas CARS para enfrentar un sensible asunto que pasa por el cuidado de los páramos y humedales amenazados por la minería, por el vertimiento de mercurio contaminando aguas que alimentan poblados enteros, y por la pérdida de resiliencia del Magdalena agobiado por 135 millones de toneladas anuales de sedimentos en suspensión.

Creado el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en reemplazo del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras HIMAT, aparece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM que, desde su inicio, en 1995, se trazó como objetivos principales la necesidad urgente de conocer y estudiar la riqueza en agua del país, y el uso y las medidas de protección de nuestro patrimonio hídrico.

Por fortuna ha logrado el IDEAM ir más allá de los intereses sectoriales, al poder alertar sobre el potencial desabastecimiento para algunos centros urbanos del país y entregar avances en cada versión del ENA sobre la interdependencia del patrimonio hídrico con la biodiversidad, el suelo, el subsuelo y la atmósfera, incluyendo enfoques fundamentales como el concepto de la huella hídrica, y abordando el análisis del comportamiento del ciclo hidrológico en el territorio nacional, contemplando cuencas hidrográficas, cuerpos de agua y aguas subterráneas. No obstante, el país está urgido de acciones y soluciones para enfrentar dicha problemática socio ambiental, en el marco de la adaptación al cambio climático. * [Ref.: La Patria. Manizales 2016.08.29]

1.6- BOSQUES EN LA CULTURA DEL AGUA



Imagen 4. Mural sobre la Reserva Forestal Conrado Gómez Gomez o de la Cuenca de Río Blanco; obra del Maestro Luis Guillermo Vallejo. Fuente: [Río Blamco, cuna de vida...](#)

RESUMEN: De no apurar la adaptación ambiental de la que habla el ambientalista colombiano Gustavo Wilches Chaux en "La construcción colectiva de una cultura del agua", preocupa lo que se vivirá en las siguientes temporadas invernales cuando de nuevo arrecie La Niña. Habrá que aceptar la crítica situación causada por el efecto del "pavimento verde" asociado a la grave potrerización de nuestras montañas, y también la problemática de los "pavimentos grises" constituidos por nuestros mayores centros urbanos.

Tras haber caído el telón de La Niña 2010/2011 con legiones de damnificados y cuantiosas pérdidas en los medios urbanos y rurales, debe advertirse la urgencia de una reconstrucción que empiece por ordenar las cuencas. La Niña, esta vez significativamente superior a la media y por

lo tanto una de las más intensas de las últimas décadas, como fenómeno que hace con El Niño un ciclo de comportamiento errático, regresará para hacer más húmedas las temporadas secas y de lluvias del singular clima bimodal de la región tropical andina colombiana.

Y tras evaluar y proyectar grosso modo las elocuentes lecciones de las consecuencias de torrenciales aguaceros que han batido registros históricos en frecuencia e intensidad, de no apurar la adaptación ambiental de la que habla el ambientalista colombiano Gustavo Wilches Chaux en “La construcción colectiva de una cultura del agua”, preocupa lo que se vivirá en las siguientes temporadas invernales cuando de nuevo arrecie La Niña, de conformidad con lo ocurrido en este lustro y las dramáticas consecuencias de múltiples y variados eventos hidro-meteorológicos, que entregan para la historia de Colombia las aterradoras imágenes de inundaciones de poblados enteros en la Mojana y la Sabana de Bogotá, de los estragos de flujos de lodo como en Útica y del corrimiento de tierra que se llevó a Gramalote, a modo de inequívocas señales de que somos altamente vulnerables al desastre del calentamiento global.

Y para la ecorregión cafetera, las inundaciones en La Dorada y La Virginia, la pérdida de las bancas de las vías principales para las transversales de Manizales y Armenia y de la red terciaria de las zonas rurales del Eje Cafetero, o la grave problemática de la cuenca de la Quebrada Manizales, tres hechos que tienen en común la falta de una adaptación a la amenaza del calentamiento global, donde se reclama la declaratoria de zonas de interés ambiental en sectores críticos de los corredores viales y un ordenamiento de cuencas que le apunte a la planificación agrícola, al manejo de nuestras represas hidroeléctricas, al aseguramiento de fuentes hídricas, al debido uso del agua, y a la ocupación no conflictiva del territorio en lugares susceptibles a sequías, inundaciones y movimientos en masa.

Entonces, para mitigar la vulnerabilidad del hábitat frente a las torrenciales lluvias invernales, en principio debemos aceptar que dicha fragilidad está asociada a las condiciones que favorecen el descontrol hídrico y pluviométrico resultante de la tala de bosques, dada su doble función como reguladores de las precipitaciones y de los caudales; lo primero al descargar las nubes gracias a la condensación del vapor de agua, y lo segundo al retener la humedad resultante de las precipitaciones. De esta segunda función se nutren las aguas subterráneas y por lo tanto los acuíferos y manantiales, lo que reduce las escorrentías a tal punto que el caudal de los ríos puede ser casi el mismo en invierno que en verano. Y de la primera función, al tener bosques se moderará la intensidad de las lluvias al igual que su distribución a lo largo del año: quien penetra al bosque andino puede advertir en el ambiente húmedo de los musgos y en el fresco del follaje, la condensación del vapor de agua extraída de las masas de aire que trae la brisa diurna a transitar por ese ámbito. Pero si hemos deforestado las montañas, desde la cuenca baja cercana a los valles interandinos hasta la cumbre, no habrá posibilidad de condensación alguna, y por lo tanto se cargarán más las nubes en su tránsito hacia la cordillera, pudiendo a su paso generar precipitaciones a la altura de nuestras ciudades de montaña, chubascos que caerán a modo de aguaceros diluviales.

En conclusión, para comprender mejor el impacto de haber destruido humedales, talado bosques y ocupado rondas de ríos y quebradas, y entender mejor la necesidad de reponer el bosque como fundamento para la estabilidad del medio biofísico, socioeconómico y cultural de nuestro entorno rural y urbano, habrá que aceptar la crítica situación causada por el efecto del “pavimento verde” asociado a la grave potrerización de nuestras montañas, y también la problemática de los “pavimentos grises” constituidos por nuestros mayores centros urbanos, cuyas escorrentías no están reguladas dado su sistema de alcantarillado directo carente de estructuras hidráulicas de almacenamiento y efecto regulador llevando de inmediato las aguas lluvias a las quebradas periurbanas, y abreviando como en el caso de las montañas desnudas los tiempos de concentración de las aguas para elevar sustancialmente los caudales, e incrementar con ellos la

erosión hídrica y detonar flujos y deslizamientos en las zonas de pendiente, e inundaciones sobre valles y sabanas.

[Ref: La Patria, Manizales, 2011, 05, 23]

1.7- EL ESTADO Y LA FUNCIÓN DEL SUELO URBANO EN MANIZALES

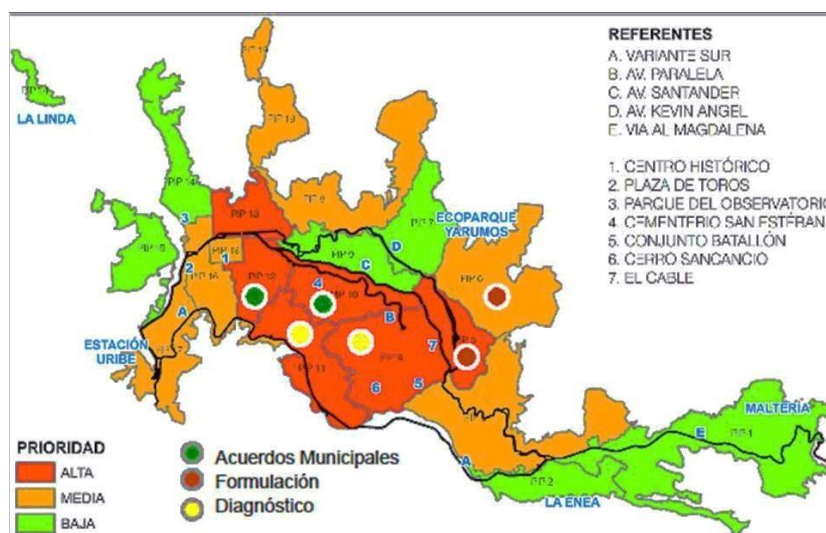


Imagen 5. Piezas Intermedias de Planificación PIP, de Manizales. Secretaría de Planeación de Manizales. En:<http://sociedadespacionaturaleza.wordpress.com>

