

REVISTA SAI



Sociedad Antioqueña de
Ingenieros y Arquitectos
La Fuerza de la Razón - 1913



Grupo Pospin
Estrategia & Negocios



PRESIDENTE

Luis Oliverio Cárdenas Moreno



DIRECTORA EJECUTIVA

Carolina Ramírez Gallego

FUNDADOR

Juan de la Cruz Posada

DIRECTOR REVISTA SAI

Enrique Posada Restrepo

CONSEJO EDITORIAL

Óscar Jaime Restrepo Baena

Enrique Posada Restrepo

Luisa Marulanda Giraldo

DIAGRAMACIÓN

Tatiana Zapata López

Juan José López Vargas

Luisa Marulanda Giraldo

**Sociedad Antioqueña de Ingenieros
y Arquitectos**

Teléfono: (+57 4) 264 08 32

Celular: (+57) 319 289 66 03

Email: sai@sai.org.co

Sede Calasanz:

Carrera 81 A N^a48B-44

Sede Poblado:

Cra. 43B #16-95 Of. 510-2

Medellín - Colombia



Tabla de contenido

NOTAS DEL DIRECTOR DE LA REVISTA ENRIQUE POSADA RESTREPO.....	5
COLOMBIA INTELIGENTE: ALIANZA ESTRATÉGICA PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR ELECTRICO.....	7
EL PROYECTO BRASILEÑO FICO - FIOLE CAMBIA LAS REGLAS DEL JUEGO DE LA INDUSTRIA DE CARGA.....	12
CALENTAMIENTO GLOBAL: HACIA UN ENTENDIMIENTO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS. ASPECTOS CONTROVERSIALES Y ANÁLISIS ALTERNATIVOS.....	15
EN RIESGO LA INVERSIÓN PRIVADA EN INFRAESTRUCTURA.....	54
DRENAJE EN TÚNELES CON ALTA PRESIÓN DE AGUA. MEJORA DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MEMBRANA. IMPERMEABILIZANTES	59
INCENTIVOS TRIBUTARIOS EN MATERIA AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA DE INSUMOS DE LA CONSTRUCCIÓN, ASOCIADOS A INVERSIONES, CON BENEFICIOS EN APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS Y REDUCCIÓN DE EMISIONES.....	64
POLEKA KASUÉ, UNA INICIATIVA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD EIA EN LA ALTA MONTAÑA DE COLOMBIA PARA EL MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL.....	71
LA ECONOMÍA HUMANA, VISTA COMO UN CAPÍTULO DE LA ECONOMÍA NATURAL, DESDE UNA MIRADA SOCIOECONÓMICA Y CIENTÍFICA.....	77
UNA ÚLTIMA LECCIÓN A LOS GRADUADOS EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.....	91
VALORIZACIÓN MATERIAL DE LOS RESIDUOS RESIDUALES MUNICIPALES.....	95
PATRIMONIO PARA EL TURISMO Y TURISMO PARA EL PATRIMONIO	100
REPENSAR A DARCY.....	105

INSTRUCCIONES PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE ARTÍCULOS..... 122



El 17 de agosto de 1913 se fundó la Sociedad Antioqueña de Ingenieros -hoy también de Arquitectos-. Su principal propósito fue y sigue siendo poner a disposición del bien común sus conocimientos con el fin de analizar y proyectar un mejor futuro para la región. **Así nació la SAI y fue definitiva su participación en la creación del centro industrial que se conformó en nuestra ciudad capital**, sentando bases de una nueva era de desarrollo sostenible.

Este año se cumplen 110 años de experiencia en el acompañamiento, co-creación de ideas, actualización y formación de profesionales con visión global y diseño colaborativo interdisciplinario, más de un siglo siendo testigos de la construcción de importantes hitos que contribuyen al desarrollo no sólo de la región sino del país.

NOTAS DEL DIRECTOR DE LA REVISTA ENRIQUE POSADA RESTREPO



Un saludo muy especial a todos los socios y colegas que hacen parte de nuestra Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos – SAI, gremio que en este 2023 cumple 110 años de existencia.

Estamos publicando la edición número dos de nuestra Revista SAI, la cual salió a la luz en diciembre del 2022 por primera vez después de 30 años. Su objetivo es permitir que nuestros socios, amigos y allegados puedan escribir sus artículos y darlos a conocer a la comunidad.

Contamos con ustedes amigos lectores para divulgar esta publicación, para darla a conocer, para que la lean y disfruten de la calidad académica y de la gran capacidad de divulgación que tienen nuestros autores.

La Revista es uno de los productos de la SAI de acceso libre, cuyo propósito es ser una caja de resonancia donde se puedan dar a conocer diferentes temas de interés de manera digital.

Agradecemos a la Ingeniera Luisa Marulanda, nuestra Directora Técnica que ha estado coordinando la consecución y recepción de los artículos y a nuestro Comité Editorial, especialmente al Ingeniero Óscar Jaime Restrepo por su esfuerzo de revisión y de mejoramiento de algunos de los aspectos de los artículos recibidos.

Escribir, publicar y leer son grandes virtudes, cuando combinamos las tres estamos contribuyendo a la divulgación del conocimiento. Ha sido una gran tradición de las instituciones el contar con medios para divulgar el conocimiento y la capacidad de las personas asociadas; esto es lo que buscamos con nuestra revista.

Invitamos a todas las personas que quieran publicar a que consulten los requisitos exigidos para las publicaciones que aparecen al final de este número y se sientan con ánimo para contribuir en la edición número 3 de la revista que saldrá en el segundo semestre del presente año.

La SAI ha estado siempre presente en la elaboración de propuestas que permitan seguir desarrollando proyectos y actividades en pro del crecimiento de nuestra región y país, así mismo al fortalecimiento de nuestra comunidad de profesionales; por eso invitamos muy cordialmente a nuestros lectores a que hagan parte de esta iniciativa.

Convocamos a los Socios jóvenes de la SAI, los cuales están realizando actividades de profundización académica, a que tomen el riesgo de escribir, a ser exigentes consigo mismos en la forma en la cual elaboran sus ideas e investigaciones, de tal manera que las puedan

llevar a artículos, propuestas y alternativas para compartir. Invitamos también a nuestros Socios que ya son profesionales y que tienen experiencia en diferentes temas, a que se tomen el tiempo de reflexionar, de poner sus conceptos, sus conocimientos de manera ordenada para compartirla con los demás y contribuir al bien del país.

Sacar adelante una revista es una tarea laboriosa que apenas comenzamos y que vamos a continuar; la visión a largo plazo de esta revista es que sea indexada, que tenga revisión de pares y que por supuesto, sea de gran calidad. Es un proceso que toma tiempo, pero que será exitoso en la medida que los escritores escriban, en que revisemos y publiquemos y en que tengamos lectores, un gran proyecto SAI en el que queremos que todos ustedes participen.

Un caluroso saludo,



Enrique Posada Restrepo
Expresidente SAI
Director de la Revista SAI

Eventos 2023

Presencial

Entrada gratis

Foro Energía y Desarrollo Sostenible

Marzo 9



Virtual

Foro

Industria 4.0 e innovación

Julio 26



Virtual

Seminario Calentamiento Global

4 Y 5 MAYO



Presencial

Foro de Minería

Julio 6



Presencial

Ferrocarriles

V Seminario Internacional y Expo

Junio 21, 22 y 23



Presencial

ExpoTúneles y Minería Subterránea 2023 By SAI

XVIII Seminario Andino de Túneles y Obras Subterráneas

Octubre 4, 5 y 6 de 2023



COLOMBIA INTELIGENTE: ALIANZA ESTRATÉGICA PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL SECTOR ELECTRICO

Zapata, Jaime¹; Molina, Juan²; Buitrago, Luisa²; Álvarez, Mauricio³

¹ Ingeniero Electricista, Universidad Pontificia Bolivariana, XM- Colombia Inteligente, Medellín, Colombia, 1996

² Ingeniero Electricista, Universidad de Antioquia, Colombia Inteligente, Medellín, Colombia, 2003

³ Ingeniera Electricista, Universidad Nacional Sede Manizales, Colombia Inteligente, Medellín, Colombia, 2011

⁴ Ingeniero Electrónico, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia Inteligente, Medellín, Colombia, 1996
juandavid.molina@colombiainteligente.org

Resumen: Colombia Inteligente es una alianza de buenas voluntades, conformada por entidades y empresas, para la inserción integral y eficiente de los sistemas inteligentes a la infraestructura del sector eléctrico colombiano. Tiene como objetivo fomentar, en forma sinérgica y colaborativa, la generación de capacidades y conocimiento para el desarrollo de los sistemas inteligentes, promover proyectos en sistemas inteligentes propiciando las alianzas estratégicas en el sector o con otros sectores de la economía con el propósito de influir proactivamente el desarrollo de política, reglamentación y la estandarización para la implantación de los sistemas inteligentes. Se analizan y se fomenta el desarrollo de tecnologías para el mejoramiento de la calidad del servicio al usuario, la confiabilidad, seguridad e interoperabilidad en el servicio, la eficiencia operacional, la convergencia tecnológica, los servicios descentralizados, flexibles y multi-producto. Actualmente, la alianza está conformada por 22 representantes de los sectores académico, institucional y empresarial, y durante 12 años ha generado espacios de trabajo colaborativos para el análisis y priorización de tecnologías a través de ejercicios de prospectiva sectorial.

Palabras clave: Sistemas inteligentes, trabajo colaborativo, Colombia Inteligente.

El sistema eléctrico de Colombia enfrenta desafíos importantes en su búsqueda de lograr la transformación de un sector eléctrico convencional a un sistema eléctrico inteligente (Ministerio de Minas y Energía, 2021). A finales de 2010, las organizaciones CAC, CIDET, CNO, COCIER y XM, lideraron la creación de una iniciativa para analizar y transformar las redes del sistema eléctrico en Colombia. Esta iniciativa, denominada como Colombia Inteligente, cuenta en la actualidad con la participación de 22 representantes de sectores académicos (RIELEC), institucionales (MINENERGÍA, UPME, CREG, FENOGE e IPSE), cuerpos consultivos (CAC y CNO), centros de desarrollo tecnológico (CIDET y CINTEL) y empresariales (AIR-E, CELSIA, CEO, COCIER, GEB-ENLAZA, EMCALI, ENEL, EPM y XM). Colombia Inteligente se diseñó como una alianza colaborativa con el objetivo de integrar de manera integral y eficiente los sistemas inteligentes en la infraestructura del sector eléctrico colombiano para reducir riesgos y maximizar beneficios en el despliegue de tecnologías.

La estrategia de Colombia inteligente se basa en la creación de Grupos de Trabajo Colaborativo (GTC), en los que profesionales de las empresas y entidades miembros participan activamente en la ejecución de las temáticas de la alianza. Además, se generan espacios para conocer los avances a nivel nacional e internacional por parte de otros actores

del sector. Es importante destacar que las temáticas y áreas de enfoque se identifican y se priorizan a través de ejercicios de prospectiva sectorial, con el propósito de encontrar objetivos comunes en los que el trabajo colaborativo dinamice y acelere la integración de los sistemas inteligentes en la prestación del servicio de la energía eléctrica.

Un sistema eléctrico inteligente se define como aquel en el que los consumidores se empoderan y utilizan tecnologías como la medición avanzada para gestionar de forma consciente y eficiente el consumo de la energía (UPME, 2020). Además, se utilizan sistemas de generación distribuida respetuosos con el medio ambiente para abastecer una parte o la totalidad de la energía que necesitan los consumidores, se cuenta con las capacidades para ofrecer servicios al sistema eléctrico mediante cambios en el comportamiento del consumo o con el uso de diferentes recursos energéticos distribuidos. Por ejemplo, se optimiza el uso de los recursos a través de tecnologías de almacenamiento de energía y plataformas de gestión. Un sistema eléctrico inteligente, se soporta en una red digital basada en tecnologías de automatización de la red con atributos de interoperabilidad y ciberseguridad garantizado la operación flexible y costo-eficiente de todos los recursos del sistema eléctrico. Lo anterior conlleva a diseñar y fomentar un escenario de transformación donde el sistema eléctrico sea descarbonizado, distribuido, digitalizado y democratizado. La infraestructura soporte del sistema eléctrico proporcione servicios de valor agregado, se garantice la portabilidad y movilidad para acceder y ofrecer servicios convergentes multi-producto a través de un cliente informado, consciente, diverso y activo en la toma de decisiones.

Con base en lo anterior, la estrategia de un trabajo colaborativo ha generado un espacio de discusión sectorial para promover acciones concretas para la apropiación de funcionalidades tecnológicas, el desarrollo de proyectos colaborativos y el liderazgo en iniciativas generadas por los miembros para trazar una ruta común para:

1. Empoderamiento del usuario: lograr la activa participación de los usuarios a través de mecanismos que respondan a sus demandas (criterios, estrategias y preferencias para participar en programas de respuesta de la demanda y su interacción con otros recursos energéticos distribuidos), y el aprovechamiento de tecnologías avanzadas (apropiación de los beneficios de la actualización tecnológica).
2. Integración de los recursos tecnológicos: promover la integración de los recursos energéticos distribuidos mediante la identificación de lecciones aprendidas y mejores prácticas para su uso, y la creación de sistemas que satisfagan las necesidades de los usuarios en todo el país.
3. Digitalización de la red eléctrica: la definición de una arquitectura tecnológica, el soporte de las telecomunicaciones y el uso de activos digitales y automatizados en la red eléctrica.

Para ello, entre los años 2011 y 2016, se realizó una etapa de conceptualización y formación en redes inteligentes, y se participó de la construcción de la hoja de ruta “*Smartgrid 2030*” (UPME, 2016). En 2017, se llevó a cabo un ejercicio de prospectiva en el que se identificaron y priorizaron proyectos para la transformación del sector. Además, en colaboración con el Foro Económico Mundial (WEF, *por sus siglas en inglés*), se llevó a cabo el ejercicio colaborativo “Transformación de la Red en Colombia”, liderado por el Ministerio de Minas y Energía, la UPME y Colombia Inteligente. El objetivo fue establecer un escenario

referencial de transformación con características y principios que garanticen su desarrollo (MinMinas, Colombia Inteligente, UPME, 2017).

Cabe mencionar que desde el 2017, Colombia Inteligente estructuró grupos de trabajo colaborativo en las temáticas de demanda activa, medición flexible, almacenamiento, conexión AG/GD y vehículos eléctricos. A su vez, en el 2018, se realizaron estudios sobre el uso del espectro radioeléctrico en redes telecomunicaciones y servicios de misión-crítica del sector eléctrico, el impacto de IoT en el sector eléctrico, los retos tecnológicos para la conexión de vehículos eléctricos y se actualizó el referenciamiento de medición flexible. Se llevaron a cabo reportes de búsqueda sobre elementos de medida y monitoreo en ZNI, protocolos de comunicación en AMI y monitoreo de proveedores de dispositivos DFACTS. Además, se evaluó el escenario base de transformación de la participación de la demanda de energía eléctrica en el sistema eléctrico colombiano y la identificación de las lecciones aprendidas en torno al uso de tecnologías, tales como la virtualización de la información de la medida en el marco de la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI).

En el año 2019, se realizaron estudios orientados a las temáticas de microrredes, subestaciones digitales, arquitectura tecnológica, programas de Respuesta de la Demanda -RD- y metodologías para el monitoreo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero -GEI-. De igual manera, se realizaron documentos con el análisis y recomendaciones a nivel de lineamientos estratégicos (Integración AMI, uso de los recursos energéticos distribuidos, el diseño de microrredes sostenibles en ZNI, las características de una subestación digital, el diseño de la guía de arquitectura tecnológica del Sistema Interconectado Nacional, y el diseño de programas RD para la gestión de la demanda y mitigación de GEI).

En el 2020, se realizaron estudios orientados a las temáticas de estrategias para fomentar los programas de respuesta de la demanda, los inversores inteligentes, tecnologías flexibles en el sistema eléctrico y los sistemas de gestión DERMS. Además, se realizaron documentos con el análisis y recomendaciones a nivel de lineamientos estratégicos para la arquitectura tecnológica de las funcionalidades de medición avanzada en Colombia y la guía de arquitectura tecnológica para la integración de tecnologías al sistema eléctrico.

En 2021, se realizaron referenciamientos y reportes de vigilancia tecnológica, enfocados en temas como estándares y protocolos en ecosistemas de redes de telecomunicaciones, planificación de la red para la integración de los DER, resiliencia y automatización avanzada de la red eléctrica, intercambio de datos DER y métricas para la modernización de la red. También se realizaron documentos con análisis y recomendaciones en gestión de la medida avanzada, planeación de la red, resiliencia, automatización avanzada e intercambio de datos DER. Además, se desarrollaron documentos colaborativos para la actualización del estudio de bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico, casos de uso en gestión de datos AMI, madurez en prácticas de ciberseguridad y la priorización de acciones en la Hoja de Ruta DER. Por último, se ejecutaron proyectos colaborativos centrados en el diseño de incentivos para programas de respuesta de la demanda y el diseño de comunidades energéticas, así como en la construcción de casos de uso para la gestión de datos AMI y recomendaciones para su implementación.

Durante el año 2022, se llevaron a cabo diversas actividades y proyectos enfocados en el avance de la digitalización del servicio eléctrico y la integración de recursos sostenibles. Se realizaron documentos de referenciamiento sobre la modernización de la red, las tecnologías 4.0, estrategias de digitalización del servicio de la energía eléctrica y la actualización del estudio de potencial de mitigación de gases de efecto invernadero mediante programas de respuesta de la demanda. Además, se elaboraron reportes de vigilancia tecnológica sobre agregación de la demanda y pilotos de programas de respuesta de la demanda. En cuanto a los proyectos, se trabajó colaborativamente en la arquitectura para la gestión de datos AMI y el diseño de los servicios del operador del sistema de distribución (Colombia Inteligente, 2022).

En actualidad, trabajamos en 5 temáticas específicas orientadas al empoderamiento del usuario (Comunidades energéticas y programas de respuesta de la demanda), los perfiles de interoperabilidad de los datos AMI, los servicios de flexibilidad a nivel local, la valoración y madurez en digitalización, espectro radioeléctrico y madurez en prácticas de ciberseguridad. El trabajo colaborativo, basado en un acuerdo de buena voluntad entre entidades y empresas, ha generado capacidades y conocimientos, promoviendo proyectos y alianzas, e influido proactivamente en el desarrollo del sector, evidenciado en la creación de más de 5 grupos de trabajo colaborativo que han producido más de 15 documentos de referenciamiento, 10 documentos con recomendaciones y lineamientos estratégicos, 10 proyectos sectoriales, 10 talleres de co-creación y 5 documentos con acciones para la transformación del sector (Colombia Inteligente, 2022).

Nuestro propósito es difundir el conocimiento generado y las acciones para avanzar hacia un sistema eléctrico inteligente, impulsando el desarrollo de ciudades inteligentes mediante espacios de innovación y avanzando hacia la digitalización de sus procesos, la activa interacción entre los ciudadanos y el territorio para gestionar de manera inteligente las infraestructuras y servicios, así como la convergencia multi-sectorial de TIC y transporte, con el fin de alcanzar una sociedad 4.0.

Colombia Inteligente es el fruto del trabajo colaborativo soportado en los aportes de cada una de las personas que representan los miembros de la alianza, destacando su compromiso con el país para lograr un sistema eléctrico sostenible y resiliente en beneficio de todos los colombianos.

REFERENCIAS

Colombia Inteligente. (2022). *Informe de Gestión 2022*. Obtenido de <https://colombiainteligente.org/producto/informe-de-gestion-2022-alianza-para-la-transformacion-del-sector-electrico-colombiano/>

Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Misión de Transformación Energética*.

MinMinas, Colombia Inteligente, UPME. (2017). *Acciones de Transformación del Sector Eléctrico Colombiano*. Obtenido de <https://colombiainteligente.org/producto/acciones-transf-sec/>

UPME. (2016). *Estudio: Smart Grids Colombia Visión 2030 - Mapa de ruta para la implementación de redes inteligentes en Colombia*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Smart-Grids-Colombia-Visi%C3%B3n-2030.aspx>

UPME. (2020). *Plan energético nacional 2020- 2050*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/PEN.aspx>

Comunicados SAI

Consideraciones de la SAI sobre las fallas recientes en la canalización del Río Medellín.