No parece viable un ordenamiento que propenda por la sustentabilidad del medio ambiente urbano, mientras persistan en Manizales las dinámicas incontroladas de expansión de la frontera urbana, la distribución inequitativa de cargas y beneficios, la separación de costos y utilidades obtenidos de la actividad urbanizadora, y una estratificación de Ley altamente inconveniente, inequitativa y anacrónica, mediante la cual se otorgan subsidios y cobran contribuciones en función de la morfología urbana de la vecindad y de las características de la vivienda, y no de la realidad socioeconómica del ciudadano.

Los planificadores, más allá de una perspectiva técnica opaca a los procesos socioeconómicos del hábitat, para el desarrollo de sus actividades deberían contar con elementos de política pública, que prevengan la especulación con el suelo urbano y garanticen la función social de la propiedad, en lugar de dejar las dinámicas urbanísticas a merced del mercado, olvidando asuntos vitales para decisiones que deberían redundar en el bienestar colectivo, en un modelo no conflictivo de ocupación del territorio, y en una propuesta de ciudad más verde y humanizada como lo propone el colectivo “Subámonos al bus del POT” desde la SMP de Manizales.

Uno de los fenómenos que caracterizan el subdesarrollo, es la segregación espacial y social urbana a la que se refiere Samuel Jaramillo González (2010) de la Universidad de los Andes, definiéndola como “una característica no neutra de nuestras ciudades”, para la cual reclama una decisión política orientada a controlar las dinámicas espontáneas que produce el mercado asociadas a la especulación con el suelo urbano, y generar instrumentos de intervención del Estado útiles para prevenir ganancias no productivas ocasionadas por el cambio de uso del suelo, como la apropiación de la plusvalía urbana por el municipio, la promoción estatal planificada de vivienda y la aplicación de cuotas de vivienda social a los urbanizadores.

Aunque estén relacionados, “valor y precio” no son lo mismo: los bienes tienen un valor de uso que se asocia a la satisfacción que nos brindan, y al tiempo pueden o no poseer un valor de cambio, gracias al cual se intercambian con otras mercancías y se establece su precio en el

mercado. Por ejemplo, el aire que tiene un considerable valor de uso, no tiene precio, como sí las mercancías que por ser bienes económicos que se venden, compran o intercambian. Desde Aristóteles, cuando alude a la reciprocidad y al tallón, pasando por Adam Smith cuando se ocupa de las dinámicas del mercado y de la teoría de los precios, o por David Ricardo con sus ideas sobre la teoría de la renta de la tierra asociada a su productividad agrícola, hasta Marx con la teoría histórica y social del valor-trabajo, el pensamiento económico se ha ocupado del asunto para explicar precio y renta de la tierra.

Si efectivamente el aire, aunque posee valor de uso, no posee precio toda vez que en él no se incorpora trabajo humano para su purificación y suministro, entonces al reflexionar sobre la naturaleza del precio de la tierra, dado que ella en sí no es un bien transformado, para el Profesor-Investigador Jaramillo, en el caso del suelo urbano la tierra tiene precio así no sea un valor en sí misma, gracias a la renta que genera en virtud del control que ejercen los dueños de los terrenos, sobre una condición suya indispensable para la producción y consumo del espacio construido, con lo cual los terratenientes se apropian de parte del valor producido socialmente por los agentes económicos que generan capital.

Finalmente, si en Colombia la deuda histórica con el campesinado parte de que el Estado no ha controlado el régimen de propiedad de la tierra, ni usado con eficiencia herramientas como el catastro, la extinción del dominio y la reforma agraria, en nuestra ciudad la problemática del suelo advertida en procesos que acentúan las inequidades, como la fragmentación y renovación urbana, la presión sobre la selva andina, las zonas de riesgo de la periferia, deberíamos aplicar correctivos al mercado inmobiliario, densificar la retícula de la ciudad antigua, prevenir la propagación de los guetos urbanos y emplear a fondo instrumentos impopulares como el impuesto predial y la contribución de valorización, además de la recuperación de la plusvalía urbana ya aplicada en Pereira y no en Manizales.

* [Ref.: La Patria, Manizales, 2014.09.1]

1.8. NO TODO LO QUE BRILLA ES ORO

Resumen: A diferencia de una minería artesanal y limpia que puede coexistir con la minería industrializada subterránea, cuando se practica con responsabilidad social y sin comprometer biomas estratégicos, la mega minería y la minería ilegal, son dos flagelos que amenazan el frágil ecosistema andino en la Ecorregión Cafetera.



Imagen 6. Minería ilegal, río Ovejas. Juan Bautista Díaz. El Tiempo 13.02.2015.

El “vil metal” como se le llama al oro cuando se usa como medio de pago, que si hace una década se cotizaba a U\$600 la onza hoy cuesta el doble, desde épocas coloniales ha sido uno de los principales motores económicos del país: si en el siglo XVI la Nueva Granada producía el 39% el oro del mundo, y hasta el siglo XX Colombia participaba con el 30%, hoy con 56 toneladas por año ocupa el puesto decimocuarto a nivel mundial y el segundo en Sudamérica, después de Perú (151). Además, para el caso de Caldas que con 1,8 toneladas por año aparece en el sexto lugar de Colombia, el municipio productor por excelencia es Marmato, cuyas regalías por tal concepto suman \$1.639 millones, cuantía más de veinte veces superior a lo que generan los demás municipios juntos.

Ahora, si en Colombia existen dos grandes empresas que controlan el 12% de la producción: la Mineros conformada por Colpatria, la Corporación Financiera Colombiana y otros socios menores, y la Gran Colombia Gold de Canadá, pero la mayor proporción estimada en el 80% del oro del país es de la minería ilegal, entonces, en nombre de esta actividad empresarial, a las fuentes de agua del país se vierten 200 toneladas de mercurio al año, 100 de ellas en Antioquia, y también en la Depresión Momposina donde los ríos Cauca, Cesar y San Jorge desaguan al río Magdalena, convergen las aguas servidas llevando el mercurio de 1.200 minas de aluvión y los vertimientos de la Región Andina donde habitamos el 70% de los colombianos.

Además, en razón a la mirada utilitarista de multinacionales blindadas por una ley que desampara a los colombianos, o de la máquina devastadora de la informalidad cooptada por el “para-estado”, esta actividad extractiva se ha venido constituyendo en una severa amenaza para los ecosistemas andinos ubicados en los departamentos de mayor producción de oro en Colombia: basta examinar los procesos de deforestación en el Amazonas y el Chocó, los intentos de arrasar santuarios como el páramo Santurbán y de perforar por el “oro negro” en Caño Cristales, cuando no la criminal degradación del paisaje en el Bajo Cauca con la destrucción del humus, y las charcas de mercurio y cianuro, herencia de uno de los negocios más fructíferos de los últimos tiempos: el oro.

En Marmato, el cuarto municipio más viejo de Colombia (1537), un verdadero enclave económico dado el contraste entre su elevado PIB per cápita para unas NBI mayores al 30%, y donde las reservas auríferas tras 100 km de perforaciones exploratorias han pasado a 11,4 millones de onzas de oro, pese a haber sido objeto temprano de la intervención del Estado desde la Misión Boussingault (1822-1831) que eleva la eficiencia de la explotación en un 25%, y de haber contado desde 1980 con la presencia de Ecominas -luego Mineralco- como ente administrador de las minas en representación del ministerio de Minas y Energía, se tiene que de las 500 minas de socavón, la mitad concentrada en el Cerro el Burro, únicamente 121 tienen título, entre estas 103 propiedad de la Gran Colombia Gold.

Si en el precioso poblado de Iván Cocherín, guacheros y pequeños mineros que en medio de minas ilegales cuya legalización no está a su alcance técnico ni económico, al no encontrar oficio empujados por la necesidad van tras los socavones abandonados asumiendo los riesgos que conlleva la informalidad mientras sus mujeres, niños y mayores deben recurrir al mazamorreo en aguas contaminadas, entonces qué podremos esperar en La Colosa o Cocora y Tolda Fría, donde la sudafricana Anglo Gold Ashanti o la canadiense Río Novo han puesto el ojo para explotar oro a cielo abierto, sin importar el equilibrio ambiental de esta barrera natural protectora del PNN de los Nevados, ni la sobrevivencia de especies emblemáticas como el cóndor y la palma de cera.

Razonablemente, nuestra Sociedad de Mejoras Públicas previendo la amenaza sobre ecosistemas y el agua, como defensora del territorio y de la vida al conocer lo que está ocurriendo en la quebrada La María de la Vereda Montaña de Villamaría, vecina a la Reserva de la Chec y

afluyente directo del Río Chinchiná cuya cuenca comparte con Manizales, ha logrado la suspensión provisional de la Mina Tolda Fría. [Ref.: La Patria. Manizales, 2016.05.23].

1.9- ESPERANZA Y ACCIÓN EN LA HORA DEL PLANETA

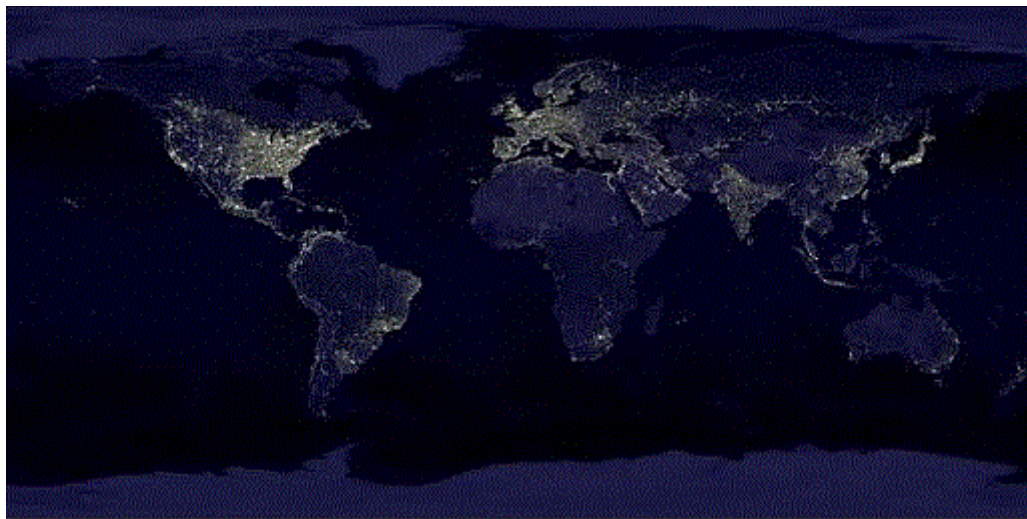


Imagen 7. Visión nocturna de la Tierra: <http://www.solounplaneta.com>

Millones de personas de todo el mundo, convocados por el Fondo Mundial para la Naturaleza para celebrar la quinta versión de La Hora del Planeta que se celebra el último sábado de marzo de cada año y que consiste en un apagón voluntario, hemos apagado las luces y electrodomésticos durante una hora como una señal de compromiso de la sociedad civil para tomar acciones contra el cambio climático. Y lo hemos hecho porque creemos que esta clase de iniciativas puede resultar eficaz para crear conciencia pública, prácticas de adaptación ambiental y mitigación de la amenaza, siempre y cuando con el concurso de un Estado responsable y previsor y del sector productivo y empresarial, sea acompañada desde la sociedad civil con acciones de complemento que siembren valores y desencadenen verdaderos procesos que propendan por la reforestación de cuencas, recuperación de humedales, preservación de la biodiversidad y respeto a la vida, además de prácticas culturales que favorezcan el acondicionamiento del hábitat, la cultura del reciclaje, la producción limpia, y la racionalización de los hábitos de consumo, entre otros aspectos.

Sin una base conceptual de soporte para una campaña educativa en la cual se incorporen conceptos claros y valores, mediante los cuales comprendamos por lo menos nuestra relación con la problemática ambiental y las consecuencias del cambio climático como fenómeno del que somos el primer eslabón en la solución pero también el blanco seguro de sus fatales consecuencias, el objetivo de este acto simbólico vivido en la noche que pasa cuando conmemoramos año por año La Hora del Planeta, no resultaría viable dado que las soluciones fácilmente palidecerían frente al insaciable apetito de un modelo económico que restringe su aporte a los necesarios beneficios de la eficiencia energética y de la optimización de los procesos de producción, salvo que esta sociedad logre comprender la importancia de reducir el despilfarro de recursos que supone el desmedido hábito del consumo que propone el mercado.

A pesar de que el cambio climático se reconoce ahora como el mayor reto ambiental para la humanidad, y de que su ocurrencia resulte aceptada por la comunidad científica internacional así sus reales causas sean discutidas, de no empezar por la educación gravitan dudas sobre la viabilidad de aunar esfuerzos coordinados, suficientes y permanentes entre todos los actores sociales, buscando emprender acciones concertadas y coordinadas entre sectores económicos,

instituciones públicas y organizaciones civiles, así se reconozca la fuerza de las campañas mediáticas como la de anoche, donde la acción propuesta que parte de un deseo individual que converge temáticamente, logra configurar una plataforma que lo unifica y convierte en una idea fuerza para perseguir un objetivo único. Esto es, esas acciones colectivas más allá de los logros mediáticos, exigen procesos educativos de tipo formativo e instructivo.

Si bien en campañas soportadas por la Internet y medios de comunicación masivos pueden hacer carrera desde asuntos triviales hasta otros tan fundamentales como éste del calentamiento global, aludimos a la educación dado que lo que está en juego ahora no sólo pasa por los problemas del consumo de energías fósiles y de los niveles de emisión de CO₂ como asuntos propios de modelo de desarrollo en curso, sino también por el terreno de la cultura y del equilibrio de los ecosistemas, donde debe profundizarse y sensibilizar a la población en temas que se involucran con dicha problemática en el marco de un desarrollo sostenible: los derechos de los seres vivos, la relación entre el Estado y la economía, y la responsabilidad de los actores sociales.

Así que esta nueva jornada a favor del medio ambiente denominada La Hora del Planeta, posiblemente convertida ahora en el movimiento global de mayor convocatoria jamás organizado, si bien no puede solucionar nada por sí misma, logra ser un símbolo necesario que a modo de reivindicación y gracias a la sinergia con la contundencia de los desastres causados por el calentamiento global, aunque resulte demasiado tarde también puede detonar un cambio siempre y cuando abramos la puerta de la dimensión educativa para desencadenar procesos que hagan viable una acción conjunta, que desde la sociedad civil valore la austeridad y la vida, desde la acción del Estado privilegie la planeación previsiva y solidaria, y desde el sector empresarial tome la senda de la producción limpia y la responsabilidad social.