Consideraciones de la SAI sobre la construcción de proyectos habitacionales con graves problemas de calidad



Consideraciones de la SAI sobre la apertura del Gobierno Nacional al programa “Camino Comunitarios de la Paz Total”



Consideraciones de la SAI sobre el manejo de residuos sólidos en el Valle de Aburrá y la operación del Relleno Sanitario la Pradera



EL PROYECTO BRASILEÑO FICO - FIOLE CAMBIA LAS REGLAS DEL JUEGO DE LA INDUSTRIA DE CARGA

Hamón Caicedo, Jeniffer

Licenciada en Ingeniería Civil, Master Ing. gestión civil proyectos y BIM, BIM Consultant Latam
jeniffer.hamon-caicedo@db-eco.com

Resumen: La metodología BIM combinada con las simulaciones operativas cambian las reglas de la industria del transporte de carga. Con la metodología BIM se logró en el corredor FICO-FIOLE en Brasil una óptima integración de datos y la migración de los estudios técnicos previos a una plataforma de control digital, así mismo, se desarrolló un modelo operativo óptimo que satisfará las demandas previstas del corredor gracias a las simulaciones operativas realizadas.

Palabras clave: BIM, Ferrocarril, Transporte,

El proyecto brasileño Ferrocarril de Integración Oeste-Este-Medio Oeste (abreviado FICO-FIOLE por su nombre portugués *Ferrovía de Integração Centro-Oeste (FICO)-Ferrovía de Integração Oeste Leste (FIOLE)*) es una conexión ferroviaria de 2.151 km destinada a unir la red ferroviaria Norte-Sur con las regiones Este-Oeste y Centro-Oeste del país. El Ministerio Brasileño de Infraestructuras ha anunciado un acuerdo con el Banco Mundial para otorgar al sector privado la concesión de la línea ferroviaria de mercancías Fiole-Fico (Lijun, 2021).



Figura 1. Movilización de carga contenerizada en Brasil. Fuente: Negro Elkha - stock.adobe.com

Una vez finalizado el proyecto, será posible transportar mercancías desde el centro de Brasil hasta los puertos situados en el Norte y en la costa Este. Este enlace con el Océano Atlántico proporcionará mejores soluciones logísticas, menores costes y representa un cambio de juego

para la industria de carga en Brasil, la 12ª mayor economía del mundo y la mayor de América Latina.



Figura 2. Tramos del corredor ferroviario FICO-FIOL con sus conexiones con los puertos atlánticos y la línea ferroviaria norte-sur, abreviada FNS. Fuente: Robert Seemann

Debido a la magnitud del proyecto, se dividió en segmentos. Estos segmentos se encuentran actualmente en distintas fases: mientras que en algunos sólo se han realizado estudios básicos de ingeniería, otros ya están en construcción. Para integrar con éxito la red ferroviaria, es necesario evaluar técnicamente y homogeneizar estos diversos estudios de ingeniería, teniendo en cuenta el avance actual de la construcción en algunos tramos del proyecto.

East-West integration corridor

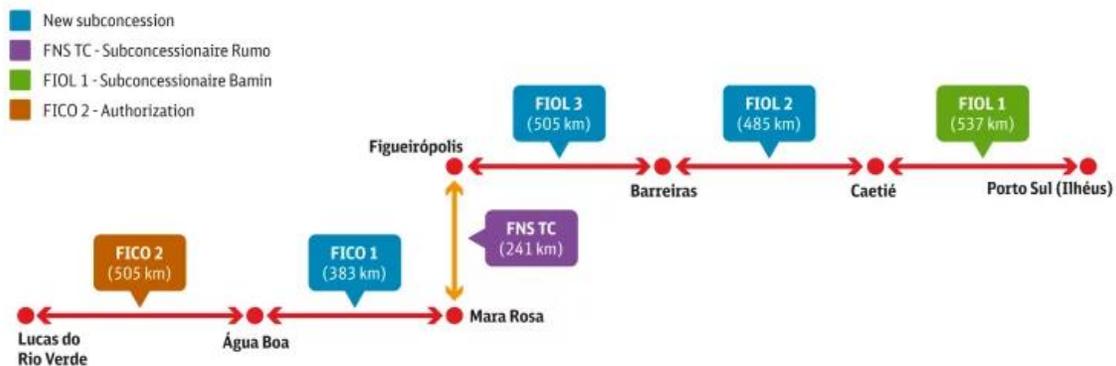


Figura 3. Debido a las diferentes fases a lo largo de los tramos del corredor, es necesario integrar la red ferroviaria. Fuente: Robert Seemann

BUILDING INFORMATION MODELING PARA UNA INTEGRACIÓN SATISFACTORIA

Para satisfacer esta necesidad, Sysfer, una empresa de ingeniería clave en Brasil con más de 25 años de experiencia en los campos de la consultoría y la ingeniería ferroviaria, la tecnología de la información, la gestión de activos ferroviarios y el medio ambiente, desarrollará un análisis de ingeniería holístico de dichos estudios. En julio de 2022 en Río de Janeiro (Brasil), DB Engineering & Consulting firmó como subconsultores para aportar su experiencia ferroviaria en operaciones y digitalización.

Dentro del proyecto FICO - FIOL, DB Engineering & Consulting fue contratada para prestar apoyo a Sysfer desarrollando la implementación de la metodología BIM en un nivel de asesoramiento, planificación y ejecución de proyectos de infraestructura (DB Engineering & Consulting, 2023) para la integración de datos y una estrategia para migrar los estudios técnicos previos a una plataforma BIM. DB Engineering & Consulting también se encargó de realizar simulaciones operativas para desarrollar un modelo operativo óptimo que satisfaga las demandas previstas en el corredor FICO-FIOL.

Desde el 2020, el equipo directivo de DB Engineering & Consulting para América Latina definió BIM como una cartera estratégica en línea con los programas gubernamentales para la transformación digital en toda la región. Ese año se estableció un equipo profesional para satisfacer la demanda en el mercado latinoamericano y prestar servicios al grupo global DB E.C.O (matriz de DB Engineering & Consulting) en otras regiones. El creciente interés y las solicitudes directas de propuestas, incluso para servicios BIM y planificación de operaciones, están confirmando que esta visión y estrategia iniciales eran correctas.

REFERENCIAS

DB Engineering & Consulting. (2023). Retrieved from *BIM – Building Information Modeling*: <https://db-engineering-consulting.com/en/insights/bim-building-information-modeling/>

Lijun, H. (2021, abril 7). *Brazil and WB sign agreement to build Fiol-Fico freight railway*. Retrieved from <https://www.seetao.com/details/74593.html>



CALENTAMIENTO GLOBAL: HACIA UN ENTENDIMIENTO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS. ASPECTOS CONTROVERSIALES Y ANÁLISIS ALTERNATIVOS

Posada Restrepo, Enrique

Ingeniero mecánico UPB; BS y master en ingeniería mecánica, University of Maine, Orono, Maine, EUA,
eposadar@yahoo.com

Resumen: Se hace una revisión de las distintas variables relacionadas con el cambio climático y el calentamiento global. Se examina lo que se considera que es el consenso relacionado con la gravedad de los problemas del cambio climático y la urgencia de tomar acciones. A partir de este punto se plantean diversas ideas que permiten plantear controversias con respecto a dicho consenso y a las acciones necesarias, examinando las narrativas dominantes y sus consecuencias. Se sugiere que es importante que las personas e instituciones entiendan de verdad el tema, ojalá haciendo aportes propios, innovadores y creativos, desde la ciencia, la ingeniería, la tecnología y el humanismo. En este sentido se señala que es importante contar con la posibilidad de proponer críticas y controversias, con apertura y evitando las etiquetas que destruyen las conversaciones. Luego se propone una aproximación a la revisión de las variables relacionadas con el cambio climático incluyendo una serie de propuestas para resolver las situaciones.

Palabras clave: Cambio climático, Calentamiento global, Variables, Análisis de datos, Discusiones, Modelos, Alternativas, Soluciones, Discusiones

1. EL CONSENSO SOBRE EL PROBLEMA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Según la mayor parte de las instituciones internacionales y nacionales, las universidades, los medios de comunicación y las entidades asociadas con la ciencia hay un claro consenso relacionado con la gravedad de los problemas del cambio climático y la urgencia de tomar acciones.

Según este consenso, hay evidencia de que se están registrando aumentos de temperatura significativos en la tierra debidos a la acción humana, dando por aceptada la llamada Teoría del calentamiento global antropogénico (AGW), siendo los gases de efecto invernadero (GEI) generados por el hombre (mayormente el CO₂) las causas de esta situación.

Los cambios climáticos son cada vez más preocupantes y severos, se manifiestan en un comportamiento crecientemente desordenado y catastrófico en todos los órdenes del clima y ello tiene que ver con complejos lazos retroalimentativos originados en los GEI que afectan todo el sistema. Ello lleva a proponer y a llevar a cabo acciones para controlar, mitigar y prevenir el cambio climático, que se vuelven prioritarias para salvar el planeta y evitar desastres y tragedias enormes.

Es vital a niveles nacionales e internacionales el emprender acciones de descarbonización (eliminación del uso de los combustibles fósiles), utilizar preferiblemente fuentes de energía renovables.

El denominado consenso sobre el cambio climático tiene mucho que ver con las publicaciones y declaraciones del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, es decir Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Este es el órgano de las Naciones Unidas que evalúa la ciencia relacionada con el cambio climático. En 2021 y 2022, el IPCC publicó tres informes de su sexto ciclo de evaluación (IE6) que abarcan la información científica más reciente sobre el estado físico del clima mundial, las repercusiones del cambio climático y la mitigación del mismo. En resumen, se ha llegado a los siguientes puntos, que se transcriben literalmente tomados de la información oficial [1]:

El cambio climático está ocurriendo por todas partes. La temperatura de la superficie del planeta ya ha aumentado 1,09 °C desde la era preindustrial, más rápido que en cualquier otro momento de los últimos 2000 años, como mínimo. Las huellas de este rápido cambio quedan patentes en la atmósfera, los océanos, la criosfera y la biosfera, y van desde el retroceso de los glaciares hasta la subida del nivel del mar.

La influencia de los seres humanos ha calentado indudablemente la atmósfera, los océanos y la tierra. La quema de combustibles fósiles, las modificaciones en el uso del suelo y la silvicultura, así como los procesos industriales han provocado un aumento drástico de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El dióxido de carbono (CO₂) ha aumentado un 47,3 % y ha alcanzado medias anuales de 410 partes por millón. El metano (CH₄) se sitúa en 1866 partes por mil millones, un incremento del 157,8 %.

De estas actividades, la dependencia de los combustibles fósiles es la causa fundamental del cambio climático: en 2019, el carbón, el petróleo y el gas contribuyeron al 80 % de la totalidad de las emisiones de CO₂ relacionadas con la actividad humana.

El cambio climático es una amenaza innegable, que ya está ocasionando daños irreparables a nuestro bienestar y a la salud del planeta. Los fenómenos meteorológicos extremos (tales como las olas de calor y las inundaciones) se han vuelto más frecuentes e intensos, acarreando pérdidas cada vez más irreversibles. Gracias a la ciencia de la atribución climática, sabemos que guardan relación con el cambio climático provocado por las actividades humanas. Estos impactos del cambio climático se producirán cada vez más al mismo tiempo, interactuando entre sí y con otros riesgos, lo que provocará consecuencias cada vez más peligrosas.

Un mayor calentamiento acrecentará las pérdidas y los daños derivados del cambio climático y sobrepasará a menudo nuestra capacidad de adaptación... y la de la Tierra. Si el aumento de la temperatura supera 1,5 °C, se perderán para siempre ecosistemas enteros en zonas polares, costeras y montañosas. Incluso con 1,5 °C de calentamiento, entre el 3 % y el 14 % de todas las especies terrestres se enfrentarán a un altísimo riesgo de extinción, y un calentamiento superior agravará aún más estas amenazas para la biodiversidad. Incluso un leve calentamiento adicional pondrá en riesgo la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, debido a olas de calor, sequías e inundaciones más graves y frecuentes, junto con la subida del nivel del mar. Las condiciones meteorológicas y olas de calor más

extremas, así como el aumento de las enfermedades infecciosas debido al calentamiento, conllevarán un empeoramiento de la salud y muertes prematuras.

Si queremos ceñirnos al límite de 1,5 °C para finales de este siglo, tenemos que reducir las emisiones en todos los sectores —y hacerlo sin demora. Según nuestros cálculos más precisos, basados en datos históricos y modelos climáticos, el límite de 1,5 °C se alcanzará en 2030-2035, pero ahí no acaba la historia. Si queremos tener al menos un 50 % de posibilidades de mantenernos dentro de ese límite, solo podemos permitirnos emitir unos 460 000 millones de toneladas más de CO₂, el equivalente a 11,5 años de emisiones anuales en 2020.

Eso significa que no podemos evitar algunos efectos del cambio climático, pero aun así debemos esforzarnos todo lo posible para reducirlos al mínimo. Podemos conseguirlo con una disminución rápida y profunda de las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo de CO₂ y metano. El CO₂ es el que más contribuye al calentamiento global y el que más tiempo permanece en la atmósfera: hasta 200 años. El daño causado por las emisiones de CO₂ es algo que experimentamos actualmente y que seguiremos sufriendo durante las próximas décadas. Por eso, al principio, los científicos se centraron en reducir las emisiones de CO₂, pero en los informes IE6 del GTI y III del IPCC, se descubrió que es preciso ocuparse urgentemente de otro gas de efecto invernadero: EL METANO. El metano dura poco tiempo en la atmósfera: unos 12 años. Sin embargo, se trata de un gas de efecto invernadero muy potente, ya que es unas 80 veces más potente que el CO₂ en un horizonte temporal de 20 años. Ahora hay tanto metano que se está acelerando aún más el calentamiento global.

Disminuir las emisiones de carbono y metano es fundamental para cumplir los objetivos de temperatura del Acuerdo de París. Existen algunas tecnologías, todavía en fases muy tempranas de desarrollo, que pueden ayudarnos a llegar a cero emisiones netas en 2050, como la captura y almacenamiento de carbono (CAC) y la eliminación de dióxido de carbono (EDC). En teoría, la CAC debería añadirse a las últimas infraestructuras de combustibles fósiles de las que no podemos prescindir fácilmente, mientras que la EDC puede ayudar a equilibrar los niveles atmosféricos de gases de efecto invernadero, al retirar el carbono de la atmósfera, con lo que se suprime el causante principal del calentamiento. Estas tecnologías requieren mucho dinero e investigación y, aunque la captura o eliminación de carbono pueden funcionar, no nos librarán de una situación indeseable. Tenemos que rebajar las emisiones ya.

Los gobiernos, aun así, están considerando estas tecnologías como una licencia para seguir acrecentando el uso de combustibles fósiles, a pesar de que en el informe IE6 del GTIII del IPCC se deja claro que no hay lugar para nuevos combustibles fósiles en un mundo en consonancia con el Acuerdo de París. Entonces, ¿en qué situación nos encontramos?

La oportunidad de un futuro habitable para todos se está cerrando rápidamente. No podemos permitirnos más retrasos en la transición hacia energías limpias y renovables ni en la reducción de emisiones. No todos los países y personas han contribuido por igual al estado actual del clima, e incluso ahora hasta el 45 % de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global proceden del 10 % de los hogares más ricos del mundo.

Según nuestros cálculos más precisos, basados en datos históricos y modelos climáticos, el límite de 1,5 °C se alcanzará en 2030-2035, pero ahí no acaba la historia. Para mantener el calentamiento en 1,5 °C hasta finales de siglo, tenemos que empezar a limitar las emisiones globales antes de 2025 y llegar a cero a mediados de siglo.

Es una tarea ingente, y por eso, cada acción importa, cada mínimo calentamiento importa, cada año importa, cada elección importa.

Es claro que, en estas advertencias y conclusiones del IPCC, que se han presentado tal como están escritas por la entidad, hay posiciones basadas en datos experimentales y en consideraciones predictivas, obtenidas a partir de modelaciones, pero se han mezclado con slogans y declaraciones de naturaleza política, detrás de las cuales se advierte una posición y una visión ideológica.

Como consecuencia de todas estas discusiones y planteamientos, se han propuesto diversas acciones para disminuir y frenar el impacto del CO₂ y los GEI, muchas de ellas bastante sensibles y razonables relacionadas con la optimización de los procesos que lo generan para rebajar las emisiones.

Pero se llega a extremos, como considerar la necesidad de eliminar al máximo posible la presencia de estos gases en la atmósfera, aún bajo el supuesto de que se lograra dejar de generarlos por acciones humanas. Ello lleva a proponer sofisticadas y costosas medidas de captura y secuestro del CO₂ que se genera y del que existe en la atmósfera.

Además, se está generando la tendencia a proponer el decrecimiento en todos los órdenes de la actividad humana, la prohibición de los plásticos, de la ganadería, del uso de fertilizantes, entre otras cosas.

Se nota cada vez más la presencia del activismo, político, social o ambientalista, para impulsar e inclusive imponer las acciones, incluyendo las más extremistas.

2. CONSIDERACIONES PARA PLANTEAR CONTROVERSIAS ALREDEDOR DEL CONSENSO

No es inexistente el debate sobre el tema del calentamiento global provocado por el hombre. Se trata de un tema candente, en cuya discusión y presentación se utiliza con frecuencia un lenguaje extremista, clara señal de que tal asunto se ha escapado del natural, conveniente y necesario debate científico que resulta del análisis de un tema complejo [2,3].

Ello se nota en los títulos de los libros que presentan el tema y las controversias, como se aprecia en las figuras 1 y 2:

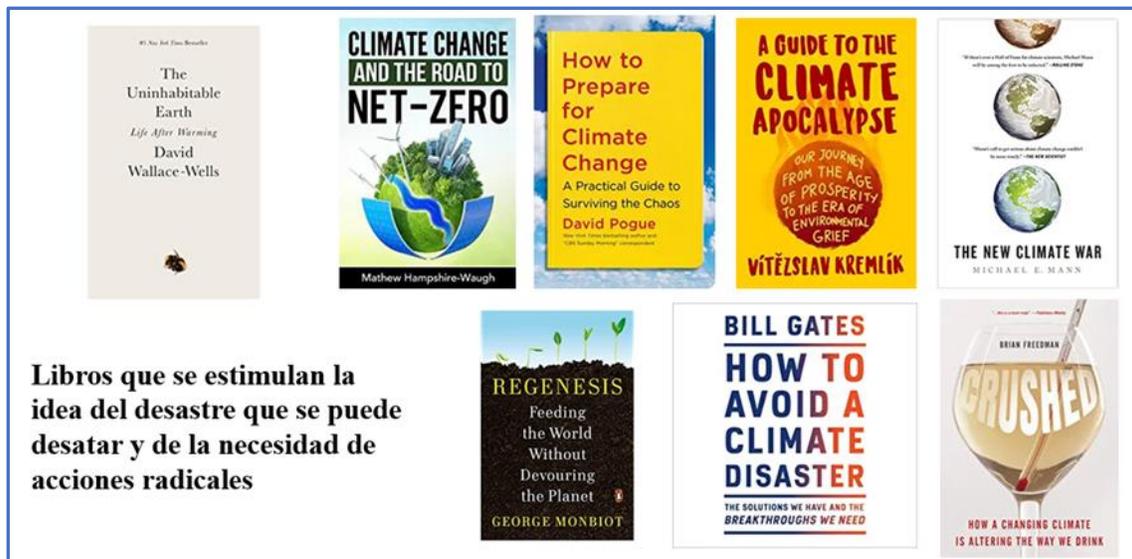


Figura 1. Algunas portadas de libros publicados en los que se estimula la idea del desastre que se puede desatar y de la necesidad de acciones radicales

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Algunas portadas de libros publicados en los que se discute la necesidad de debatir las ideas y de proponer enfoques racionales y menos apocalípticos

Fuente: Elaboración propia

El asunto del cambio climático y del calentamiento global, como es natural, ha llevado a la construcción de narrativas, que, bajo el influjo de los medios de comunicación, de la presencia de diversas personas que han conquistado fama y se han constituido en

influenciadores notables de la opinión pública, tienen claras consecuencias sociales, políticas y económicas, más allá de los asuntos ambientales, climáticos y científicos.

Al observar las noticias, alentadas por los organismos internacionales y el IPCC, se aprecia claramente que se ha creado un lenguaje del miedo, enfocado en la inminente catástrofe, con términos como desastre, caos, daños, estragos, todo con tonalidades de urgencia.

Narrativas y consecuencias

Los gobernantes y los políticos han caído en cuenta que en estas exageraciones y visiones catastróficas hay una mina de oro para explotar, manipulando las poblaciones y asumiendo la bandera del combate al cambio climático como el más exitoso de los programas, convencidos que bajo el influjo del miedo y de la culpabilidad, los habitantes van a renunciar a cualquier libertad o derecho, ya que salvar el planeta es el más importante de los servicios.

Cada vez más estarán dispuestos los ciudadanos a seguir normas y narrativas dominantes. Especialmente cuando se las considera como provenientes de la ONU y de los organismos internacionales y cuando se asevere que están basados en la mejor de las ciencias y en el consenso de los científicos.



CAMBIO CLIMÁTICO



Los gobiernos deben hacer las paces con la naturaleza

22 Abril 2023 | Cambio climático y medioambiente

Esta 22 de abril se celebra el Día Internacional de la Madre Tierra, una jornada para reflexionar sobre nuestra relación con la naturaleza. En esta ocasión, el jefe de la ONU hace un llamamiento a todos los ciudadanos del mundo a exigir a sus gobiernos que tomen las medidas necesarias para proteger el planeta y su biodiversidad.



Fenómenos meteorológicos extremos y pérdidas económicas: el cambio climático sigue avanzando

20 Abril 2023 | Cambio climático y medioambiente

Esta viernes ha sido publicado el informe sobre el estado del clima en 2022, un documento que registra los últimos ocho años como los más cálidos de los que se tiene constancia, y niveles récord del nivel del mar, calor de los océanos y deshielo. El Secretario General recuerda que existen soluciones viables, pero es necesario acelerar el proceso de reducción de gases de efecto invernadero.

El caso de Colombia

El nuevo gobierno ha entendido claramente las ventajas de declararse como campeón de la vida (no obstante que proclame con entusiasmo el aborto), defensor del planeta y líder internacional de la lucha contra el cambio climático.

Es así como se ha comprometido con acciones para terminar con los combustibles fósiles a la mayor brevedad, abandonar las extracciones de minerales; asumir una política de decrecimiento; forzar la transición energética hacia la energía solar y la eólica, impulsar el uso del hidrógeno y restringir la hidroelectricidad.



En Davos, Suiza, en 2023 el presidente de Colombia, Gustavo Petro aprovechó la visibilidad internacional declarando:

La crisis climática puede extinguir toda la vida en el planeta, incluida la humana. No es en milenios e incluso para la mayoría de las grandes especies vivas no es en siglos: es en décadas. Nuestros nietos vivirán mucho peor que nosotros. La idea del progreso se derrumba si no detenemos la crisis.

La realidad de los últimos días que estamos viviendo demuestra que el capitalismo que se desarrolló en los últimos 30 años no es capaz de detener la crisis climática.

Si el capitalismo de los últimos 30 años no es capaz de solucionar el problema que el conjunto del capitalismo produjo en la historia: la articulación entre la ganancia ampliada con el cambio químico y ampliado de la atmósfera, entonces este capitalismo acabará con la humanidad o la humanidad lo enterrará para poder seguir viviendo.

Figura 3. Dos ejemplos que muestran cómo se construye la narrativa y cómo se impulsan los temores asociados con el cambio climático, con el fin de conquistar la opinión pública

Fuente: Elaboración propia

De cierta forma se está ante una especie de religión rodeada de amenazas de extinción, culpabilidad, juicio y daños irreversibles. Todo ello se acompaña de un lenguaje en el cual se demerita la acción de la humanidad, que llega a ser considerada como depredadora, inconsciente, ignorante, voraz, irresponsable y violenta con el planeta tierra.

Posada Restrepo, Enrique - CALENTAMIENTO GLOBAL: HACIA UN ENTENDIMIENTO DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS. ASPECTOS CONTROVERSIALES Y ANÁLISIS ALTERNATIVOS (Pág. 15 – 53)

Todo esto va permeando la conciencia colectiva, hasta llegar al punto en que muchos jóvenes se sienten traicionados por sus padres, sus antepasados y por la sociedad, con una creciente tendencia a no desear hijos que tengan que sufrir la inminente catástrofe o contribuir al desastre ambiental creado por el hombre.

Colombia es un caso preocupante y práctico de manipulación. Desde hace varios años el país se ha comprometido con metas extremadamente ambiciosas de descarbonización y de transición hacia energía solar y eólica. Con el nuevo gobierno, estos asuntos se han convertido en la prioridad más importante. Han sido frecuentes las declaraciones del presidente y algunos de sus ministros que han mencionado que se debe terminar con los combustibles fósiles a la mayor brevedad, abandonar las extracciones de minerales; asumir una política de decrecimiento; forzar la transición energética hacia la energía solar y la eólica, impulsar el uso del hidrógeno y restringir la hidroelectricidad.

Como es evidente que estas cosas no se pueden hacer de inmediato, dado que la canasta energética del país es sostenible económicamente, está bien balanceada, respaldada por empresas ordenadas y responsablemente manejadas; dado que la producción de carbón y petróleo (y la minería) generan ingresos y regalías para las obras y el sostenimiento de los gobiernos en la nación y las regiones y dado que no se cuenta con los proyectos, ni la tecnología ni los capitales para una transición forzada, el gobierno maneja un lenguaje doble y contradictorio, claro indicativo de falta de conocimiento sobre estos asuntos, tanto del cambio climático, como de los temas de minería y de energía. Si fuera contundente el mensaje del cambio climático y del impacto del país en estos asuntos, basado en hechos reales, con seguridad se podría explicar y convencer a la población colombiana, que haría lo que fuera para salvar el planeta. Pero en el fondo la mayoría de las personas alcanzan a intuir que hay mucho slogan y mucha narrativa y quizás no tanta sustancia. De todas formas, como el gobierno está alineado en esto con organismos internacionales, se siente fuerte para forzar al máximo los cambios, ya sea que tenga conciencia o no de los enormes riesgos a que está sometiendo al país. Probablemente los organismos internacionales, que responden también a complejos intereses, tampoco tengan mayor preocupación en este sentido.

La mayor parte de las personas no tienen preparación ni deseo ni actitud para examinar con detalle las teorías y los modelos que predicen el inminente caos.

Como tales, muy pocos detectan en el ambiente las señales que hagan evidentes los desastrosos cambios climáticos, pero están prestos a aceptar sin mayores cuestionamientos estas narrativas de desastre en los medios, en las redes sociales y en los influenciadores de opinión, según la cual toda inundación, deslizamiento, tormenta y fenómeno climático, sea de sequía o de lluvias abundantes, sucede como consecuencia del calentamiento global, siendo cada vez más catastróficos los eventos.

En mi caso particular, he seguido el tema con atención, dedicando tiempos y esfuerzos para navegar por estos conceptos, sobre los cuales ya he publicado cuatro artículos y dado varias conferencias en eventos locales e internacionales [4, 5, 6, 7,8], En ellos ha prestado especial atención al análisis regional de los temas del clima, el ambiente y las emisiones de CO₂, planteando algunas alternativas.

Considero que es valioso poner de presente diversas debilidades e inconsistencias de las posiciones internacionales y científicas que llevan a Colombia en esta dirección, con el fin de generar mayor tranquilidad e inteligencia en las acciones de mitigación del cambio climático, tratando de evitar que todo esto se vuelva una religión moderna, cuyo teólogos sean la ciencia unificada y excluyente, cuyos pontífices sean los gobiernos, las ONGS ambientalistas extremas y los organismos internacionales y cuyo amenazado dios sea el planeta.

Por ello he hecho una revisión de literatura y de información, para resaltar las controversias alrededor del cambio climático causado por el hombre y la información real sobre algunos asuntos del clima, tratando de evitar las manipulaciones y los lugares comunes. Igualmente he escogido una serie de acciones que se pueden tomar, basadas en la tecnología, en la capacidad humana, para mitigar los posibles cambios, sin caer en las trampas extremistas ni en las amables y engañosas narrativas que adormecen las conciencias y el sentido de la creatividad y la libertad.

3. CONTROVERSIAS ALREDEDOR DEL CONSENSO

Como se trata de temas significativos, es importante examinar las voces discordantes que cuestionan las narrativas prevalentes. Se podrá así contribuir a un enfoque más acertado y proporcionado a la realidad.

Son varios los puntos claves que se consideran por parte de las que consideran que no está claro el denominado consenso sobre el cambio climático tal como lo lidera el IPCC [3]

- La Tierra se encuentra actualmente experimentando situaciones de cambio de clima que son de origen natural.
- Casi todos los temores climáticos se basan en simulaciones estructuradas por modelos predictivos que no están adecuadamente probados.
- Hay muchos estudios, revisados por pares, que presentan formas alterativas de examinar el aumento de CO₂, más allá de los temores.
- El consenso ha sido estructurado alrededor de fines políticos más que científicos.

Expresan los críticos que la Tierra se encuentra actualmente experimentando condiciones de cambio de clima que tiene que ver, en su mayor parte de situaciones de variabilidad de origen natural.

Señalan que casi todos los miedos y temores climáticos se basan en simulaciones estructuradas por modelos predictivos que no están adecuadamente probados. Un asunto importante es tener en cuenta que el cambio climático reviste amplia complejidad, ya que está gobernado por gran cantidad de factores y variables y no únicamente por el CO₂. El aumento de la temperatura resulta de las interacciones entre muchos factores. La variabilidad natural en el clima es un gran problema que desafía las modelaciones. No hay elementos

definitivos como para considerar que podemos saber estadísticamente cómo será el clima dentro de períodos extensos de tiempo.

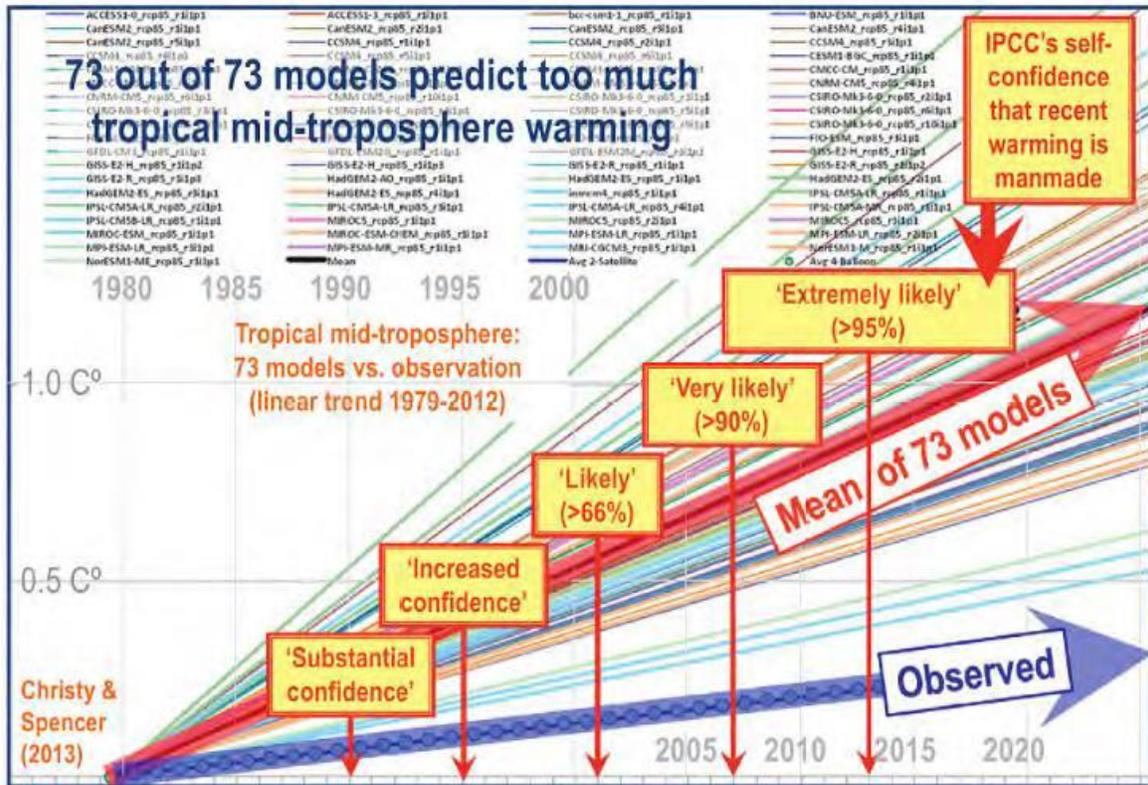


Figura 4. Hay muchas variaciones en los modelos predictivos, y no necesariamente hay sabiduría en adoptar la media de los mismos como el modelo a escoger. Las observaciones muestran valores bastante menores a los resultados de las predicciones y ello debe dar bases para cuestionar las predicciones

Fuente: Tomada de una ilustración en PSE as the Modern Euryphaessa in Guiding Humans Past Prometheus' Paradigm and the Climate Change Tautology - Vasiliou I. Manousiouthakis, Professor, Chemical and Biomolecular Engineering Department UCLA, 2017 [9]

Señalan también que el consenso del IPCC ha sido estructurado alrededor de fines políticos más que científicos. No es definitiva la idea de que se tenga un consenso científico sobre la magnitud del problema del calentamiento global y su impacto. Hay debate y discusión. A pesar de la constante repetición en los medios o en los organismos internacionales, no es real que se cuente con un consenso de las opiniones científicas al respecto. Diversos análisis científicos han arrojado importantes dudas sobre la validez de las teorías básicas utilizadas.

Con respecto a las exageraciones y los miedos que se siembran en las personas, diversos críticos sostienen que hay que mantener la calma, dado que la Tierra posee importantes mecanismos de estabilización y de balance. El clima está más allá de nuestros poderes de control. El cambio climático es una cuestión de tiempo geológico. Es algo que la tierra hace rutinariamente por sí misma, más allá de los controles que los gobiernos o los grupos humanos pueden pretender imponer.

Provocativamente se advierte que en realidad poco pueden hacer realmente los gobiernos ni las normas para evitar los comportamientos del clima. Se aprovechan los miedos para imponer cambios y para restringir libertades y personas. Se han derrochado grandes cantidades de dinero para imponer una Teoría del Calentamiento Global Antropogénico (AGW) que no está suficientemente respaldada por las evidencias del mundo físico; ello se ha reforzado ante la opinión mediante un aluvión de historias de miedo y adoctrinamiento, que se vienen desarrollando desde la escuela primaria.

Se habla inclusive de manipulaciones de la información para influenciar en las conclusiones y modelos. Se sabe del denominado Watergate climático (Climategate), que puso en evidencia en la ocultación y manipulación de registros en la medición de temperaturas con el fin de amoldar las mediciones a la hipótesis del calentamiento global de origen antropogénico. Como ya se señaló, la magnitud de los cambios observados en las observaciones meteorológicas actuales, no corresponde realmente a las expectativas de cambio que señalan los modelos.

Se pone de relieve que la energía que genera la humanidad es tan pequeña en comparación con el presupuesto total de energía que simplemente no puede afectar globalmente el clima. El clima del planeta tiene sus mecanismos de cambio y se tienen dificultades hasta para identificar tendencias significativas en los cambios. Hay que tener conciencia de que los fenómenos se remontan a millones de años atrás, y nuestro estudio apenas comenzó recientemente. Simplemente se carece de datos para sacar las conclusiones adecuadas.

Se presentan críticas sobre la forma en que se hace la ciencia en comunidad, escogiendo por mayoría las conclusiones, llevando a confiar en un modelo que puede ser inadecuado, que busca culpar al CO₂ y a los ciudadanos, que en realidad han actuado desprevenidamente, como causa cierta del calentamiento global. Esto se hacen en buena parte, porque favorece el generar financiamiento y para llamar la atención. Consideran los críticos, que no debiera hacer estas cosas la ciencia.

Escandaliza a muchos la naturaleza disfuncional de las ciencias del clima. La ciencia es muy importante para la sociedad. No se la puede utilizar en la forma en que se ha hecho dentro de la comunidad científica climática. Se ha conformado una especie de establecimiento del calentamiento global que ha suprimido activamente los resultados presentados por investigadores que no se ajustan al llamado dogma del IPCC.

Hay muchos estudios, revisados por pares, que presentan formas alterativas de examinar el aumento de CO₂, más allá de los temores. Piensan algunos que los que en verdad quieren un planeta verde, deberían abogar por las posibilidades que ofrece el CO₂, permitiendo que se consiga una atmósfera fertilizada, no una pobre en CO₂. La diversidad era mayor cuando el clima era cálido y tenía un alto contenido atmosférico de CO₂. De hecho, muchos de los personajes icónicos de la lucha por frenar el cambio climático y lograr que el planeta sea verde, son grandes consumidores de energía, poseen múltiples casas y viajan en jets ejecutivos.

4. UNA APROXIMACIÓN A LA REVISIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Para intervenir con mayor criterio en las controversias y aproximarme de una manera más objetiva al problema, he hecho un análisis propio. Para ello he revisado las siguientes variables, con base en información en la literatura disponible. De ella he sacado los datos para posibilitar el elaborar gráficos y correlaciones propias y proponer comentarios y conclusiones

- Temperaturas globales
- Eventos ciclónicos (tormentas y huracanes) y energías acumuladas
- Nivel de la superficie del océano
- Intensidades de la radiación solar y de la radiación UV. Manchas solares.
- Emisiones de GEI (en CO2 equivalente)
- Concentraciones globales de CO2

4.1 LA TEMPERATURA GLOBAL

Los datos de temperatura se han obtenido de *Global Temperature Time Series. Data are included from the GISS Surface Temperature (GISTEMP) analysis and the global component of Climate at a Glance (GCAG)*. [10] Los registros presentan las denominadas anomalías (Diferencia entre las temperaturas y una temperatura base). Con ellos se obtuvieron promedios de anomalías de temperaturas, que se llevaron a temperaturas con base en la temperatura media del período 1951- 2000, que se tomó como 13,9 °C.

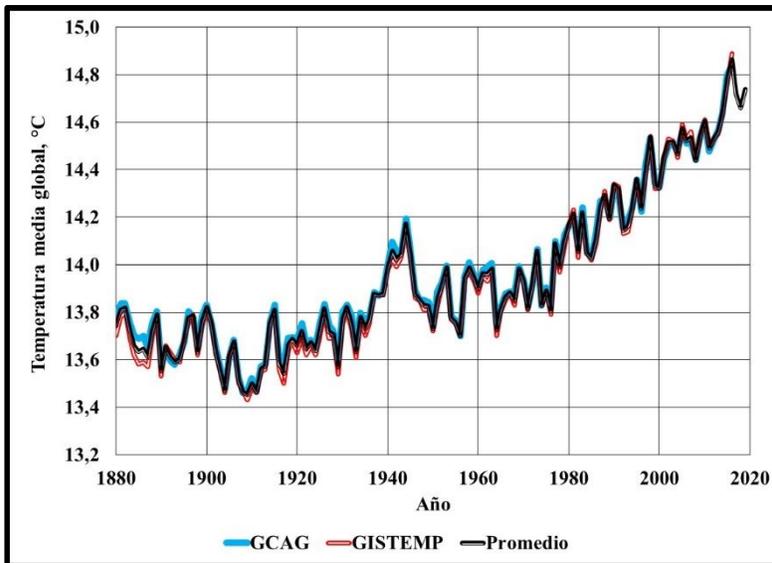
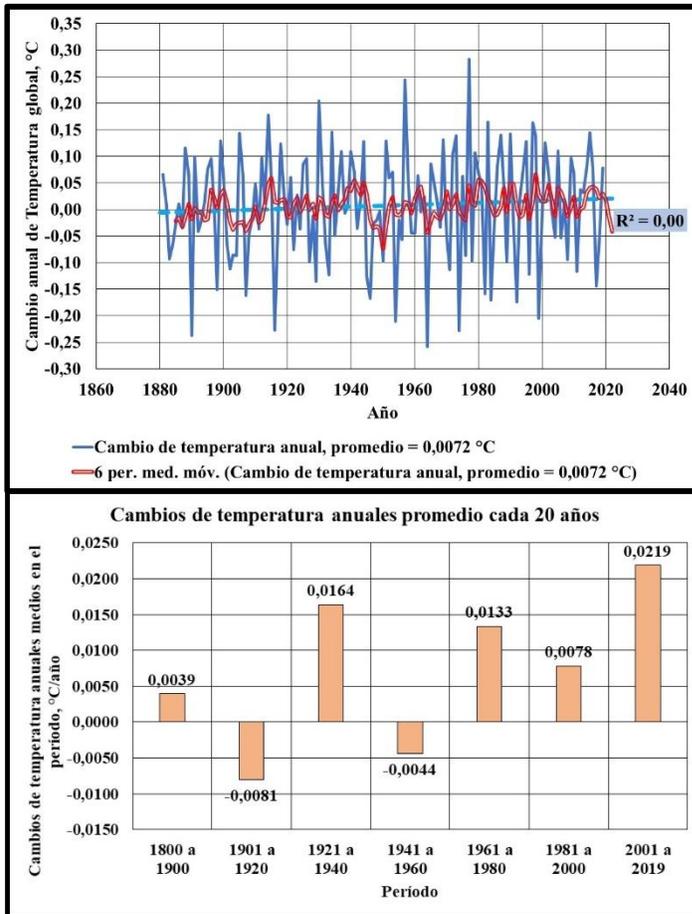


Figura 5. Temperaturas globales desde 1880 (elaboración propia)

La temperatura ha cambiado a una velocidad media de 0,0072 grados por año. Pasando de un valor inicial de 13,74 °C a 14,89 °C desde 1880 hasta 2019. Muestra tendencia creciente en el tiempo. Por ello se habla de un calentamiento global neto, si bien con frecuencia hay disminuciones en el tiempo, algunas de ellas durante varios años



Las variaciones que experimenta la temperatura son frecuentes y de gran magnitud relativa e incluyen muchos cambios negativos sostenidos en períodos continuos.