Desde el OAM, Ed. Circular RAC 604

1.10. EJE CAFETERO: CONSTRUCCIÓN SOCIAL E HISTÓRICA DEL TERRITORIO

A continuación, una visión sobre los procesos de construcción del territorio y las determinantes económicas, ambientales y sociales de desarrollo regional en el denominado Eje Cafetero de la República de Colombia.

Explorando el territorio

Estas tierras mediterráneas del centro occidente de Colombia, que ligan cordilleras con volcanes nevados y valles intertropicales, y que marcan los plegamientos de los Andes más septentrionales de América, fue explorada en el sector occidental desde mediados del siglo XVI, por Jorge Robledo cuando funda Anserma (1539) en tierras de la nación de los Ansermas, y a Cartago (1540) en tierra de Quimbayas; y por el naciente, por Gonzalo Jiménez de Quezada, quien funda a Mariquita (1551) y Victoria (1553) en tierras de Panches, Gualíes y Marquetones.

Abatida y menguada la población indígena y saqueadas sus riquezas durante la Conquista, ya en la Colonia se concentran las actividades antrópicas en dos frentes: uno para la explotación del enorme potencial minero en algunos ríos y montañas, introduciendo la esclavitud negra a las áreas de Marmato, Supía, Arma y Victoria, donde merece destacarse la fundación del Real de Minas de Quiebralomo en 1540 convertido en centro esclavista; y el segundo, para el estudio de la biota de la Nueva Granada en Mariquita, gracias a la Expedición Botánica encomendada a Mutis como punto central de las propuestas ilustradas de Carlos III, para hacer de América un proyecto rentable para España (1).

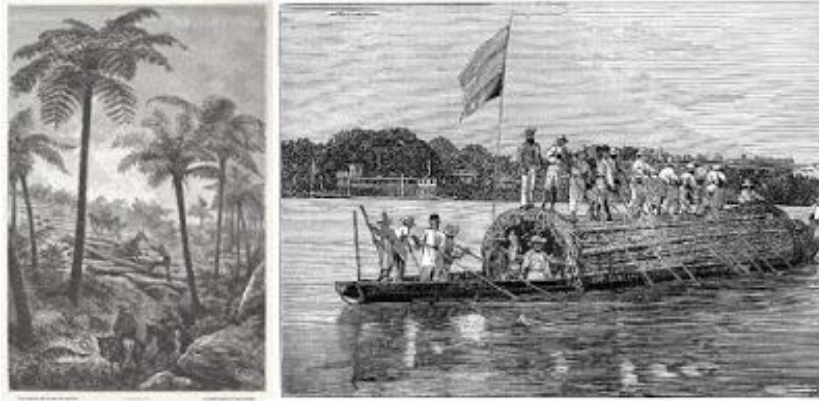


Imagen 8-. Camino de madera de Edouard Andre en *Geografía pintoresca de Colombia*, y Champan por el Magdalena, en *Revista Credencial*.

Desde el siglo XVI, cuando las provincias del Nuevo Reino alcanzan a abastecer el 39% del oro mundial, además de iniciarse la construcción de la defensa amurallada para Cartagena de Indias, al hacerse evidente la necesidad de fortalecer el gobierno local, se instituye en 1717 el Virreinato de la Nueva Granada con capital en Santafé. Mientras la minería en la provincia del Cauca que aportaba 70% del precioso metal, se soportaba en la esclavitud de negros e indígenas; en la de Antioquia, que aportaba 20%, el modo de producción era fundamentalmente mediante el trabajo del minero independiente.

Ya en los albores de la República, estando las tierras del sur de Antioquia hasta el Quindío y las montañas de la Mesa de Herveo pertenecientes al Tolima Grande, despobladas e inconexas a sus centros provinciales, aprovechando su condición apta para actividades agropecuarias y mineras, parten corrientes migratorias de la denominada *colonización antioqueña* que, tras un encierro de doscientos o más años, expulsados por la pobreza y atraídos por sueños y oportunidades llegan a estos lares, generándose un fenómeno social tan importante para nuestra historia, como lo fueron la Revolución de los Comuneros y la Independencia.

Luego de la ocupación de baldíos de Antioquia entre 1770 y 1874, la colonización, que avanza por las tierras selváticas de la vertiente occidental de la Cordillera Central sobre las que existían títulos de propiedad colonial, conduce a enfrentamientos entre colonos y representantes de la Concesión Aranzazu y de la Concesión Burila. No obstante, las expediciones se establecieron en colonias y fundaron pueblos como Sonsón en 1800, Abejorral en 1805, Aguadas en 1808, Salamina en 1825, Santa Rosa de Cabal en 1844 y Manizales en 1849, los que a su vez sirvieron de puntos de partida para avanzar a otras zonas, repartir las tierras y fundar poblados. Y de tales conflictos entre colonos y Concesiones, y entre aparceros y latifundistas, cuenta el historiador Valencia Llano (2000) (2), que “los terratenientes avanzaban con sus brigadas de asalto -inspectores, jueces, guardianes, levitas, alcaldes, leguleyos-, iban destruyendo cultivos, arrasando las cementeras; incendiando casas”.

De la subsistencia a la acumulación

Finalizado el primer período presidencial de Tomás Cipriano de Mosquera (1798-1878) quien impulsó la navegación de vapores por el Magdalena, la apertura de caminos y las mejoras de los servicios de correo, entra el General José Hilario López al poder, cuando la República se prepara para declarar la manumisión de 16 mil esclavos (1852). Entonces, se da una emancipación temida en los grandes feudos de las provincias de Popayán y Cauca y en las grandes minas de Antioquia, Chocó y Barbacoas, y se proponen cambios fundamentales como la ley agraria, la separación de la Iglesia y el Estado, la libertad de prensa y la federalización de la República. (3).

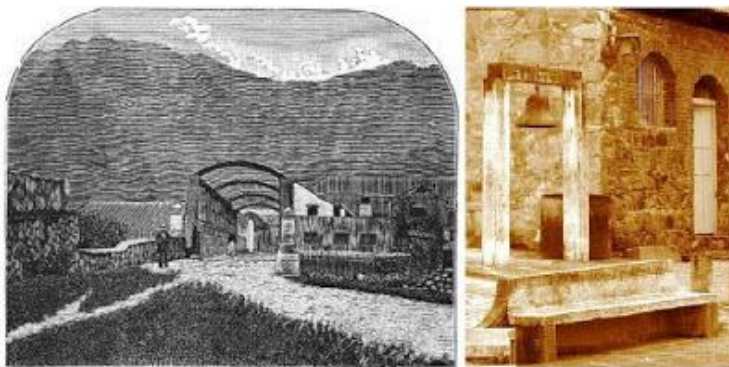
A medio siglo de haberse perdido la importancia comercial alcanzada por Honda durante la Colonia como nodo de la navegación del Magdalena en el camino que parte desde Barranquilla con destino a Bogotá, Antioquia, el Cauca y Quito, consecuencia de la apertura de puertos sobre el Pacífico en Guayaquil, Tumaco y Buenaventura, y del camino establecido por Nare, surge Manizales como el poblado más estratégico de la provincia sur del Estado de Antioquia; entonces esta aldea que se desarrolla sobre una retícula con centro en la plaza mayor, va emergiendo al ritmo de la arriería, al tiempo que se va desarrollando un bahareque de tierra, constituido por una mezcla de estiércol de equinos y limos inorgánicos aplicados sobre una esterilla de guadua, dispuesta sobre una armadura de tallos de la misma Bambusa.

Durante esta segunda media centuria que cierra el Siglo XIX, luego de duros años de trabajo empleados por los colonos con la esperanza de hacerse a la tierra como medio de subsistencia, y buscando el ascenso social, Manizales pasa a ser el teatro de las confrontaciones armadas de 1860, 1876 y 1884 entre los estados de Antioquia y Cauca, donde el necesario aprovisionamiento de las tropas favorece una economía de subsistencia.

Para 1876, la población de la aldea de bahareque y tapia pisada llegaba a 10 mil habitantes y la del país a unos 3 millones. Entre tanto, la promisoría economía del fértil valle del río Cauca, donde se esperaba el beneficio de obras como el Ferrocarril del Cauca, se fue a pique como consecuencia de la inestabilidad política de estas guerras civiles.

Pasado este difícil período, las pequeñas fincas de pan coger del área entre Quindío y Manizales, que se laboran bajo el modelo de producción familiar, se siembran ahora con propósitos comerciales, primero en caucho y posteriormente en café, dando origen a un sistema económico y social diferente al de peonaje y haciendas característico de los grandes predios de los estados de Cundinamarca y Cauca, fundamentado en el trabajo asalariado, ya que con la colonización del siglo XIX, al establecerse el principio de “la tierra para quien la trabaje”, se crean las bases para un modo de producción capitalista.(4)

El grano de oro para el desarrollo



*Imagen 9- Puente de hierro sobre el Gualí, en Honda, Tolima, y Marmato, Caldas.
Fuente: banrepcultural.org*

Los habitantes de la “Tierra del café” poseen una cultura donde inciden determinantes de la caucanidad y de la antioqueñidad, relacionados con los modos de producción de la minería de la Colonia y de la actividad agraria del siglo XIX. Si en el caucano gravitaron el modo esclavista en la minería y el feudal en la hacienda terrateniente, en el colono venido de Antioquia la nueva caficultura será una actividad minifundista soportada en el trabajo asalariado de pequeños propietarios, donde la cultura se enriquece con el aporte del caucano de clase media caracterizado por sus imaginarios de libre pensador, lo que forja una sociedad laboriosa y emprendedora en este territorio cafetero, y una economía que florece durante los primeros setenta años del siglo XX.

Así, en una perspectiva socioambiental, los habitantes de este territorio antes denominado Gran Caldas, heredan en su cultura imbricada profundas trazas de la racionalidad propia de la tierra del hacha y la ruana, y de la mentalidad abierta y liberal de la *caucanidad* que impulsa al ciudadano no vinculado a la tierra ni a la minería, hacia el comercio y la producción manufacturera.

Aunque Manizales aparece al empezar la transformación política y social de Colombia (1849), Pereira se funda cuando Mosquera da la guerra con Ecuador por Tumaco (1863), y Armenia surge al detonar en Santander la guerra de los “Mil Días” (1899-1903). Si bien las fechas de fundación de estas tres ciudades intermedias conurbadas de la tierra del café, emplazadas sobre los abanicos aluviales son del período republicano, el mayor esplendor de la región apenas se vivió en la década de 1920, gracias al impacto de los ferrocarriles y cables cafeteros, donde el café y estos medios 20 veces más eficientes en costos y en tiempo, que la arriería, para sacar el preciado grano, aparecen como fuerzas motrices del poblamiento del centro-occidente colombiano. (5)

Para entonces cambia la fisonomía de Manizales, un pequeño poblado que empieza a tener aires de ciudad gracias al surgimiento de una arquitectura ecléctica, en la que participan estilos victorianos, italianos y afrancesados, al tiempo que el nuevo modelo urbano abandona el trazo de la retícula ortogonal española para seguir las curvas de nivel a lo largo de la escarpada topografía; e igualmente, los numerosos periódicos y tertulias de la capital, anuncian una corriente de intelectuales y artesanos.

En Colombia, Carlos Eduardo Pinzón (1874-1925), en la década de 1920 alcanzará a exportar cerca de 35% del café colombiano, tras abrir el mercado de los Estados Unidos. Ahora, habiéndose constituido el café en el motor del desarrollo nacional, dicho empresario antioqueño pudo apoyar el Cable Aéreo Manizales-Mariquita, obra construida por los ingleses entre 1912 y 1922 para cruzar la Cordillera Central previniendo los impactos del nuevo canal interoceánico, y encontrar en el puerto de Honda la salida al Caribe transitando el Magdalena; y también hace lo propio el emérito comerciante promoviendo el Ferrocarril de Caldas como apéndice del Ferrocarril del Pacífico. Inaugurado el Canal de Panamá en 1914, Buenaventura que respondía por 8% de las exportaciones del país, con el impacto del tren y la obra del istmo, pasa a mover 32%. (6)

Igualmente, gracias al café, se da la explosión de la navegación por el Magdalena. La importancia del “grano de oro” será fundamental, primero para encontrar la viabilidad del Departamento de Caldas que se crea en 1905, al haberse constituido Manizales en un próspero poblado de 25 mil habitantes –Medellín llegaba a 60 mil–, y segundo, por lo que se apreciará en la década de 1920 cuando el meridiano económico de Colombia pasa por esta ciudad, convirtiéndola en fuente de divisas para la industrialización del país, condición que le permitió reconstruirse luego de los devastadores incendios de 1922, 1925 y 1926.

Comités para el desarrollo y caturra para la crisis

Aunque el antiguo Caldas apenas surge en 1905, tras la reforma territorial de Rafael Uribe Uribe (1859-1914), en cuestión de nada se pasa de una economía de subsistencia y de grandes empresas de arriería que le apuntan al mercado nacional, a otra de acumulación con ferrocarriles y cables aéreos que buscan los puertos marítimos. Gracias al café, la nueva sociedad empieza a conocer los beneficios de un cultivo de pequeña superficie con alto efecto distributivo del ingreso, con un modo de producción capitalista, lo que tendrá validez hasta la década de 1970.

Pero en 1927 se funda en Colombia la Federación Nacional de Cafeteros, institución que mediante los Comités logra irradiar los beneficios de la caficultura al campo, aportando y cofinanciando la construcción de caminos, acueductos, puestos de salud, redes eléctricas y escuelas rurales. Son los tiempos de la chiva y el yipao, en los que la economía y la vida de las comunidades de los pequeños pueblos y caseríos de las veredas de nuestra región, resultan pujantes, por lo menos

hasta 1970 cuando llega el caturra con los efectos de una revolución verde, cuyos paquetes tecnológicos y financieros no pudieron ser asimilados por los campesinos propietarios: la consecuencia, sus tierras pasaron a manos de comerciantes y profesionales; entre tanto, aquellos con solo dos años de escolaridad en promedio, migran a la ciudad, justo en momentos en los cuales la reconversión tecnológica cafetera presenta mayores exigencias laborales y empieza a modificar la estructura de productividad y costos. (7)

Y conforme la población se va polarizado sobre el eje Manizales – Pereira – Armenia, y el centralismo que desde la crisis de 1929 termina clonándose en las provincias, se facilita la escisión del Gran Caldas al crearse los departamentos de Risaralda y Quindío en 1966, al tiempo que la economía empieza un proceso acelerado de tercerización, y se da el ocaso de la sociedad industrial. Además, en la medida en que se ha venido conurbando el territorio vecino a las capitales cafeteras, la racionalidad agropecuaria en la tenencia de la tierra va cambiando, por otra relacionada con los potenciales usos del suelo urbano, a la vez que cambia el mapa de la caficultura colombiana, al desplazarse la producción a otras regiones, donde los bajos costos asociados a una menor productividad resultan viables frente a la crisis de precios del café.

Aquí vale la pena señalar que en materia de infraestructura, la región presenta diferencias y asimetrías profundas: de un lado, están las áreas urbanas de las capitales y municipios cercanos a estas, donde se concentra la infraestructura y el ingreso; y de otro, las zonas rurales lejanas a las capitales conurbadas, menos equipadas y en las cuales cambian las condiciones relativas, según se trate (a) de zonas cafeteras donde el transporte rural ha cumplido una función esencial como catalizador de la reducción de la pobreza, dada la alta densidad de su red vial, o (b) de las cuencas altas donde la baja densidad poblacional y la precaria conectividad del territorio afecta poblados rurales aislados, como Marulanda (Caldas) y Pueblo Rico (Risaralda). De esta particular circunstancia, el Quindío ha podido sacar ventaja al tener integrado su territorio, lo que no Caldas ni Risaralda.