Se alcanzan a observar tendencias cíclicas irregulares, que ocurren cada 8 a 12 años.

Figura 6. Cambios anuales y agrupados por períodos de las temperaturas globales desde 1880

Fuente: Elaboración propia

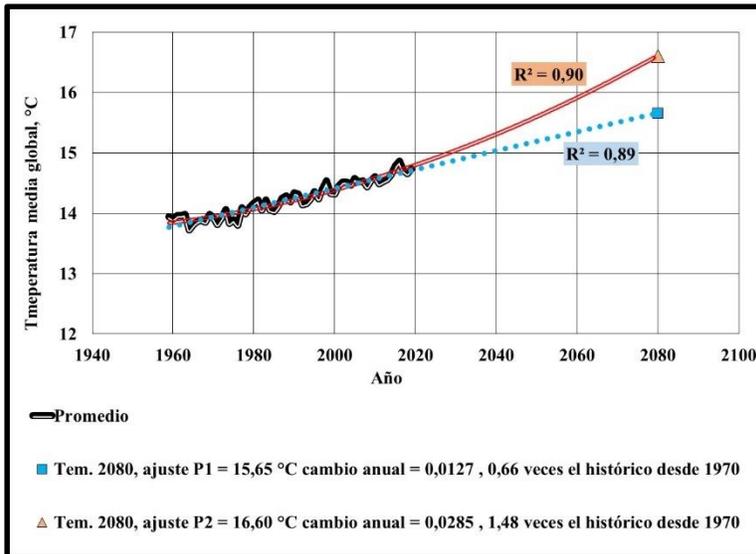


Figura 7. Proyección de las temperaturas a 2080 con dos ajustes polinómicos

Fuente: Elaboración propia

Con base en los datos históricos se pueden hacer proyecciones. Acá se muestran dos de ellas. La más alta muestra un cambio desde 1880 de 2,86 °C y la más baja un cambio desde 1880 de 1,91 °C

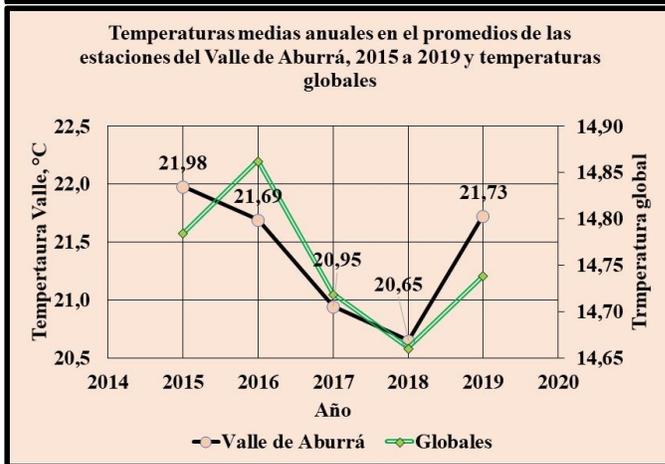
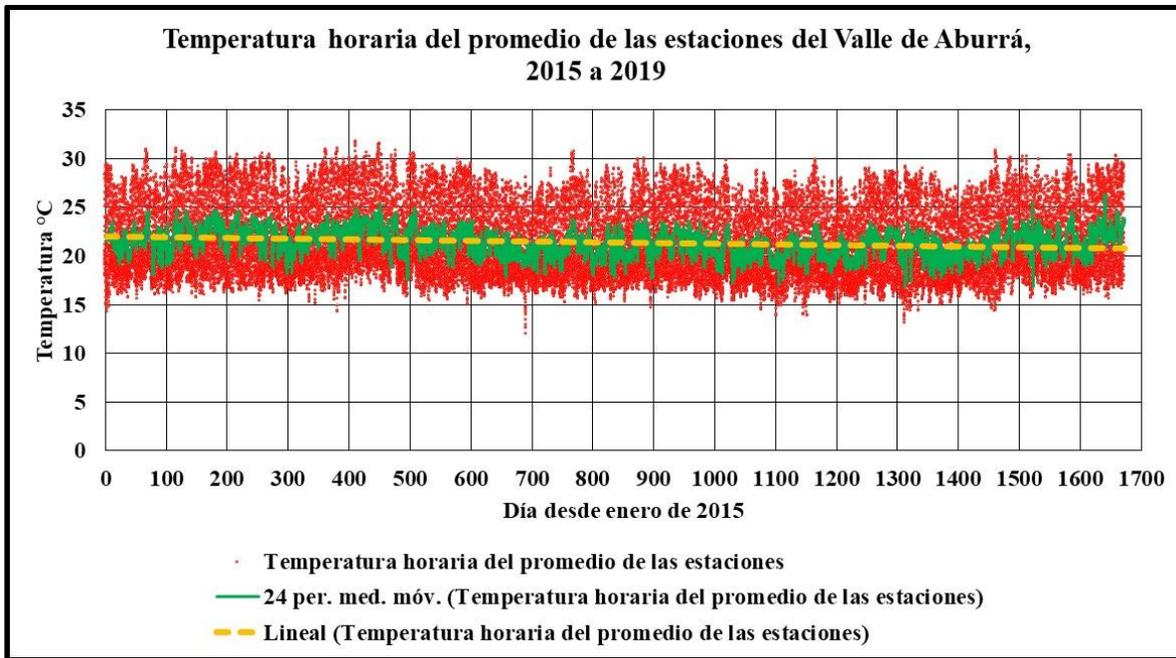


Figura 8. Temperaturas promedio horarias en el Valle de Aburrá y comparación entre los promedios anuales y las temperaturas globales

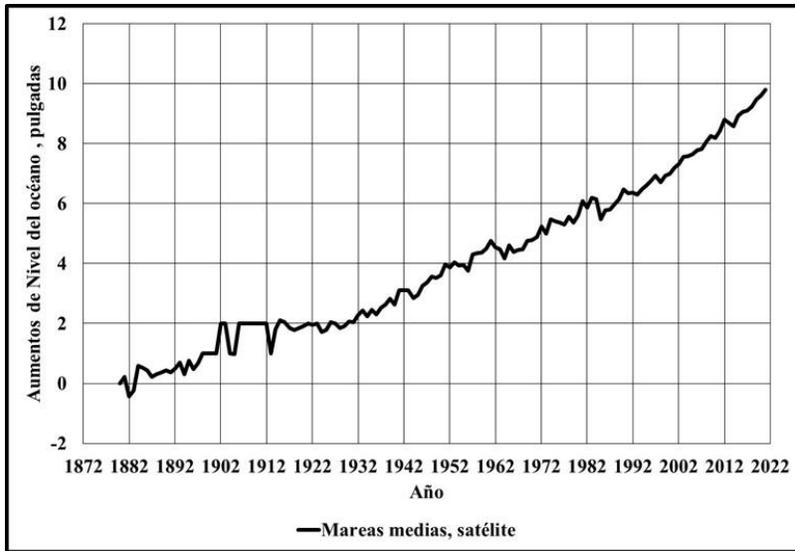
Fuente: Elaboración propia

La temperatura en los distintos puntos de la superficie de la tierra, es en general muy distinta de la temperatura media global. En la figura 8 se muestran los datos horarios y diarios (media de 24 h) para el promedio de las estaciones del Valle de Aburrá

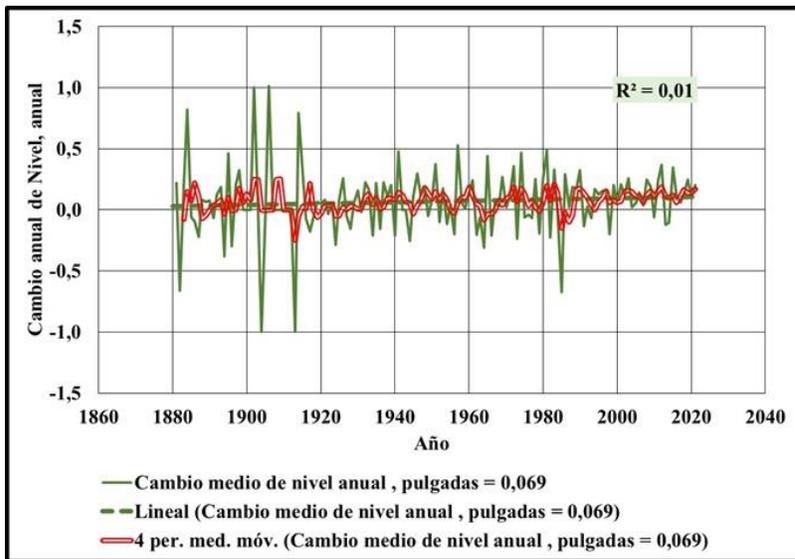
según datos de 2015 a 2019. Se observa una media diaria de 21,38 °C con variaciones de esa media entre 17 y 25 °C, que son del orden del 37 % de la media diaria. Entonces a nivel de piso la temperatura varía extremadamente aún en una zona tropical, como el Valle de Aburrá en Colombia. Se observa en los promedios anuales, tendencias semejantes para el Valle de Aburrá y para lo global.

4.2 LOS NIVELES DEL OCÉANO

Los datos de cambios de nivel del océano se han tomado de la EPA, USA, obtenidos a partir de datos de CSIRO y de NOAA con base en datos de mareas alta y baja y de satélite (estos desde 1993). Con ellos se obtuvieron promedios.

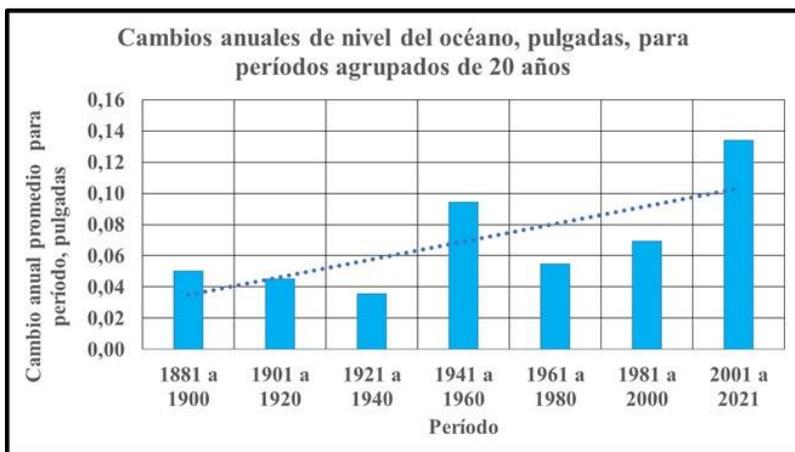


El nivel ha aumentado a una velocidad media de 0,069 pulgadas por año (1,76 mm por año), llegando a un aumento de 9,80 pulgadas (0,249 m) desde 1880 hasta 2021). Por ello se habla de una elevación del nivel de los mares, si bien con frecuencia hay disminuciones anuales en el tiempo.



Las variaciones que experimenta el cambio del nivel son frecuentes e incluyen muchos cambios negativos.

Se alcanzan a observar ciclos irregulares, con duraciones de 6 a 8 años



Se observa que son irregulares los ritmos de aumento en los distintos períodos agrupados.

Figura 9. Niveles del océano y sus variaciones anuales y por agrupaciones de años desde 1880
Fuente: Elaboración propia

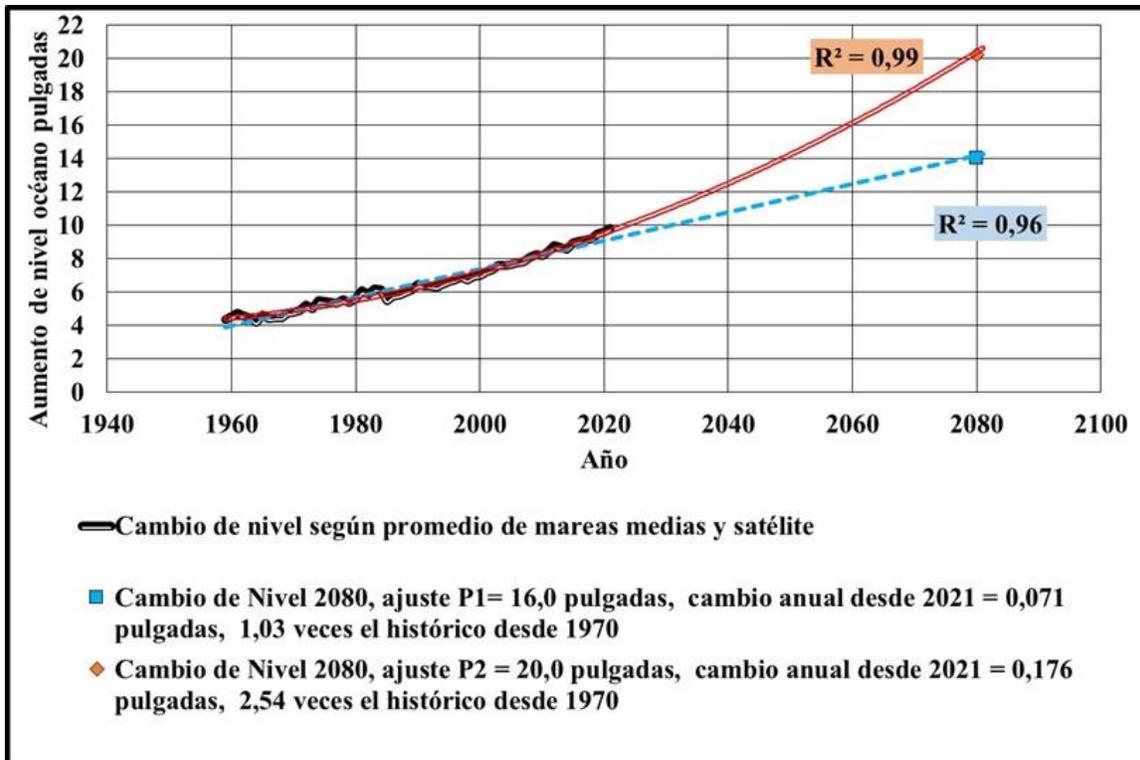


Figura 10. Proyección de los niveles a 2080 con dos ajustes polinómicos

Fuente: Elaboración propia

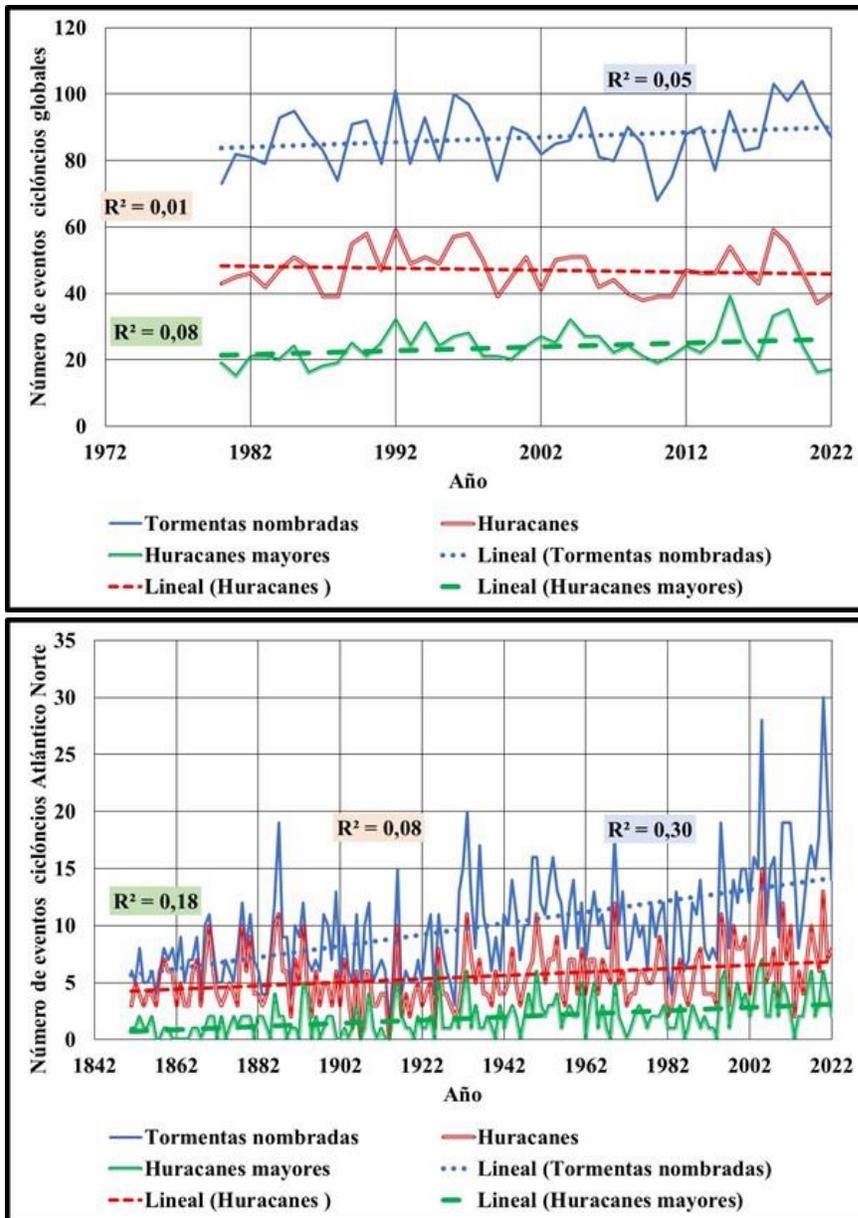
Con base en los datos históricos se pueden hacer proyecciones. Acá se muestran dos de ellas. La más alta muestra un cambio desde 1880 de 20 pulgadas y la más baja un cambio desde 1880 de 16 pulgadas

4.3 EVENTOS CICLÓNICOS

Los eventos ciclónicos corresponden a distintas tormentas que tiene suficiente magnitud como para ser distinguidas por nombres. Corresponden a las categorías tormentas nombradas, huracanes y huracanes mayores. Para ellos se calculan las energías ciclónicas acumuladas.

La energía ciclónica acumulada (ACE) expresa la energía liberada por un ciclón durante su vida. Se calcula sumando el cuadrado de los vientos máximos sostenidos de un ciclón tropical, medidos cada seis horas. El total resultante se divide por 10,000. Se acumula con otros para calcular el total de un grupo particular de tormentas. A nivel global no se aprecia una tendencia creciente

Se presentan y analizan datos globales desde 1980 y del Atlántico Norte desde 1851 Los datos han sido tomados de la Universidad de Colorado <http://tropical.atmos.colostate.edu/> [11]



Los eventos ciclónicos presentan amplias variaciones anuales.