De la segregación a la integración

En la última generación -25 años-, la población de las tres capitales del Eje Cafetero ha crecido así: 41% en Manizales, 96% en Pereira y 60% en Armenia; incremento que pone en evidencia la asimetría en los niveles de conectividad interna y externa de los tres núcleos urbanos. Mientras la región en los tres departamentos cuenta con cerca de 2,2 millones de habitantes, los problemas de empleo y migración a pesar de su posición geoestratégica, indican que la ventaja asociada a su ubicación de privilegio en el denominado “Triángulo de Oro de Colombia”, está inexplorada al no haber conformado entre las capitales cafeteras una ciudad región, no haber complementado sus economías, ni implementado un sistema integrado de transporte interurbano eficiente para desarrollar un mercado interno importante con economías de escala. Ahora, con las autopistas de la Montaña, y al Valle del Cauca, la ventaja del Eje Cafetero para la integración de la gran conurbación entre Cali y Medellín dependerá de la conformación o no de esa ciudad región entre las capitales cafeteras, para no palidecer y en conjunto lograr mayores beneficios, en especial si también se da la conexión del sistema férreo, con el Ferrocarril Cafetero propuesto entre La Dorada e Irra como articulador transversal del sistema de carga de la Región Andina conectando el Altiplano a la hidrovía del Magdalena y a los dos mares de Colombia. (8)

Hoy, los nuevos desarrollos urbanos aún por implementarse en los planes de ordenamiento territorial del país, deben propender por la integración hacia adentro y hacia afuera de los núcleos urbanos. Esto es, las ciudades deben conformar sus áreas metropolitanas, e interactuar articulando funciones que armonicen con sus mejores competencias y las de los municipios periféricos. Este es un imperativo para las ciudades intermedias conurbadas, que para no palidecer deben integrarse para formar un clúster con base en tres elementos: que las economías entre los

centros urbanos en lugar de competir se complementen, que las distancias entre dichos centros se reduzcan a menos de tres horas, y que los centros que interactúen tengan el mismo nivel de relevancia.

Pero el reto de Manizales debe empezar por ordenar y reconvertir su industria, orientándola a tres líneas específicas, sobre las cuales todavía no existe una conciencia empresarial: uno, a industrias de alto valor agregado con densidad tecnológica asociadas a las economías digital, verde y naranja; combinando para el efecto la producción de bienes y servicios en TIC, en biotecnologías y en creatividad, que hagan uso del transporte aéreo en un aeropuerto que supere las limitaciones regionales, tal cual lo propone Aerocafé extendiendo su pista para operar como aeropuerto “low cost” y de carga pesada complementando a El Dorado y al José María Córdoba, asumiendo funciones de nodo aéreo transoceánico; dos, a industrias que satisfagan el mercado nacional, renglón para el cual fueron concebidas cuando imperaba el modelo de sustitución de importaciones; y tres, a industrias químicas de base minera que deben ubicarse del lado de la materia prima y no del consumidor, las cuales pueden hacer uso de un corredor logístico que busque los mares, como el que se propone con la hidrovía del Magdalena y con el Ferrocarril de Occidente saliendo desde el Km 41 a Urabá y Buenaventura.

Y para cerrar, una mención a tres proyectos estructurantes que han quedado en este aparte: uno, el Ferrocarril Cafetero, un tren de montaña entre La Dorada y el Km 41 que integre la Región Andina para estructurar el sistema de transporte de carga de Colombia; dos, el Aeropuerto del Café con pista de 3800 m x 40 m para lograr impactar la región y hacer viable el Paisaje Cultural Cafetero, dado que Matecaña siempre estará limitado a aviones de mediano alcance; y tres, un puerto profundo en el Pacífico concebido en el marco del eje interoceánico Urabá-Cupica. El primero supone construir el nuevo Túnel Cumanday perforado en las granodioritas estables vecinas a Cerro Bravo, para que al articular esa vía férrea al Tren de Occidente se pueda movilizar a menor costo un contenedor entre Bogotá y Buenaventura, y se facilite la salida del carbón andino al Pacífico colombiano. El segundo, como medio aéreo fundamental para resolver la condición mediterránea del Eje Cafetero, con vuelos transoceánicos llegando a bajo costo a Asia, Norte América, Europa y el Cono Sur; y tercero, la construcción de un canal interoceánico seco por el Atrato antioqueño en el Chocó biogeográfico, como paso logístico en la interface de los dos océanos de la economía planetaria; con lo cual habrá que prever un desarrollo urbano en Urabá.

(9)

Retos y enfoques para la agenda

Es evidente que la sociedad de hoy reclama un Estado que debe implementar políticas sectoriales, culturales y educativas en el nivel local, atender con urgencia los desafíos ambientales y de pobreza e inequidad, y de paso erradicar la corrupción y adecuar de forma coherente el ordenamiento territorial, de conformidad con la oferta cultural y natural de las regiones, y en atención a su problemática social y ambiental.

Pero sabemos que estos no son los tiempos de la sociedad industrial de ayer, del Estado solidario que expande sus beneficios gracias a los postulados keynesianos, ni de unas fuerzas productivas soportadas en procesos intensivos en mano de obra. Ahora son los tiempos de la sociedad del conocimiento, en la cual la estructura del empleo ha cambiado. Ahora, en el caso de Colombia, cada vez más transmutada por la tecnología y donde el conocimiento ya alcanza el mayor protagonismo entre los factores de producción, el Estado ha quedado al servicio del mercado y, por lo tanto, de espaldas a las grandes necesidades de una Nación, a la que la pobreza y la fragmentación social y espacial imponen otras prioridades. Luego, si el nuevo empleo que ya no se basa en destrezas manuales y fuerza muscular, sino en el desarrollo de competencias intelectuales y sociales, para articularlo a procesos intensivos en tecnología, deberá soportarse en

la educación y la investigación, implementando otro modelo educativo que desarrolle el talento humano, la creatividad y la inteligencia social y emocional, como factores requeridos para el emprendimiento y la innovación. (10)

Además, para cerrar la brecha de productividad entre los medios rurales y urbanos, urge emprender un desarrollo educativo y cultural que haga factible una reconversión del sector agropecuario, orientada hacia modelos de producción limpia, en la que saberes, conocimientos, aprendizajes y experiencias se integren a un desarrollo social y cultural de una región como la del Eje Cafetero, para la cual se debe re-significar y re-elaborar el conjunto de símbolos y valores que le da soporte a su identidad como territorio biodiverso, mestizo y multicultural, así: en la Alta Cordillera de nuestra ecorregión los símbolos de la identidad se relacionan con el pasillo, el páramo, el bahareque de tabla, el sombrero aguadeño y la ruana de Marulanda; en el Magdalena Centro, con la navegación por el Magdalena, la Expedición Botánica, el bunde y la guabina, el rancho de hamacas y la subienda de nicuros, bagres y bocachicos; en Marmato, Supía y Riosucio, con la cultura indígena de las comunidades Embera y Umbra, y con la minería del oro y el carbón, nutrida del significativo aporte de las comunidades afrodescendientes, y con los currulaos en esta tierra de artesanías, panela y café. Existe más novela y poesía en el oro que en el café. (11)

Finalmente habrá que desarrollar las competencias de la región expresadas en su potencial cultural y natural, y en la propia identidad haciendo uso del civismo, tal cual lo registra la historia de la ciudad que mediante él se ha sobrepuesto a los incendios, terremotos y erupciones volcánicas, para no sucumbir frente a otras acciones mucho más devastadoras como la pérdida de valores, que trae como consecuencia la corrupción ya casi institucionalizada, lo que explica la despiadada acción humana sobre los bienes comunes o públicos. Al fin de cuentas, la civilidad es el valor supremo de la cultura urbana. (12)

* EDITORIAL Revista Summa Iuris. Vol. 5, Núm. 1 (2017) Universidad Católica Luis Amigó.