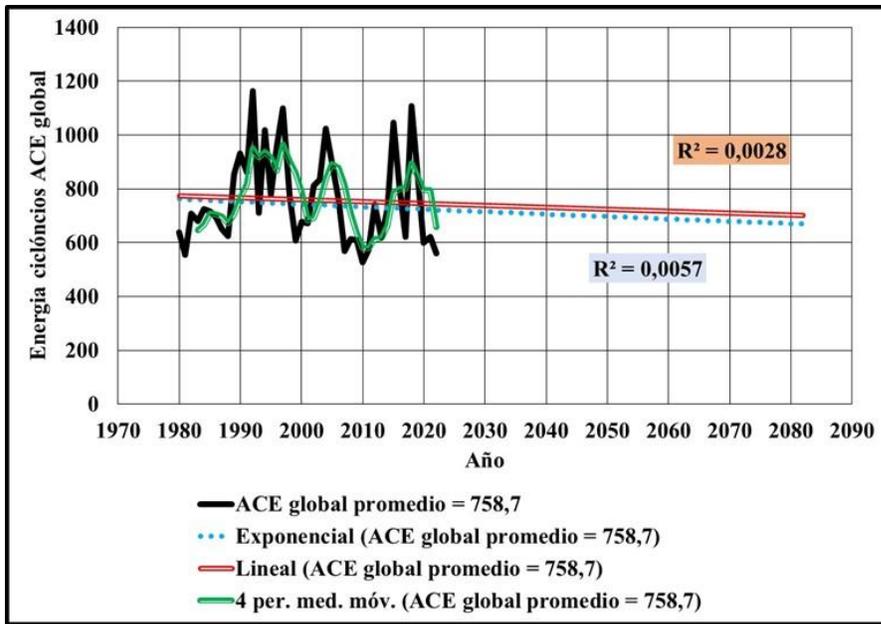
En el conjunto de los eventos globales, universales, se nota en general estabilidad en el tiempo.

En los del Atlántico Norte se aprecia tendencia al aumento, la cual es mayor para las tormentas nombradas que para los huracanes.

Se observan ciclos irregulares que ocurren cada 10 a 13 años

Figura 11. Eventos ciclónicos anuales desde 1980 para los eventos globales y desde 1850 para los del Atlántico Norte
Fuente: Elaboración propia

La energía ciclónica acumulada (ACE) varía ampliamente para los distintos años. Se aprecia en la figura 12 un cierto comportamiento cíclico, irregular, con duraciones de 4 a 8 años. Se nota una tendencia a que disminuya con el tiempo para los eventos globales y a que aumente con el tiempo para los eventos del Atlántico Norte (cuya energía es un 11,8 % de la de los eventos globales). En las gráficas se han presentado dos proyecciones para los valores promedio anuales para el año 2080. No se aprecian valores catastróficos en las proyecciones globales.



Cuando se hacen los promedios acumulados por períodos de tiempo, no se aprecian claros impactos del calentamiento en los eventos globales, pero sí una tendencia creciente en los eventos del Atlántico Norte, si bien esto se ha dado en los últimos años, anotando que hubo eventos fuertes de magnitud semejante a finales del siglo 19

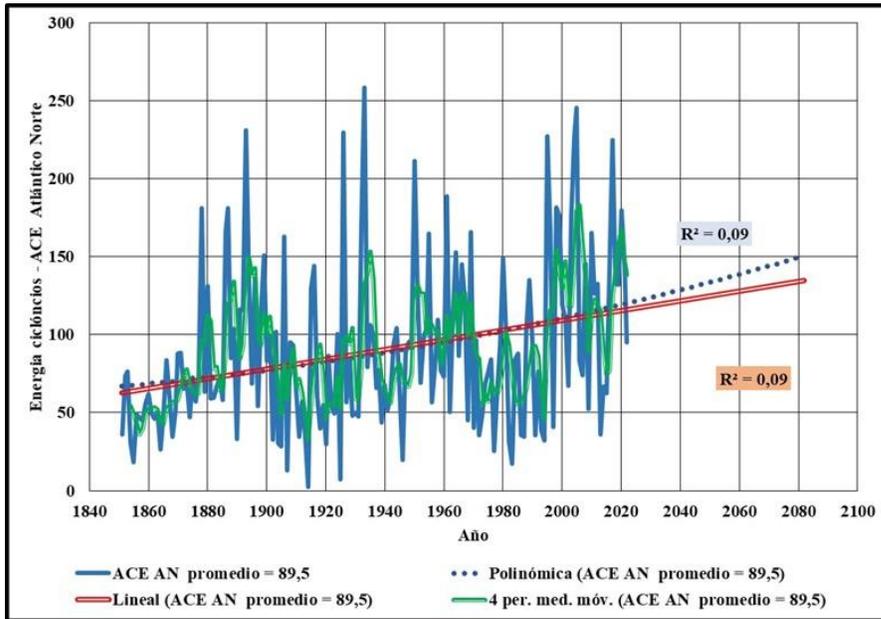
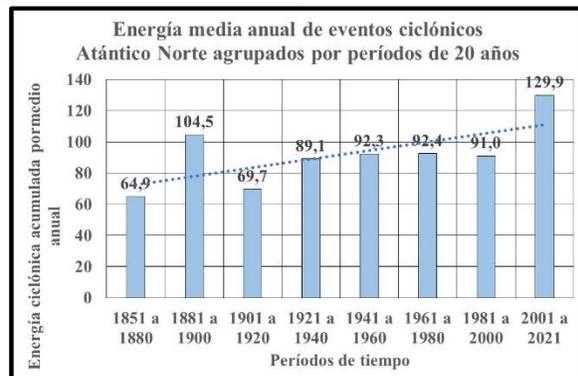
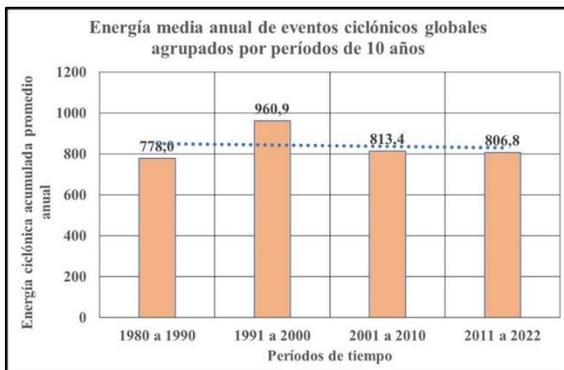


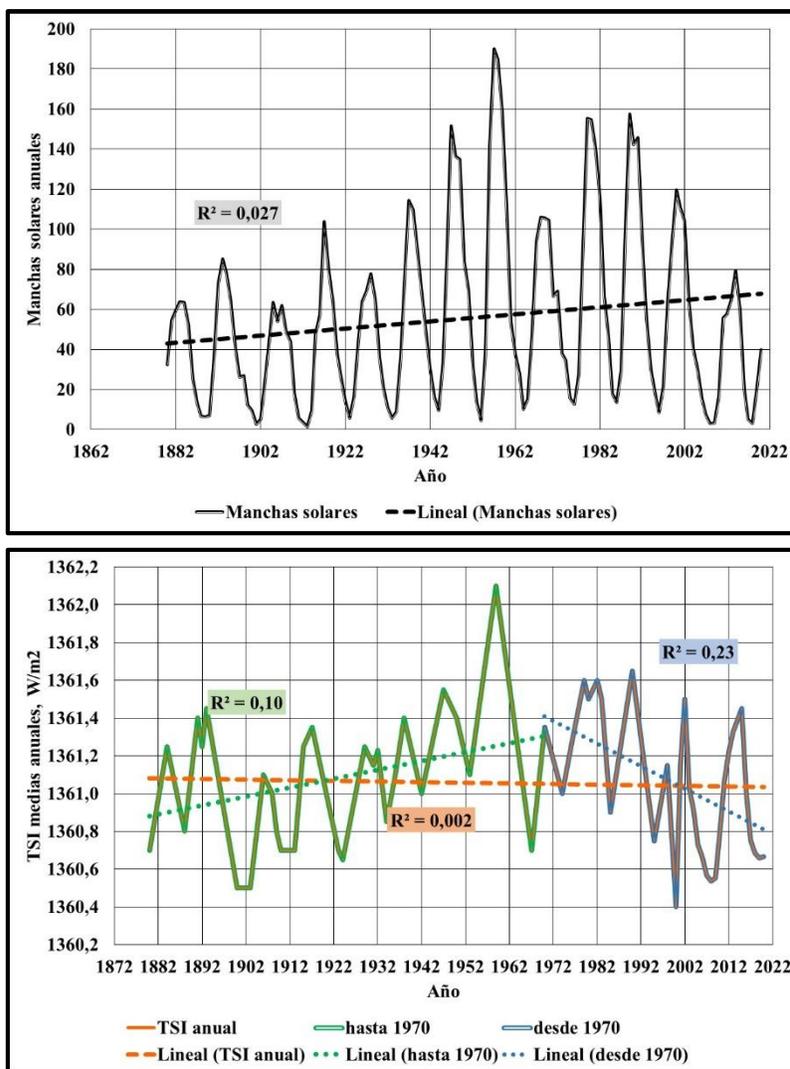
Figura 12. Variaciones de los eventos ciclónicos anuales y agrupados por períodos de tiempo Fuente: Elaboración propia



4.4 LA INFLUENCIA SOLAR

Uno de los aspectos que más da lugar a controversia en cuanto a que el calentamiento global es de origen humano, es el impacto del sol en todos estos asuntos, dado que la tierra ha experimentado grandes eventos de cambio climático y con seguridad en ello ha jugado un papel fundamental el sol. Varios de los críticos al consenso del IPCC proponen que el sol y sus variables asociadas sean más tenidas en cuenta dentro de las modelaciones y dentro de las causas de los cambios climáticos actuales, que evidentemente se asignan a impactos humanos.

Por ello se han considerado las variables de la radiación solar y de las manchas solares. Los datos de las manchas, la Radiación Total Solar (TSI) fueron tomados de SILSO, Nasa y la Colorado State University.



Las manchas solares tienen un comportamiento muy variable.

Se distinguen ciclos de magnitud variable, pero que tienen una duración bastante estable, con una media de 11 años.

La radiación solar promedia muestra un comportamiento bastante estable en cuanto a la magnitud de la TSI, que varía entre 1360,5 y 1362,1 W/m2 en todo el período estudiado (una variación del 0,12 %). Las variaciones son cíclicas con duraciones entre 10 y 11 años.

Se aprecia una tendencia creciente hasta 1970 y decreciente desde 1970 hasta la actualidad

Figura 13. Manchas solares e intensidad de la radiación total desde 1880
Fuente: Elaboración propia

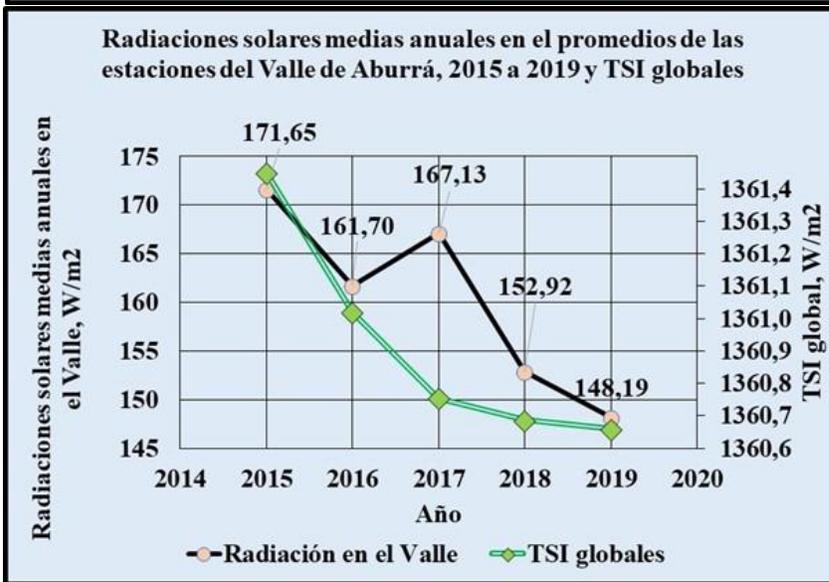
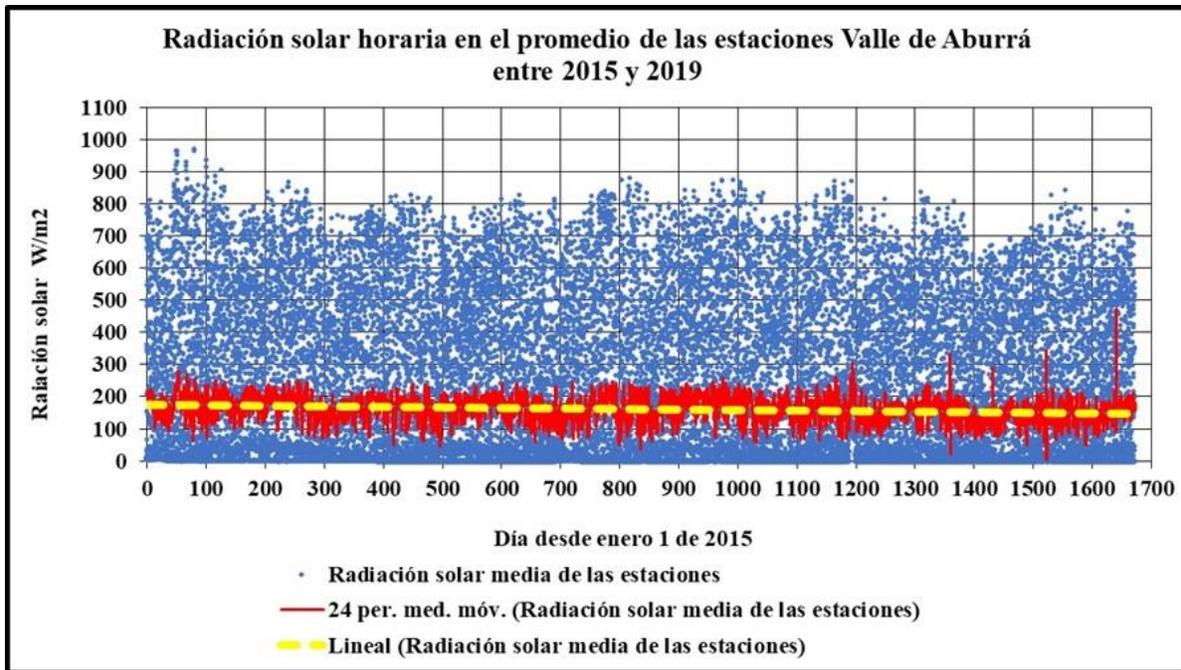


Figura 14. Radiaciones solares promedio horarias en el Valle de Aburrá y comparación entre los promedios anuales y las TSI globales

Fuente: Elaboración propia

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra, luego de atravesar la atmósfera y teniendo en cuenta los ciclos diarios es mucho menor que la del TSI de la figura anterior. Acá se muestran los datos horarios y diarios (media de 24 h) para el promedio de las estaciones del Valle de Aburrá según datos de 2015 a 2019. Se observa una media diaria de 161,6 W/m² con variaciones de esta media entre 20 y 470, que son del orden del 278 % de la media. Entonces a nivel de piso la radiación solar varía extremadamente aún en una zona tropical, como el Valle de Aburrá en Colombia. Se observa en los promedios anuales, tendencias relativamente semejantes para el Valle de Aburrá y para lo global.

4.5 CONCENTRACIONES DE CO2

La información sobre concentraciones de CO2 fue tomada de NOAA.

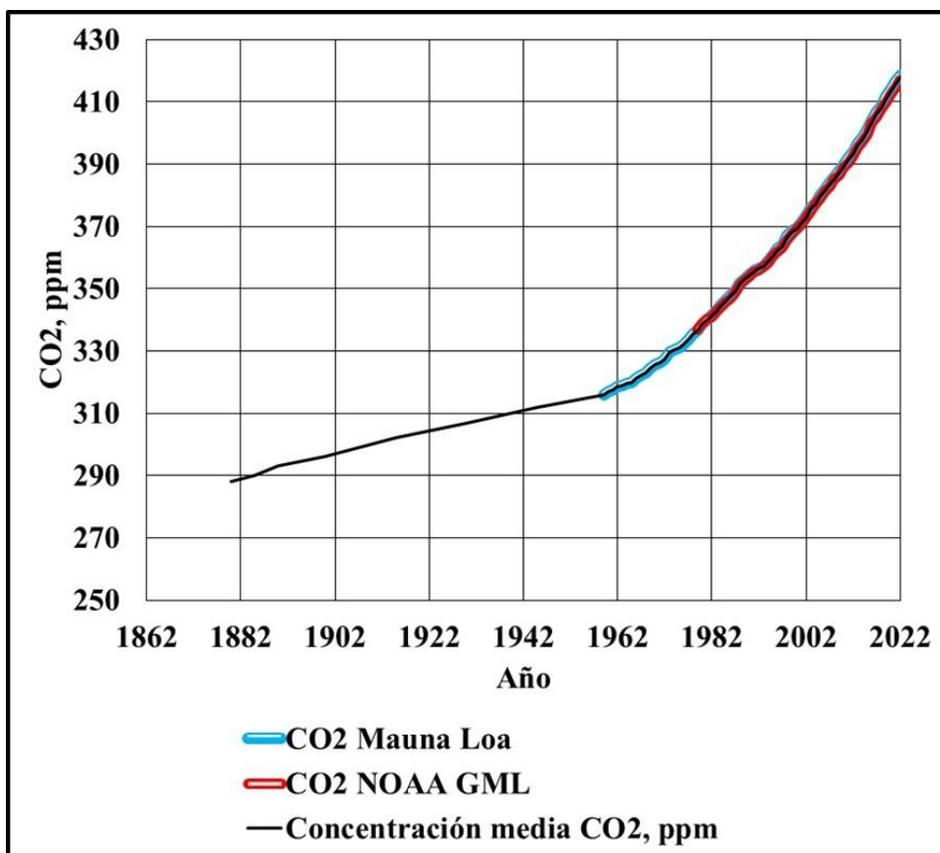


Figura 15.
Concentraciones de CO2 reportadas en Mauna Loa y por NOAA

Fuente:
Elaboración propia

Las concentraciones globales de CO2 se vienen midiendo realmente desde 1959 en el observatorio de Mauna Loa en Hawai y con sistemas de detectores de la NOAA desde 1979. Los datos más antiguos han sido deducidos de diversas informaciones y ajustes.

Es evidente que se presenta un aumento sostenido de las concentraciones, que se atribuye a las actividades humanas en su mayor parte y ello parece correcto dado el evidente aumento de las emisiones de CO2 en los procesos.

En la figura 16 siguiente se muestran las variaciones que experimentan las concentraciones. Se aprecia que vienen creciendo y que en ellas hay ciclos irregulares, con duraciones de 4 a 6 años. Al agrupar estas variaciones por períodos de años se observa una tendencia claramente creciente.

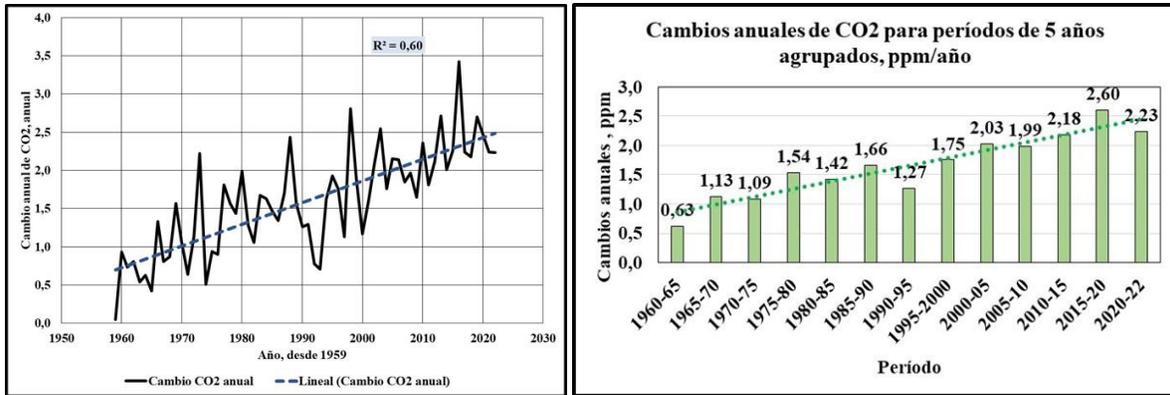


Figura 16. Variaciones de las concentraciones de CO2 anuales y agrupados por períodos de tiempo
Fuente: Elaboración propia

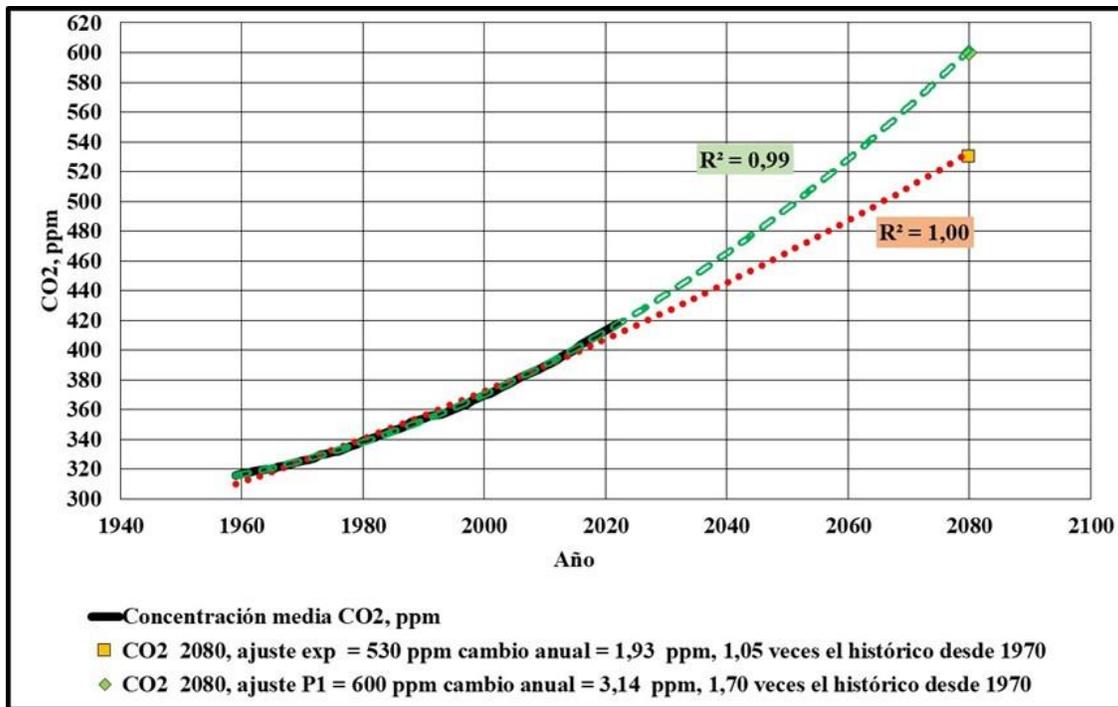


Figura 17. Proyección de las concentraciones de CO2 a 2080 con dos ajustes polinómicos
Fuente: Elaboración propia

Se presentan proyecciones de las concentraciones de CO2 a 2080 con dos ajustes polinómicos, siguiendo las tendencias crecientes históricas. Ahora, como la concentración de CO2 está bastante influenciadas por las emisiones de CO2, como se verá a continuación, las futuras concentraciones pueden estar afectadas por los distintos programas reales que se pongan en marcha para controlar las emisiones de CO2.

4.6 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES Y CORRELACIONES

Tabla 1. Resumen de los resultados del análisis de las variables climáticas estudiadas

Parámetro	Temperatura global, °C	Energía ciclónica global	Cambio del Nivel del océano, pulgadas	Manchas solares	TSI	CO2, ppm
Tipo de variable	Dependiente	Dependiente	Dependiente	Independiente	Independiente	Independiente
Fuente de los cambios	¿Humana o Natural?	Mayormente Natural	¿Humana o Natural?	Natural	Natural	Acción humana mediada por la naturaleza
Factor de influencia humana en el cambio (1 a 10)	5	2	5			7
Promedio desde 1970	14,31	758,7	6,84	59,8	1361,05	365,90
Valor actual	14,74	559,6	9,80	40,0	1360,66	417,81
Cambios medios anuales desde 1970	0,0151	-1,87	0,097	-1,28	-0,010	1,76
Cambios anuales desde 1970, % del promedio, valor absoluto	0,11	0,25	1,42	2,15	0,00072	0,48
Duración de los ciclos en los cambios, años	8 a 12	4 a 8	6 a 8	11	10 a 11	6 a 8
Magnitud del cambio 1970 a 2020, Desviación estándar de la relación entre el cambio anual y el cambio promedio desde 1970	7,51	NA	2,24	NA	NA	0,36
Valor esperado en 2080 Proyección 1	15,65	NA	14,00	NA	NA	530,00
Valor esperado en 2080 Proyección 2	16,60	NA	20,20	NA	NA	600,00

Fuente: Elaboración propia

La tabla 1 permite dar una mirada general a las distintas variables estudiadas. De ellas, se pueden considerar como dependientes aquellas cuyas variaciones y comportamientos dependen mayormente de otras y como independientes, aquella que resultan de acciones externas al sistema que se está estudiando, como efecto de acciones naturales o humanas. De estas últimas, en principio, se puede controlar la concentración de CO₂, si bien solo parcialmente, ya que el CO₂ está sujeto a mecanismos en los cuales interviene el sistema afectado (el mar, los suelos, el aire mismo, la biosfera y la influencia solar). Como se ha visto en las discusiones, hay debate sobre las causas reales de los cambios de temperatura, del nivel del mar y de los eventos ciclónicos y ello se indica en la tabla señalando que las causas pueden ser mayormente humanas a través del impacto directo o indirecto del CO₂, (posición postulada por la IPCC) o mayormente naturales (posición postulada por muchos de los críticos). Se han colocado unos factores asignados por el autor luego de examinar los datos y sus variaciones. Tal factor se asigna en buena parte debido al comportamiento de las variaciones, que en general se notan desacopladas de las variaciones del CO₂ por su alta magnitud y por el tipo de ciclos de variación que muestran y las duraciones de los mismos ciclos. Para visualizar estos efectos se calcularon los cambios anuales de las variables temperatura, cambio de nivel y concentración de CO₂ y se dividieron por los cambios anuales promedios a partir de 1970, obteniendo cambios normalizados anuales en esta forma, para los cuales se calcularon las desviaciones estándar en el período desde 1970. Se observa, en efecto, que la magnitud de la variación de las temperaturas y de los niveles es alta, (desviaciones estándar de 7,51 y 2,24 respectivamente), mucho mayor que la del CO₂ (cuya desviación estándar es de 0.36). Esto se observa gráficamente en la figura 19.

La duración de los ciclos, para las temperaturas, sugiere efectos solares en sus comportamientos. La diferencia en los tiempos de los ciclos de las temperaturas y las de los niveles, sugiere cierto desacople entre estas dos variables. En el caso de los niveles, ciertamente asociados con las temperaturas, parece necesario considerar otros impactos. Por ejemplo, calores internos de la tierra; termales marinas; efectos de cambios de densidades; formación de sedimentos y de depósitos salinos y calcáreos; volcanes; tormentas marinas; aportes de energía de aguas de ríos cuya temperatura está aumentada por las descargas urbanas, entre otros.

No se han discutido los temas de las nubosidades y la influencia del vapor de agua y de la biosfera en el análisis. Estas variables ciertamente influyen y contribuyen a las variaciones. Parece extraño que no se hagan, por parte de la mayor parte de los que analizan el cambio climático, estudios y análisis más cuidadosos sobre el impacto del vapor de agua y de las nubes. Probablemente esto se debe a las grandes dificultades que existen para ello, pero el vapor de agua es un fuerte gas de efecto invernadero y los flujos y conversiones hacia los estados líquido y sólido implican grandes movimientos de energía y claros impactos sobre las temperaturas y los eventos ciclónicos.

La figura 18 muestra las correlaciones entre las tres variables, temperatura global, cambio de nivel del mar y concentraciones de CO₂. Es evidente que hay entre las tres claras correlaciones.

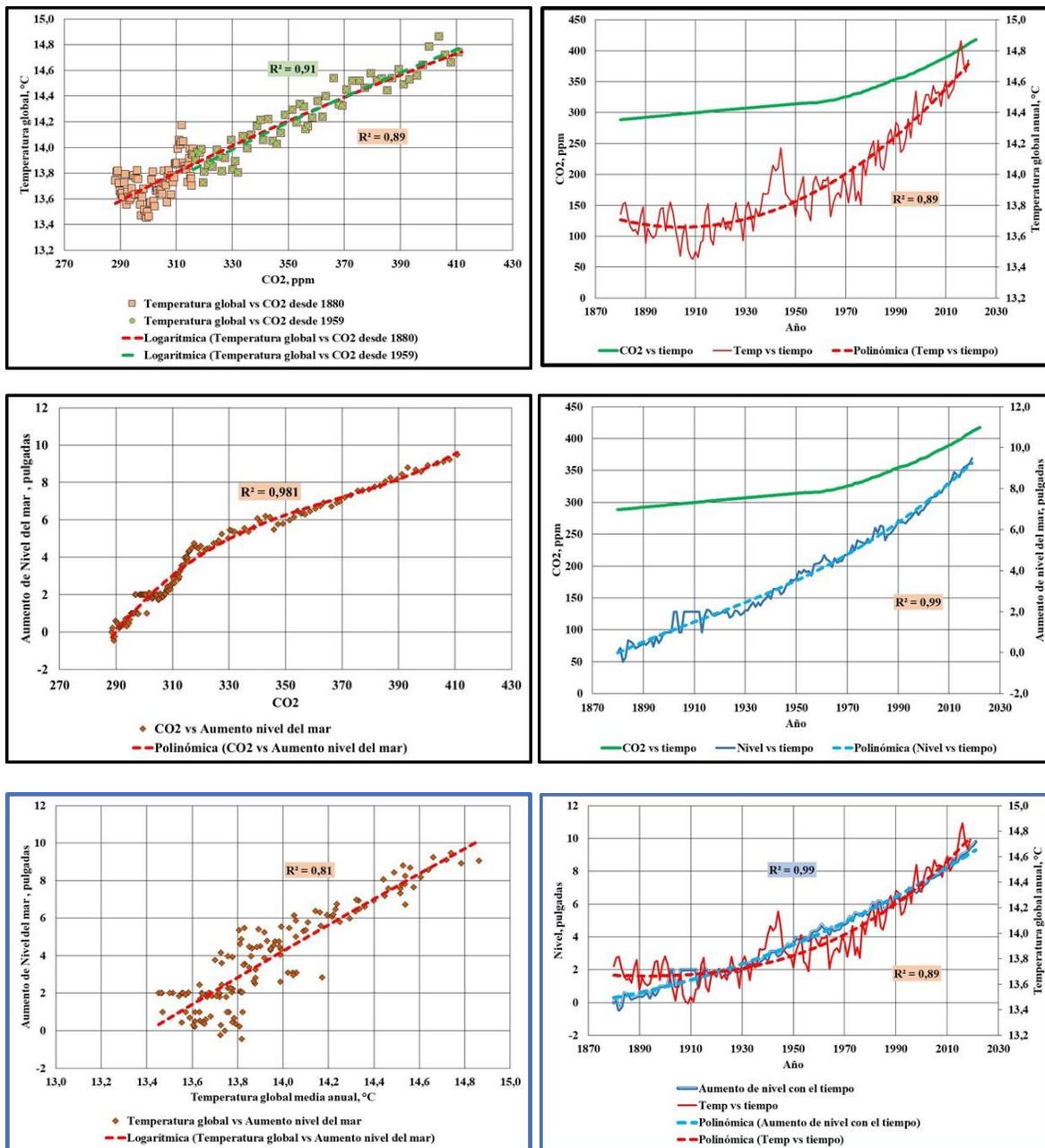


Figura 18. Correlaciones entre las concentraciones de CO2, las temperaturas y los cambios de nivel
Fuente: Elaboración propia

Es evidente que el CO2 muestra mayores aumentos a partir de 1970, lo cual sucede también para la temperatura. Esto refuerza que ambas variables están acopladas. En cambio, los niveles muestran un comportamiento más parejo en sus aumentos durante todo el período estudiado, sugiriendo de nuevo que está menos acoplado el cambio de nivel con el CO2 y con la temperatura. Como se observa en la figura 19, no existe acople en las variaciones anuales normalizadas. Es clara la gran diferencia en la variabilidad de estos dos parámetros, temperatura y niveles, contra la del CO2. Nótese también que la variabilidad normalizada del

CO2 es bastante lineal con el tiempo. No así con las variabilidades de la temperatura y de los niveles. Las variabilidades aumentan ligeramente con el tiempo en todos los casos.

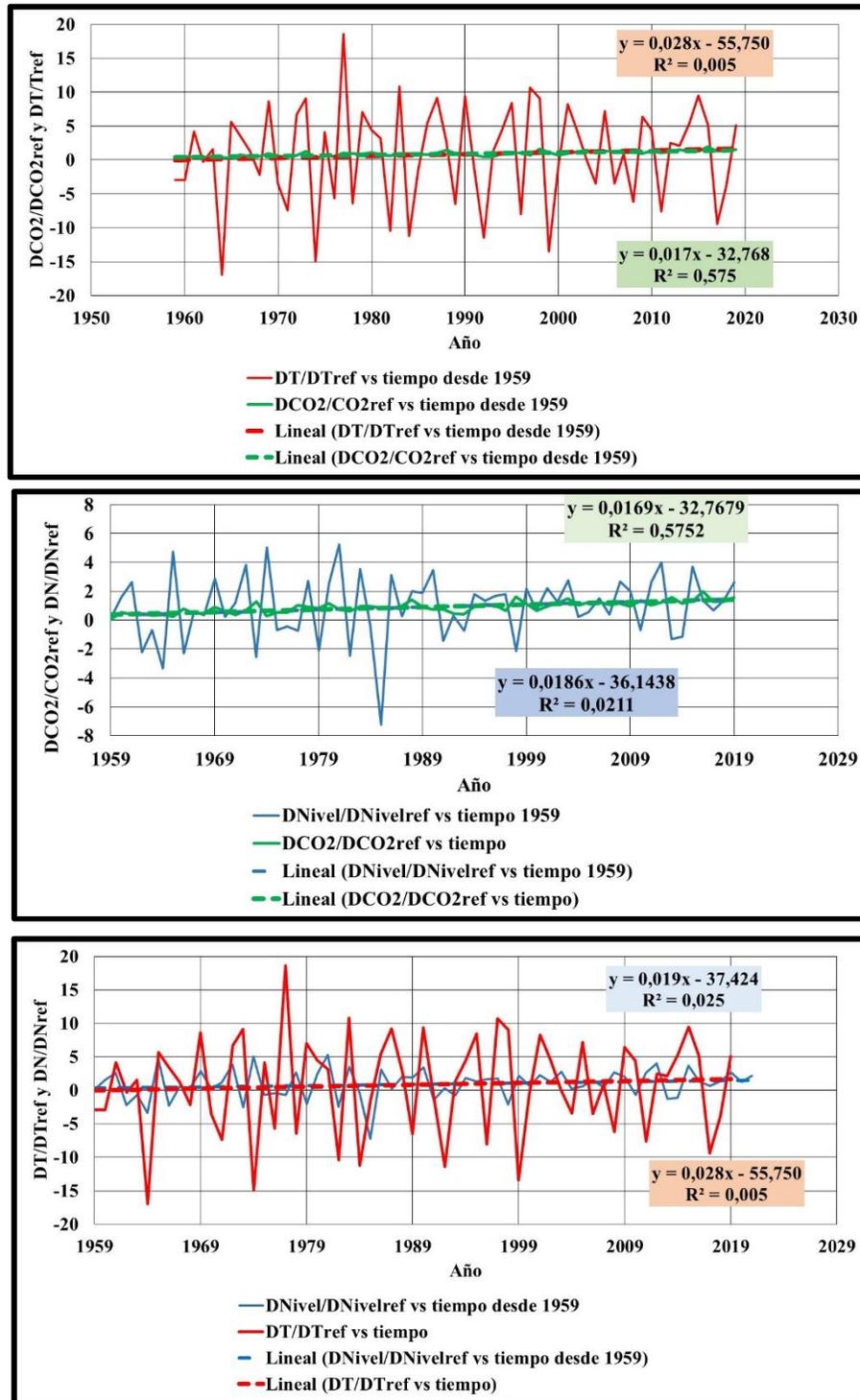
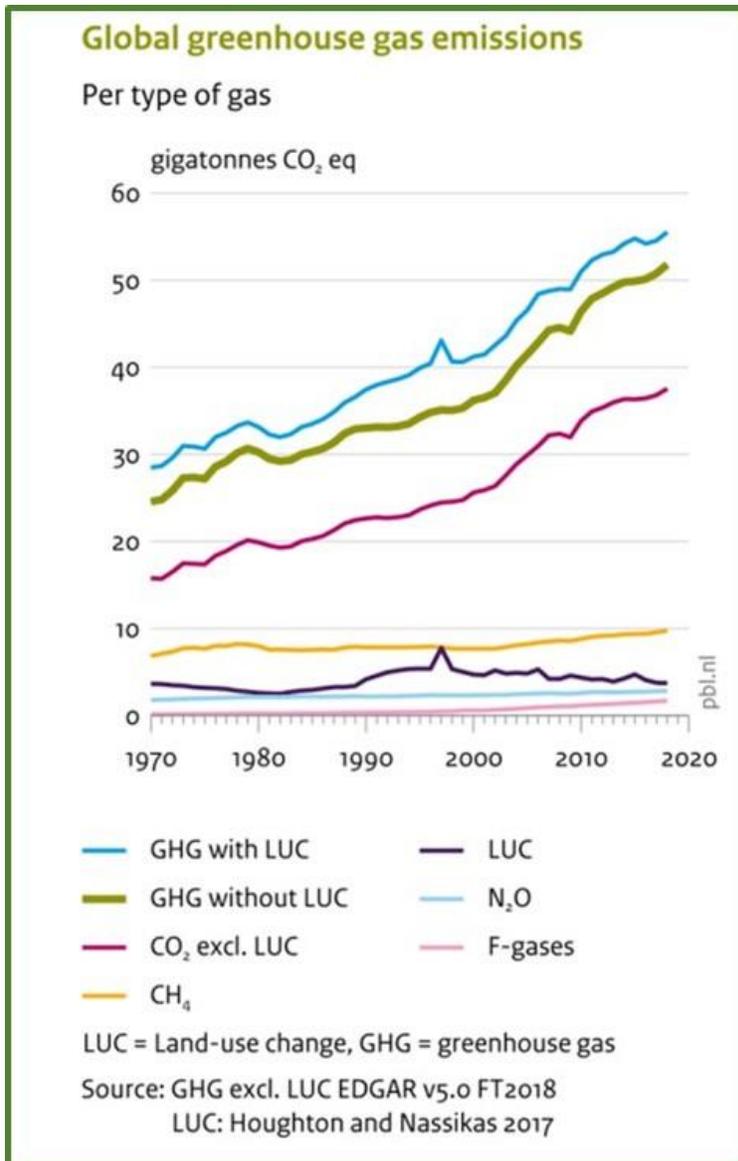


Figura 19. Variabilidades normalizadas del CO2, las temperaturas y los cambios de nivel
Fuente: Elaboración propia

4.7 EMISIONES DE CO2 DIRECTAS Y EQUIVALENTES (GASES DE EFECTO INVERNADERO)

Las informaciones sobre emisiones de CO2 directas y equivalentes (Gases de efecto invernadero GEI) fueron tomada de la European Comission en sus tablas y reportes con emisiones de CO2 equivalentes (GEI) y de Land-Use Change and Forestry (LULUCF) emissions para los distintos países del mundo [12]. Se han procesado los datos y obtenido las tablas y figuras que se presentan a continuación. Adicionalmente se ha elaborado un modelo sencillo para obtener concentraciones potenciales de CO2 a partir de emisiones ambientales.