Referencias

- (1) Jorge Arias de Greiff (1993). La astronomía en Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y naturales.
- (2) Valencia Llano, A. (2000). Colonización: Fundaciones y Conflictos. Agrarios. Recuperado de <http://albeirovalencia.com/>
- (3) Duque Escobar, Gonzalo (2016) [PCC 2011-2016: desafíos de un patrimonio sustentable](#). Chinchiná,
- (4) Marco Palacios (2002). El Café en Colombia 1850 a 1970. Una historia económica, social y política. <http://banrepcultural.org/blaavirtual/economia/fondos-abiertos/el-cafe-en-colombia-tercera-edicionn>
- (5) Duque Escobar, Gonzalo (2016) [Eje Cafetero y Transporte Intermodal](#). In: Reunión del Comité de Ecorregión Eje Cafetero. Alma Máter.
- (6) Duque Escobar, Gonzalo (2015) [El desarrollo urbano y económico de Manizales](#).
- (7) Absalón Machado C (2001) El café en Colombia a principios del siglo XX. In: Desarrollo económico y social en Colombia: siglo XX. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2531>
- (8) Duque Escobar, Gonzalo (2015) [¿Para dónde va el Magdalena?](#): In: III Foro público Honda.
- (9) Duque Escobar, Gonzalo (2017) [Plataformas Logísticas y Transporte Intermodal en Colombia](#).
- . In: Conferencia para la SAI y la CCOA. Medellín y Rionegro.
- (10) Duque Escobar, Gonzalo (2014) [Elementos para la construcción de una visión del desarrollo de Caldas](#).
- (11) Duque Escobar, Gonzalo (2015) [Manizales: El futuro de la ciudad](#). In: Cátedra de Historia Regional de Manizales, BAT. U de Caldas.
- (12) Duque Escobar, Gonzalo (2016) [Guerra o Paz, y disfunciones socio-ambientales en Colombia](#).
- Revista Civismo SMP Manizales, Colombia.

1.11 MINERÍA EN ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL

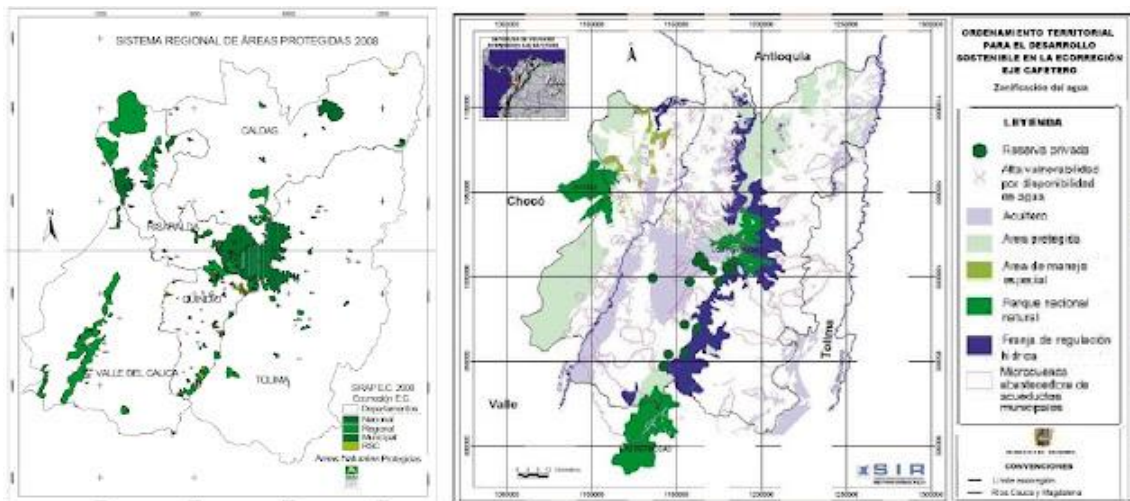


Imagen: Ecorregión Cafetea. Sistema de áreas Protegidas. Izq. Zonificación del agua en la Ecorregión Cafetera. Der. Fuente, Fuente: SIR 2008 y 2003.

La Resolución 110 de enero 28 de 2022 del Ministerio de Ambiente, donde se flexibilizan los mecanismos de sustracción de predios en reservas forestales de Colombia, permitirá que se adelante la exploración mineral, incluyendo perforaciones, sin el oneroso proceso de sustracción de Ley, ya que sustituye el proceso que se establecía, equivalente a un cambio de uso de suelo, e incluso antes de que un proyecto hubiese probado ser viable. La administración de las Reservas Forestales Protectoras RFP en la escala nacional y regional, aunque están a cargo del Minambiente, corresponde a las Corporaciones Regionales Autónomas. Al respecto, Caldas debería blindar sus RFP del sistema de áreas protegidas reconociendo las franjas periféricas de 700 metros como cinturones con función amortiguadora, recomendadas en 2014.

La Mina Tolda Fría en la Vereda Montaña de Villamaría, una amenaza no sólo para la RFP Bosques de La Chec cuya área comprende 3.893 hectáreas como hábitat de especies endémicas vulnerables en riesgo de extinción y como generadora del 65% del agua de la ciudad que se trata en las plantas Luis Prieto Ocampo de Aguas Manizales, y de la futura demanda de agua de Villamaría, por fortuna se ha suspendido en virtud de un fallo en segunda instancia del Tribunal Administrativo de Caldas, quien avaló una acción popular presentada por la Sociedad de Mejoras Pública de Manizales en 2011, para proteger los derechos colectivos vulnerados por la explotación de oro que proyecta la multinacional Río Novo.

Cuando a los 2800 y 3000 m snm, en el predio minero de 165 hectáreas -parte de ellas ubicadas en dicha área de interés ambiental-, progresen decenas de perforaciones exploratorias con más de 500 m de profundidad, de no aplicarse el principio de precaución impidiendo la explotación, se afectará de forma grave una cuenca hidrogeológica profunda que nutre las quebradas La María, Tolda Fría, Romerales y California, quedando potencialmente contaminadas las aguas de los acuíferos vecinos que nutren tales dichos cuerpos de agua. Como referente, el 6 de julio de 2011 Corpocaldas afirma que Aguas Manizales, quien hace el monitoreo a la calidad del agua incluyendo análisis de mercurio, encuentra cantidades de este metal dentro de los rangos permisibles en las Quebradas La María o Tolda Fría.

Sabemos de la importancia de prevenir los graves impactos sobre la calidad del agua por contaminación de acuíferos, ríos y quebradas, permitiendo explotaciones mineras vecinas a zonas de recarga que alimentan acueductos, máxime cuando establecer un sistema de monitoreo sistemático y permanente, y acometer el tratamiento perpetuo de aguas con redes de pozos, requiere instrumentos y procesos onerosos. En Colombia, donde la gestión de los pasivos

ambientales no cuenta con una normatividad que la reglamente, ni se tienen los mecanismos o instrumentos para cubrir los costos de remediar los impactos, también se carece de un régimen de responsabilidad específico que obligue a asumir los pasivos ambientales de la minería.

En Colombia, los proyectos de minería metálica a gran escala, donde los impactos que son a muy largo plazo y por lo tanto a perpetuidad en la práctica, para prevenir la socialización de los daños y costos ambientales, semejantes proyectos no deberían permitirse, ya que necesitan soluciones estructurales que en el país son absolutamente inviables. Añádase que en nuestra legislación, donde prima el enfoque correctivo sobre el preventivo para el sector extractivo, no existen mecanismos jurídicos que garanticen la corrección de los daños ambientales cuando la empresa responsable cierre operaciones, ni se contempla un régimen de responsabilidad que la obligue después de que se certifique el proceso de cierre.