La combustión basada en combustibles fósiles genera CO₂, que es el mayor contribuyente al efecto invernadero. La producción de cemento en la descomposición de la caliza genera también CO₂. En 2019 el total por estos conceptos fue de 36,5 Gigaton. Se genera también CO₂ equivalente tipo LUC (Aporte de usos de la tierra, que se estima en 3,5 Gigaton en 2019). Así el CO₂ total por estos conceptos anteriores es de 40,0 Gigaton. El metano CH₄ que viene de distintas fuentes (ganadería, descomposición de desechos, industria) genera CO₂ equivalente, estimado en 9,6 Gigaton en 2109. Los óxidos de nitrógeno (N₂O) y gases fluorinados aportan también CO₂ equivalente, estimado en 2,8 Gigaton en 2019. Se tiene así un total de CO₂ equivalente estimado en 52,4 Gigaton en 2019.

Figura 20. Emisiones globales de GEI y tipos de emisiones
Fuente: TRENDS IN GLOBAL CO₂ AND TOTAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS
2019 Report J, G, J, Olivier and J, A, H, W, Peters

Tabla 2. Emisiones de CO₂ equivalentes en millones de toneladas anuales.

Región	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018
Mundo	32.657	34.042	36.420	41.722	46.372	49.415	51.200
Estados Unidos	6.160	6.528	7.198	7.109	6.689	6.305	6.298
China	3.920	5.024	5.343	8.370	11.535	13.205	13.740
India	1.375	1.618	1.851	2.134	2.781	3.303	3.620
Unión Europea	4.953	4.635	4.555	4.627	4.298	3.950	3.925
Corea del sur	322	465	551	579	670	715	758
Corea del norte	165	113	99	108	78	53	45
Brasil	676	815	920	1.052	1.158	1.289	1.260
Colombia	131	146	149	155	171	185	194
Mundo a Colombia	249	233	244	269	271	267	264
China a Colombia	29,9	34,3	35,8	53,9	67,5	71,3	70,7
Corea del Sur a Colombia	2,5	3,2	3,7	3,7	3,9	3,9	3,9
USA a Colombia	46,9	44,6	48,2	45,8	39,1	34,1	32,4
Brasil a Colombia	5,2	5,6	6,2	6,8	6,8	7,0	6,5
India a Colombia	10,5	11,1	12,4	13,7	16,3	17,8	18,6

Fuente: Elaboración propia

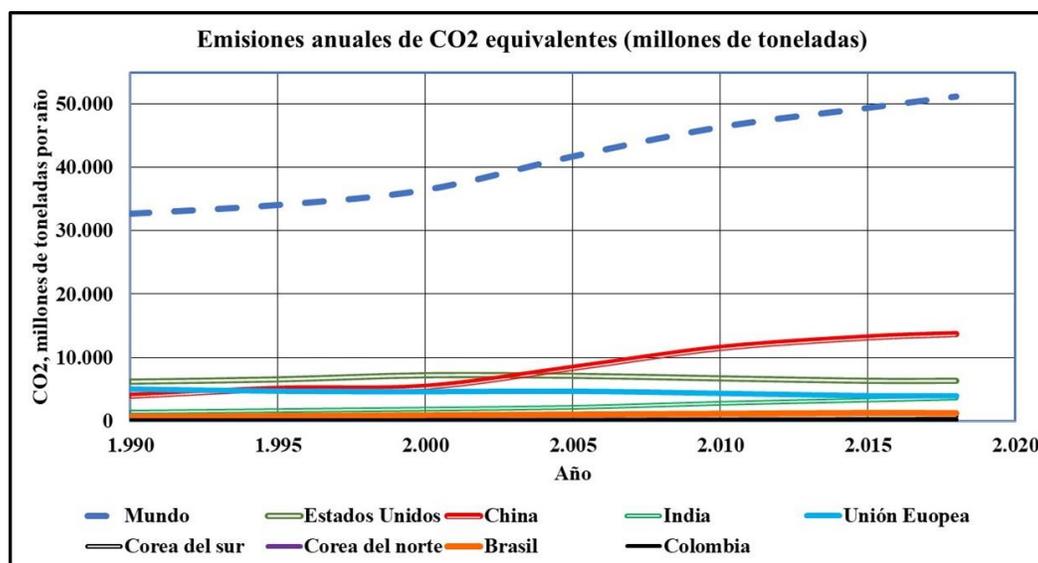


Figura 21. Emisiones GEI, CO2 equivalente

Fuente: Elaboración propia

Es evidente que China y la India vienen creciendo a ritmos mayores que la mayor parte de las demás regiones. Estados Unidos y Europa vienen disminuyendo gradualmente. Colombia aporta muy poco a los GEI

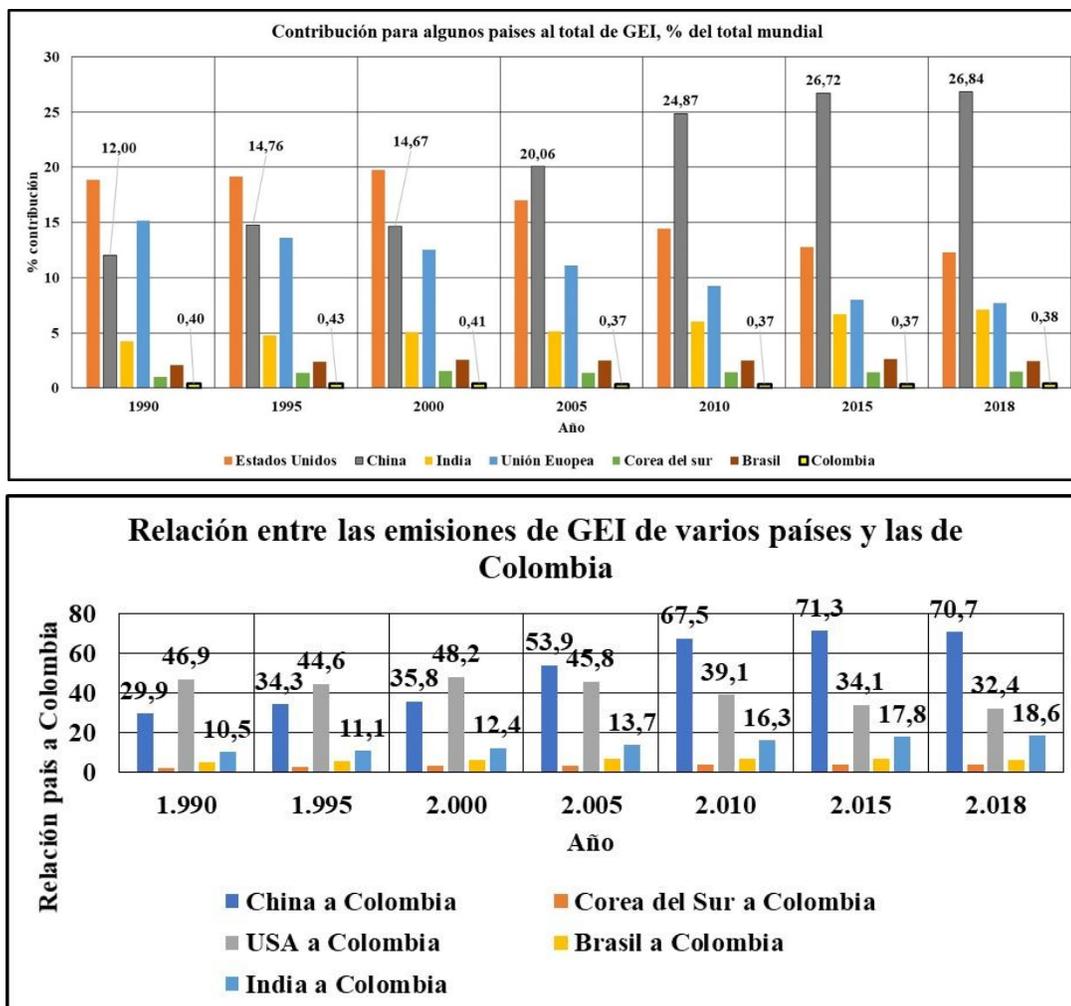


Figura 22. Contribuciones a los gases GEI e importancia de Colombia
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Emisiones de CO2 equivalentes per cápita

	Población millones	CO2 Miles de millones de toneladas año	CO2 equivalente kg/habitante/día
Mundo	7.000	51,20	20,0
Estados Unidos	330	6,30	52,3
China	1.380	13,74	27,3
India	1.300	3,62	7,6
Unión Europea	508	3,92	21,2
Cora del sur	52	0,76	39,9
Brasil	207	1,26	16,7
Colombia	50	0,19	10,6

Fuente: Elaboración propia

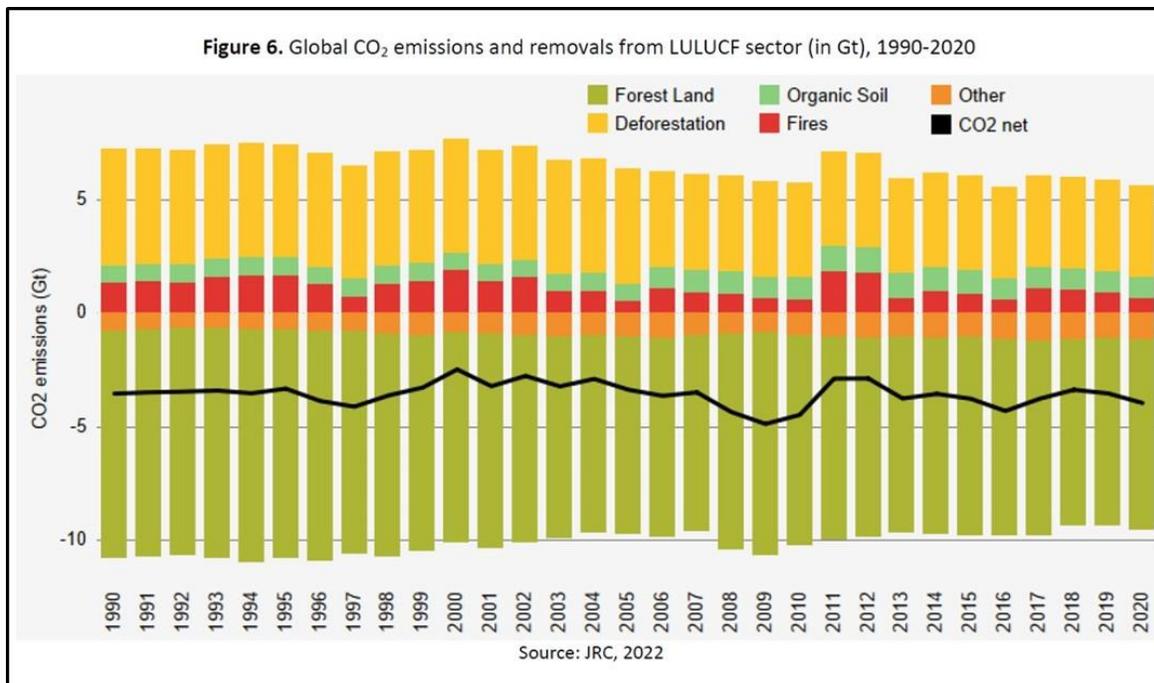


Figura 23. Contribuciones y sumideros de CO₂ tipo LULUCF.
Fuente: CO₂ emissions of all world countries JRC/IEA/PBL 2022 Report

Sumideros de CO₂ controlados por el hombre. Además de las fuentes de GEI es importante observar los distintos sumideros de CO₂ que están bajo el potencial dominio de la humanidad, lo que corresponde al conjunto denominado Land-Use Change and Forestry (LULUCF), que como se observa tiene un impacto neto favorable (emisiones negativas) aún en la actualidad. Eliminando en lo posible la deforestación, aumentando los bosques y los cultivos y previniendo los fuegos, se puede hacer mucho. Pienso que decrecer es un curso de acción impulsado por el miedo, la falta de creatividad o por una visión extremista.

5. ESCENARIOS Y MODELACIONES

Se presentan a continuación diversos análisis y escenarios basados en la información histórica, bajo el supuesto de que se mantienen las tendencias observadas. Luego se presenta un modelo de comportamiento propuesto basado en estrategias graduales de control de las emisiones y de transición hacia fuentes renovables de energía y en el desarrollo más dinámico de métodos para absorber CO₂ basados en la reforestación, en el control de los incendios forestales y la deforestación.

La figura 24 muestra las proyecciones resultantes de las combinaciones de variables, bajo tres escenarios, bajo, medio y alto.

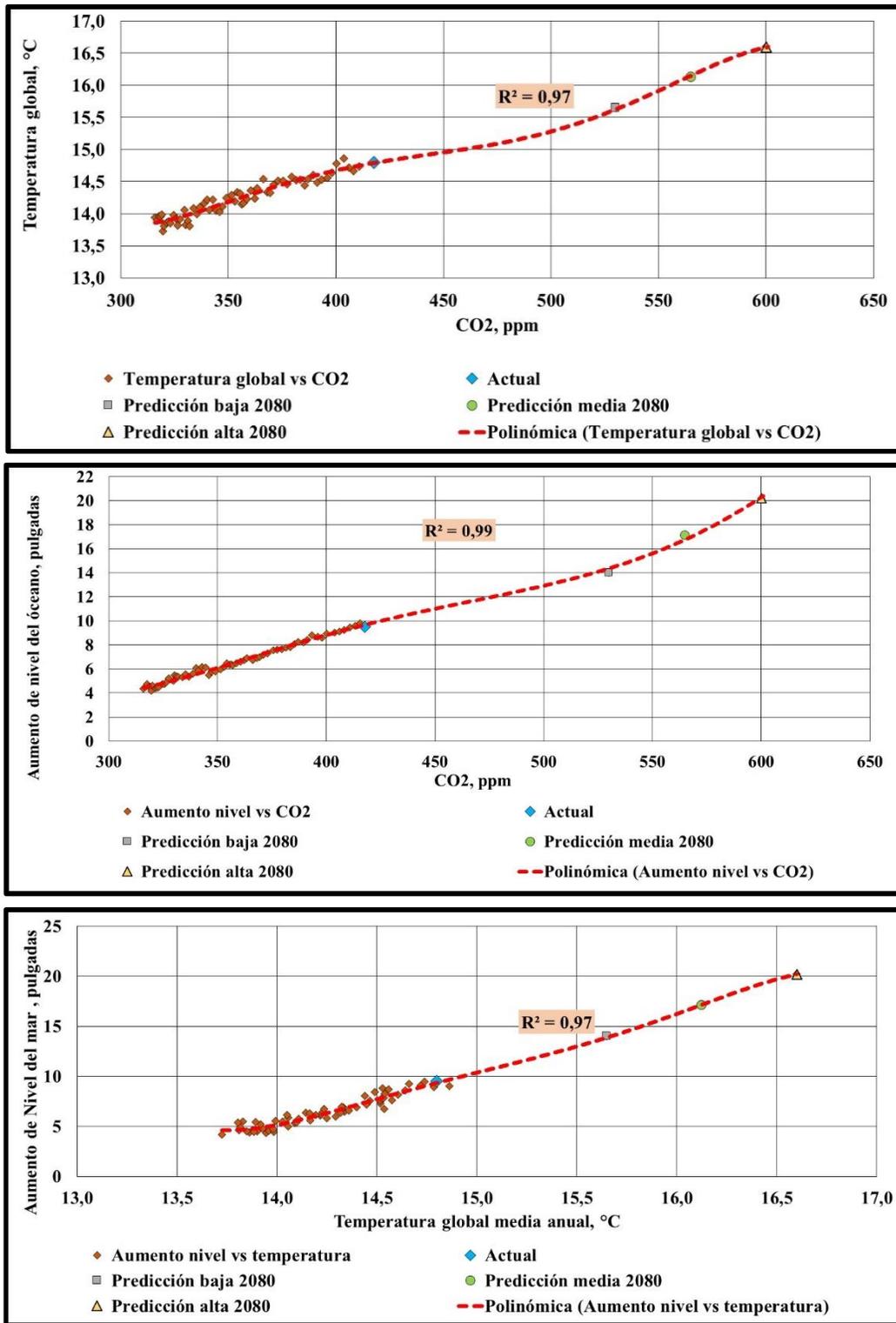


Figura 24. Modelaciones de CO2, temperatura y nivel basados en proyecciones históricas de cambios bajos, medios y altos

Fuente: Elaboración propia

Se presenta a continuación un modelo para estimar en qué medida las emisiones directas de CO2 contribuyen a las concentraciones de este gas en la atmósfera.

La tabla 4 muestra los resultados del modelo, para estimar la concentración media de CO2 en la atmósfera. Se ha considerado una capa de 40 km de altura. Se observa que en promedio un 43,7 % del CO2 emitido queda en la atmósfera. El resto se queda atrapado en el mar y en el suelo. Se aprecia que estos porcentajes varían entre un 29 y un 76 % (la literatura consultada considera que no todo el CO2 emitido se queda en la atmósfera. Menciona una fuente que el 57 % se queda en la atmósfera, un 30 % en el mar y el resto en la biosfera [13])

Tabla 4. Balance neto de las emisiones de CO2 directas y modelación de las concentraciones generadas por las emisiones de CO2

Año	CO2 GEI anual millones ton	CO2 directas, millones ton año	% Directo	LULUC F CO2, millones ton año	CO2 netas, millones ton año	Cambio CO2, millones ton/año	Cambio anual, CO2 mg/N3 estimado	CO2, ppm, medido	CO2, mg/NM3 medido	Cambio real CO2 mg/Nm3	% de CO2 a aire
1990	32.657	27.000	82,7	-3.600	23.400			354,3	645,3		
1995	34.042	29.500	86,7	-3.300	26.200	560	7,82	360,6	656,8	2,30	29,5
2000	36.420	32.000	87,9	-2.700	29.300	620	8,66	369,3	672,8	3,19	36,9
2005	41.722	34.500	82,7	-3.400	31.100	360	5,03	379,5	691,2	3,69	73,5
2010	46.372	37.300	80,4	-4.500	32.800	340	4,75	389,4	709,4	3,63	76,4
2015	49.415	41.000	83,0	-3.850	37.150	870	12,15	400,3	729,2	3,97	32,7
2018	51.200	43.000	84,0	-3.500	39.500	783	10,94	408,2	743,5	4,76	43,5
1990-2018	41.690	34.900	83,7	-3.550	31.350	589	8,22	380,2	692,6	3,59	43,7

Fuente: Elaboración propia

Hacia modelos realistas. Después del análisis realizado, se propone contar con escenarios menos agobiantes, más realistas, que no lleven a destruir la realidad económica y social actual, y que permitan controlar las emisiones de CO2 de manera gradual, a la vez que se aumenten de manera significativa los aportes LULUCF que actúan como sumideros del CO2. Aquí se presenta una de tales propuestas.

En ella se plantea una disminución gradual de las emisiones de CO2, la cual se puede lograr mediante transiciones energéticas, optimización de procesos, reordenamiento de prioridades, y desarrollos tecnológicos. Se plantean especialmente en el modelo acciones para aumentar los sumideros de CO2 mediante el desarrollo bastante dinámico de métodos para absorber CO2 basados en la reforestación, en el control de los incendios forestales y la deforestación.

La tabla 5 plantea el modelo propuesto y la figura 25 muestra los resultados del mismo en términos de las concentraciones de CO2 factibles, de lograrse la aplicación de este modelo. Si se considera que el aumento de concentraciones de CO2 da lugar, al menos parcialmente, a los cambios de temperatura y de nivel y a aumentos en los eventos y las energías ciclónicas, es de esperar que, con los resultados del modelo, aparezcan efectos benéficos sobre el calentamiento y el clima.