Finalmente, además de evaluar la conveniencia de futuros proyectos mineros en el país, e incluso de reevaluar la de los existentes, se debe implementar una reforma profunda de las instituciones del sector y del sistema extractivo en general, para reorientar la gestión y hacer que los estudios de impacto ambiental financiados por las empresas, sólo sean ejecutados a través de instituciones públicas con criterios ajustados a pautas estrictas y veeduría ciudadana, empleando metodologías estandarizadas y entregando resultados evaluados por académicos, con lo cual se podría garantizar su independencia y confiabilidad, para que no sean las empresas mineras quienes contraten y controlen los resultados que se adjuntan. *. Manizales, marzo 7 de 2022 .

Lecturas complementarias

Ciencias naturales y CTS.

El conocimiento es producto de una práctica humana con reglas establecidas y las ciencias naturales cuyo objeto es el estudio de la naturaleza, no afirman cómo es la naturaleza, sino que explican lo que observamos en ella. Aquí nos ocupamos de las ciencias naturales: el dominio de los sistemas rígidos comprende las ciencias físicas y parcialmente las ciencias de la vida, pero no las ciencias del comportamiento y las ciencias sociales, que son del dominio de los sistemas flexibles. La ciencia a su vez, diferencia la ciencia básica de la aplicada, siendo ésta última la aplicación del conocimiento científico. Ver:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3157/cts-ondas.pdf>

Ciencia y tecnología en la sociedad del conocimiento.

Desde las disciplinas tradicionales resulta utópico intentar la solución a las profundas problemáticas del mundo actual. Hoy, tanto los procesos de construcción de un territorio dado, como su contexto social, económico y ambiental, resultan más complejos. Requerimos además del diálogo de saberes, del concurso de la propia ciencia y tecnología con sus herramientas para obtener de ellas una aproximación a las posibles soluciones.

Ver en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8652/gonzaloduqueescobar.201176.pdf>

Eje Cafetero: fortaleza minero-industrial y posibilidades agropecuarias

Fortalezas del Eje Cafetero relacionadas con sus potencialidades agropecuario y valioso inventario minero, que le dan soporte a los elementos fundamentales del Plan Industrial Minero y a nuevas opciones de clústeres regionales agropecuarios, en momentos en los que se perfila un crecimiento de la oferta energética local en el oriente caldense y la implementación de modos de transporte más eficientes como la navegación por el río Magdalena. Ver en:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9693/gonzaloduqueescobar.201222.pdf>

Colombia Tropical ¿y el agua qué?

El panorama del agua en Colombia no es alentador: mientras la demanda hídrica continúa expandiéndose, la oferta se afecta por diversos que obligan factores a tomar previsiones integrales, como la deforestación, la minería, la contaminación por vertimientos y la presión sobre los ecosistemas estratégicos, y una problemática que se expresa en descontrol hídrico y pluviométrico, y en sequías, inundaciones y desabastecimientos. Ver en: <https://alejandria-d.unal.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/131/Colombia%20tropical%20c2%bfy%20el%20agua%20qu%c3%a9.pdf>

Un contexto para el puerto de aguas profundas en Tribugá, Colombia.

Introducción. - Algo de historia del transporte. - El transporte y el PIB en Colombia. - Los modos de transporte en Colombia: transportes carretero, férreo, fluvial, aéreo, marítimo y oceánico. - El mundo de los contenedores. - El Canal del Suez y el Canal de Panamá: dos atajos. - El Pacífico colombiano: Tribugá y Buenaventura. Ver en: <https://godues.wordpress.com/2018/07/06/un-contexto-para-el-puerto-de-aguas-profundas-en-tribuga-colombia/>

Significado y desafíos del regreso del tren

Ahora que regresa el tren a La Dorada, las autoridades del sector deberían reevaluar las políticas del transporte de carga, donde resulta evidente que antes que poner a competir ferrocarril, carretera y río a lo largo del Magdalena, en lugar de desarrollar el Ferrocarril Cafetero y el Corredor Férreo del Cauca uniendo a Buenaventura con Urabá. Con esta configuración, se puede hacer viable un sistema intermodal de carga en Colombia, siempre y cuando se parta del presupuesto de que no solo el desarrollo sino también la rentabilidad de la hidrovía y los ferrocarriles, obliga a implementar la locomotora del carbón andino para asegurar la carga en ambos modos. Ver en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57686/significadoydesafiosdelregresodeltren.pdf>

ENLACES SOBRE CALDAS

<u>Aerocafé... cómo, qué y por qué.</u>	<u>Manizales: un diálogo con su territorio.</u>
<u>Aguadas: esplendor entre neblinas y pasillos.</u>	<u>Neira: entre la ruralidad y la ciudad región.</u>
<u>Anserma puntal del occidente por sus raíces Umbrá.</u>	<u>Minería en la ecorregión Cafetera.</u>
<u>Anotaciones a las vías de Caldas.</u>	<u>Noroccidente de Caldas: un territorio forjado en Oro, Panela y Café.</u>
<u>Caldas en la biorregión cafetera.</u>	<u>Opciones de Caldas en medio ambiente, cultura y territorio.</u>
<u>Cambio Climático en Colombia: La Amenaza.</u>	<u>Oro de Marmato: miseria o desarrollo.</u>
<u>Carta Abierta de la Red de Veedurías Ambientales de Caldas 2022..</u>	<u>Paisaje Cultural Cafetero (2011-2016): una visión prospectiva.</u>
<u>Colombia – En el día Internacional de la Biodiversidad.</u>	<u>Pensilvania, la “Perla del oriente” caldense.</u>
<u>Cultura y Turismo en Caldas.</u>	<u>Perfil ambiental de Manizales y su territorio.</u>
<u>Chinchiná Siglo XXI.</u>	<u>Precedente promisorio para la crisis del Eje Cafetero.</u>
<u>Día Mundial del Medio Ambiente: El Universo.</u>	<u>Problemáticas y potencialidades de Manizales y Caldas.</u>
<u>Eje Cafetero: fortaleza minero-industrial y posibilidades agropecuarias.</u>	<u>Reflexiones para el manejo de la guadua en Palestina.</u>
<u>El desarrollo urbano y económico de Manizales.</u>	<u>Retrospectiva histórica de la minería en Marmato.</u>
<u>El Río Grande, su ecosistema y la hidrovía.</u>	<u>Río Blanco, cuna de vida...</u>
<u>El territorio del río Grande de la Magdalena.</u>	<u>Río Magdalena: Historia y Derechos Bioculturales del Territorio.</u>
<u>El territorio caldense, un constructo cultural.</u>	<u>Riosucio mestiza e indígena.</u>
<u>El transporte en Colombia.</u>	<u>Salamina patrimonial y emblemática.</u>
<u>Ferrocarril Cafetero y Túnel Cumanday.</u>	<u>Samaná, tierra de agua y miel.</u>
<u>Ferrocarril Interoceánico Urabá-Cupica.</u>	<u>Subregiones del departamento de Caldas: Perfiles.</u>
<u>Investigación estratégica en el PNN de los Nevados.</u>	<u>Supía: 475 años bajo la tutela del cerro Tacón.</u>
<u>Ingeniería, incertidumbre y ética.</u>	<u>UMBRA: la Ecorregión Cafetera en los Mundos de Samogá.</u>
<u>Ingenierías, medio ambiente y humanidades.</u>	<u>Villamaría – Mosaico Temático.</u>
<u>La Ciudad Región Pereira – Manizales.</u>	
<u>La Dorada como nodo intermodal de carga.</u>	
<u>La sed de los cafetos.</u>	
<u>Manizales: intervención y uso del suelo urbano.</u>	

...

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: hidro vías 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.