Tabla 5. Modelo para disminuir concentraciones de CO2 en forma gradual

Año	Baja en emisiones directas de CO2, base 2022	Emisiones directas, millones ton/año	Aumento de aportes LULUCF, %	LULUCF CO2, millones ton/año	Emisiones CO2 netas, millones toneladas año	CO2 cambio, millones ton/año	Impacto atmósfera %	Baja anual CO2, mg/N3 estimada	CO2 global, mg/NM3 estimado	CO2, global, ppm, estimado
2022	0	43.000	0	-3.550	39.450				743,5	408,2
2028	0	43.000	2	-3.621	39.379	-7	57	-0,06	743,4	408,1
2038	15	36.550	15	-4.083	32.468	-691	57	-5,50	737,9	405,1
2048	30	30.100	75	-6.213	23.888	-858	57	-6,83	731,1	401,4
2058	35	27.950	100	-7.100	20.850	-304	57	-2,42	728,7	400,0
2068	37	27.090	150	-8.875	18.215	-264	57	-2,10	726,6	398,9
2080	40	25.800	200	-10.650	15.150	-255	57	-2,03	724,5	397,8

Fuente: Elaboración propia

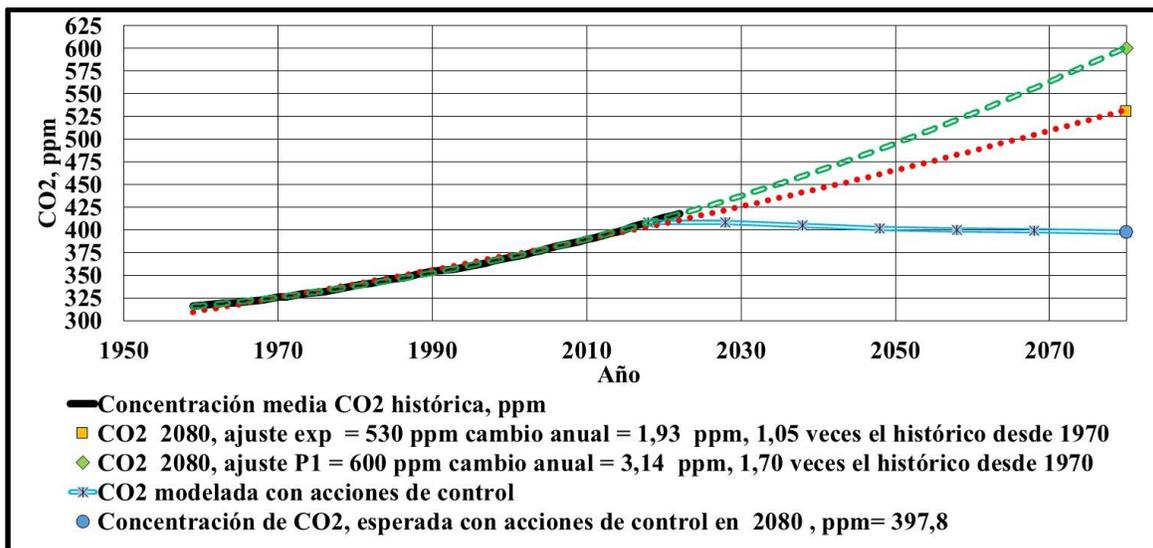


Figura 25. Modelaciones de CO2 bajo comportamientos históricos y con las acciones de control propuestas e la tabla 5

Fuente: Elaboración propia

6. ACCIONES PROPUESTAS

Lo natural, luego de las discusiones y análisis que se han presentado, es proponer acciones de control, tendientes a moderar las emisiones de CO2 y a fortalecer la capacidad de respuesta social antes las posibles emergencias climáticas, sin llevar a Colombia y al mundo a una radical transformación que puede tener nefastas consecuencias, inclusive peores que los riesgos que se están tratando de evitar. A continuación, se presentan varias alternativas, naturalmente muy basadas en los desarrollos tecnológicos, en las acciones graduales y en la confianza en la capacidad humana y en la creatividad, alejándose de los escenarios

catastróficos que consideran al ser humano como una plaga terrible que atenta contra el planeta y la vida.

EL POTENCIAL DE LA HIDROELECTRICIDAD

Indudablemente la hidroelectricidad es un enorme potencial del país y en muchos países del mundo. Cunde una tendencia en la actualidad que señala que la hidroelectricidad no es renovable, que es dañina, que no es sostenible, que ya no es posible realizar proyectos grandes, que nos debemos resignar solamente a la construcción de Pequeñas Centrales y aún en este caso, con grandes restricciones. Desafortunadamente estas tendencias vienen impulsadas desde activistas, especialmente provenientes de países europeos que ya desarrollaron todo su potencial hidroeléctrico

Hay que aprovechar las riquezas. En Colombia las desafortunadas contingencias de Hidroituango han contribuido a fortalecer a los enemigos de la hidroelectricidad. No debe caer en país en esta trampa. Hay que seguir los modelos de China y Noruega

Propongo que seamos creativos, emprendedores, que no desaprovechemos estos potenciales tan generosos y que seamos conscientes de que Hidroituango está saliendo adelante y de que contamos con una rica historia de proyectos exitosos. No son panacea para el país las energías solar y eólica.

EL POTENCIAL DE LA MEDIDAS URE Y DE AHORRO ENERGÉTICO

Es un potencial muy grande que se ha ido desarrollando. Se pueden estimar ahorros, mediante prácticas operativas, del orden del 5 al 20 %. Los ahorros pueden ser del orden del 20 al 50 % con base en desarrollos tecnológicos ya existentes y aún mayores con nuevas tecnologías. Los ahorros de energía contribuyen directamente a menores emisiones de GEI y a menores pérdidas de energía al ambiente, las cuales contribuyen sin duda, directamente, al calentamiento de aire y aguas.

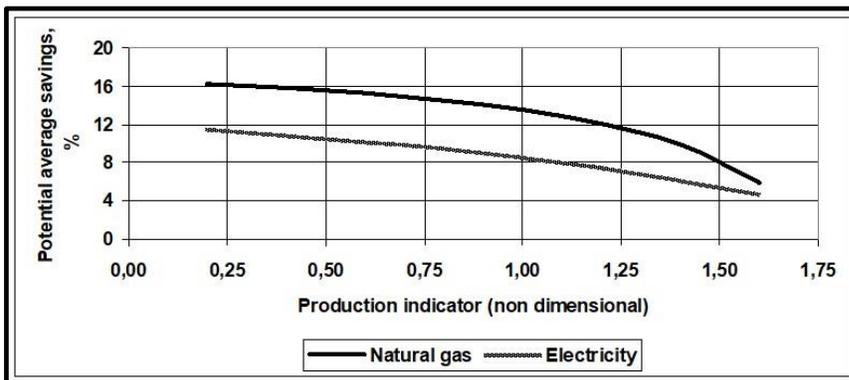


Figura 26. Ahorros potenciales de energía basados en mejores seguimientos y controles operativos (en un estudio realizado en 30 empresas) [14]

Fuente: Elaboración propia

ACCIONES RELACIONADAS CON EL TRANSPORTE

Se estima que, para el Valle de Aburrá, las emisiones de CO₂ provenientes del transporte equivalen a algo más de 2,0 kg/habitante día. Al comparar con las emisiones del país que se han estimado en 10 kg/habitante día, se puede apreciar que el transporte en nuestra región contribuye aproximadamente con un 20 % de las emisiones totales de CO₂.

Se puede apreciar que es una fuente significativa y ello ocurre en todo el mundo. De ahí la importancia de trabajar la sostenibilidad en el transporte. Además, los gases de escape son fuente de calor lo mismo que las fricciones y las pérdidas por rodadura.

Al lograr más eficiencia en el consumo de combustible, mejores diseños de vías y sistemas más aerodinámicos, se logran cambios favorables en ambos sentidos.

Son muchos los cambios favorables que se han hecho y los que están en desarrollo. Propongo que los vehículos evolucionen hacia la operación híbrida de manera gradual

He trabajado en investigaciones sobre el impacto positivo del catalizador de combustibles Green Plus. En la combustión así catalizada se esperan reducciones de emisiones de CO₂ del 7 al 10 %, proporcionadas a las mejoras en el rendimiento de la combustión. En total se podrían dejar de emitir por este concepto del orden de 0.2 kg de CO₂ por habitante día en el Valle de Aburrá, lo cual es significativo, logrando además ahorros de costos.

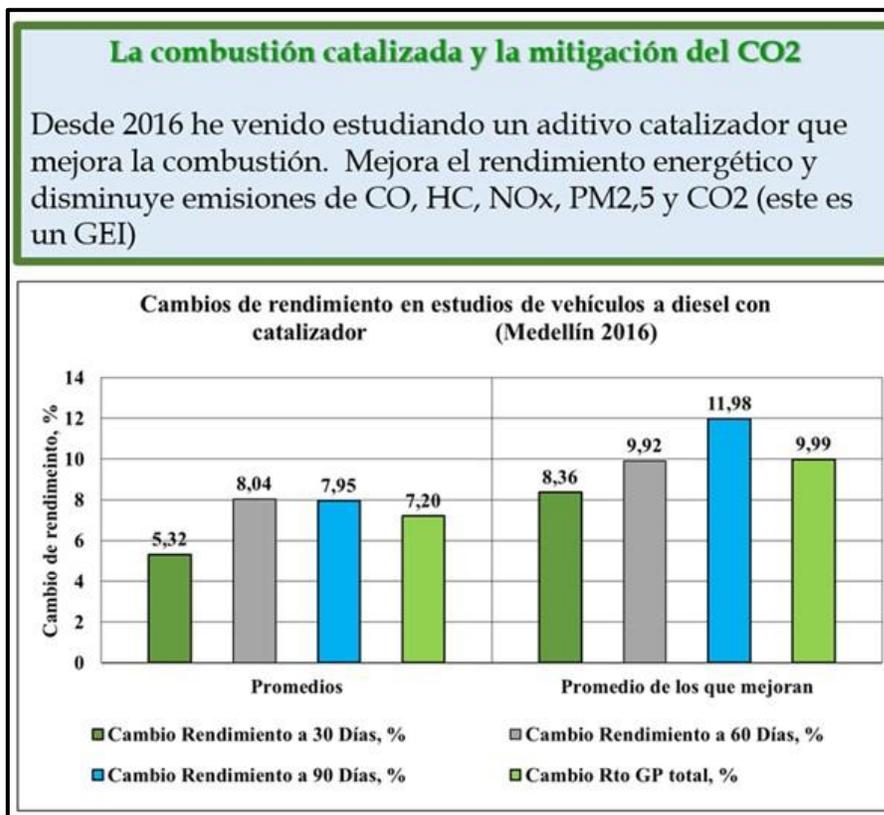
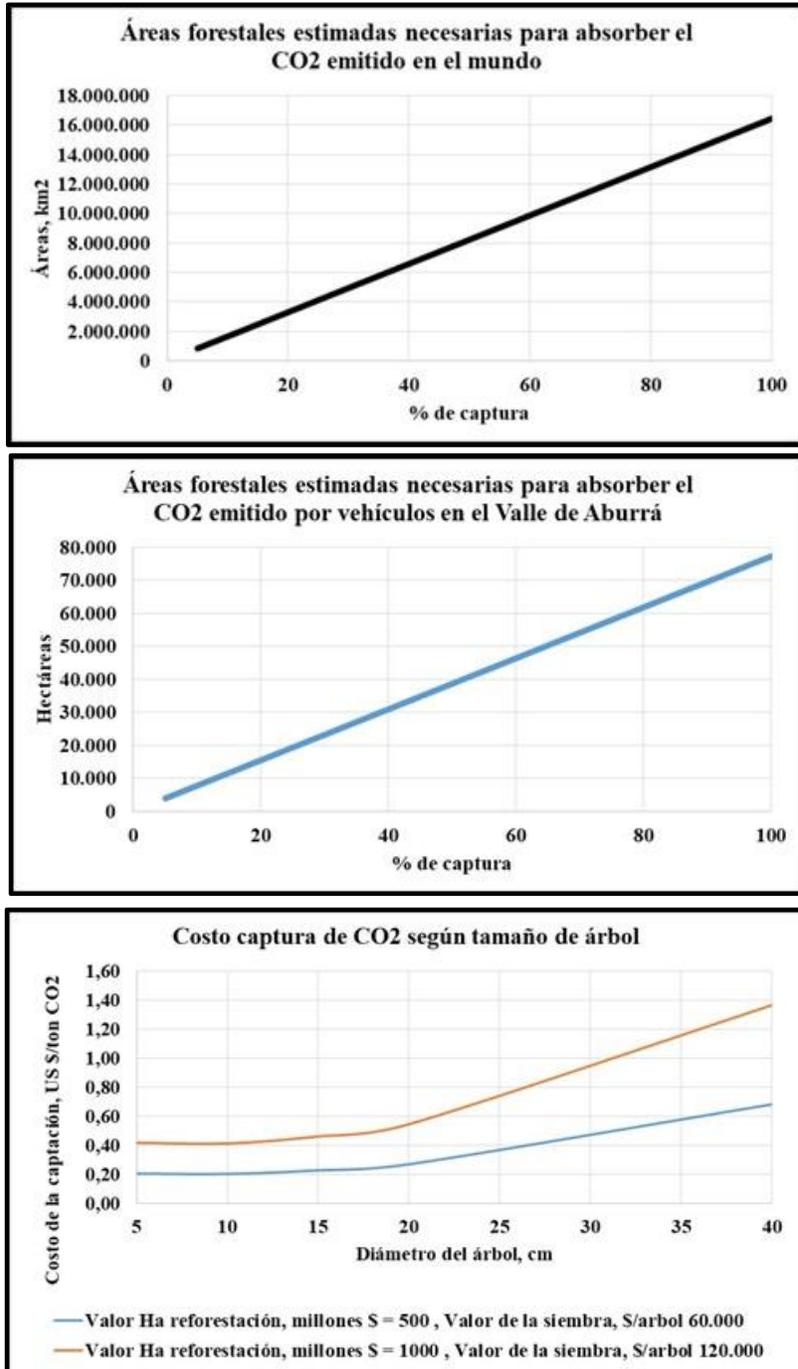


Figura 27. Ahorros potenciales de energía en combustión catalizada de vehículos diésel

Fuente: Elaboración propia

LA REFORESTACIÓN Y EL CONTROL DE LA DEFORESTACIÓN

La naturaleza, mediante la fotosíntesis, logra que las plantas convierten el CO₂ y el agua en biomasa, mediante complejas reacciones bioquímicas catalizadas por la luz solar.



Es importante contar con modelos y experiencias locales y regionales que permitan entender los equilibrios, según especies, según manejo de los bosques y aprovechamiento de la biomasa, para entender las capacidades reales de captura de CO₂ y la forma en que luego se libera o se secuestra el carbono.

Acá, provocativamente, se presentan dos escenarios. Se observa que es importante el impacto de sembrar bosques y mantenerlos.

Naturalmente, es muy importante no acabar con las zonas de bosques y selvas de manera agresiva y descuidada.

El CO₂, como tal, se convierte en agente que estimula el crecimiento vegetal y ello debe hacer parte de estos modelos al considerar los impactos positivos que puede tener el aumento moderado de sus concentraciones.

Figura 28. Potenciales de la reforestación para capturar CO₂
 Fuente: Elaboración propia

CAMBIAR EL PARADIGMA SOBRE LA NATURALEZA DEL CO₂ – CONSIDERAR SU RENTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA

Es importante examinar el valor mismo del CO₂. El CO₂, producido o capturado, puede dar origen a la producción de sustancias químicas útiles (Por ejemplo, ácido fórmico, ácido acético, hidrógeno o una combinación de ácido fórmico/ácido acético y energía; además de los materiales derivados).

Existen procesos que pueden utilizar materias primas de combustibles fósiles (gas natural, carbón, etc.) para producir los productos químicos anteriores sin emisiones de CO₂.

En estos procesos se utilizan tecnologías comerciales ya existentes como SMR (Steam Methane Reforming), WGS (Water Gas Shift), etc. Los procesos pueden ser tales que sean energéticamente autosuficiente (sin entradas netas de energía o trabajo neto desde el entorno). Se puede lograr la venta de productos a precios corrientes de mercado y ello garantiza la rentabilidad. Al respecto recomiendo ampliamente consultar la siguiente referencia [9]

PSE as the Modern Euryphaessa in Guiding Humans Past Prometheus' Paradigm and the Climate Change Tautology - Vasilios I. Manousiouthakis, Professor, Chemical and Biomolecular Engineering Department UCLA, 2017

EVITAR LA SATANIZACIÓN DEL CARBONO

Es impresionante cómo la narrativa ha ido creando la idea de que hay que descarbonizar a la sociedad, como si fuera realidad que el carbono es un elemento perjudicial y fatídico, debido a que hace parte de la esencia del CO₂ y de su producción. Para comenzar, el carbono es parte del ciclo vital y se necesita el CO₂ para la biosfera. Además, materiales de todo tipo, muy necesarios en la vida práctica, como lo de la lista siguiente, contienen carbono.

Carbon Containing Chemicals

Chemicals	World Annual Production (million tonnes)
Benzene	42
Buta-1,3-diene	11.9
Ethylene oxide (epoxyethane)	17
Ethylene glycol	18
Ethanol (excluding bioethanol)	0.85
Ethene (ethylene)	156
Methanal (formaldehyde)	30
Methanol	65
Methyl tertiary-butyl ether	15.2
Phenol	10
Propanone (acetone)	6
Propene (propylene)	80

Source: <http://www.essentialchemicalindustry.org/chemicals.html>

HACIA UN ENFOQUE MÁS HUMANISTA, COMBINADO CON LA CREATIVIDAD Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

La importancia del enfoque. Utilizar las ricas herramientas de la ingeniería de proyectos y sus etapas para atacar los problemas de forma constructiva, en vez de enfocarse en la negatividad y en la destrucción de la civilización y de la cultura existente

Utilización de los sistemas de aprovechamiento térmico de los residuos. Tales sistemas permiten una disminución sensible de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la vez que se logran disminuciones de consumos de otras fuentes de energía y se evita utilizar terrenos valiosos para enterrar los residuos municipales.

Empleo de la catálisis en los procesos y en los sistemas de combustión. Se logran en esta forma energías de activación menor, dando lugar a ahorros de energía, mayores productividades, menores desgastes y menores emisiones contaminantes.

Aprovechamiento amplio de la energía nuclear. Tanto la de fisión (mediante pequeños reactores) como la de fusión (mediante los nuevos desarrollos). Debido a la exagerada presión ambientalista, se puso un freno a estas energías, sin caer en cuenta de sus ventajas netas cuando se toman en cuenta todos los factores integralmente.

Desarrollo de ingeniería, urbanismo y arquitectura para mejor protección de los asentamientos humanos y de las infraestructuras ante emergencias. La mayor conciencia sobre el clima y los impactos del cambio climático ha permitido desarrollar modelos, teorías y tecnología para el entendimiento del clima y sus impactos, en las aplicaciones del urbanismo y del manejo de los espacios y las construcciones.

Empleo de las fuentes renovables de energía. A través de la ingeniería y la tecnología la humanidad ha ido desarrollando fuentes novedosas de energía, mediante el aprovechamiento directo de la energía solar, de la energía del viento, de la energía de la biomasa y de la energía marina, que son fuentes renovables y que cada vez se vuelven más importantes en la canasta energética. Pero es importante también evitar que el extremismo ambientalista elimine la energía hidroeléctrica, que es renovable, de la canasta de un país como Colombia, tan rico en montañas y en corrientes de agua. Es importante también que haya desarrollos tecnológicos locales y regionales.

La ingeniería y la mitigación del CO₂ como imitación de la naturaleza. La ingeniería ha observado desde siempre los procesos naturales y los ha imitado o aprovechado para diseñar y construir gran cantidad de soluciones a los problemas. La naturaleza, mediante la fotosíntesis, logra que las plantas convierten el CO₂ y el agua en biomasa, mediante complejas reacciones bioquímicas catalizadas por la luz solar. Hay diversos procesos bajo estudio y diseño que tratan de imitar este proceso, algunos inclusive en nuestro medio.

Desarrollo de métodos para el almacenamiento del CO₂. La captura y almacenamiento de dióxido de carbono es una tecnología con un gran potencial para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. El gas se captura directamente de los sitios industriales, se purifica y se inyecta en formaciones subterráneas profundas. El CO₂ inyectado queda atrapado bajo tierra

gracias a la existencia de una formación de roca que se superpone al depósito de inyección y mantiene el CO₂ en su lugar lejos de la superficie.

Desarrollo de métodos para descomponer el CO₂ y convertirlo directamente en productos útiles. En carbón, en un gasóleo sintético, en CO y oxígeno.

Aprovechamiento de los suelos para la captura del CO₂. Se están diseñando programas para revertir el proceso de degradación del suelo debido a la deforestación y al uso y manejo inadecuados en las zonas tropicales y subtropicales. Es importante entender la dinámica del carbono y la cantidad de materia orgánica necesaria para asegurar una producción sostenible con la optimización de otros objetivos como una degradación mínima de la tierra y una máxima conservación de la biodiversidad.

Desarrollo de la conciencia personal y social hacia el respeto por el ambiente y la evolución respetuosa de las costumbres, basada en la libertad. Evitar la manipulación y la imposición de agendas abortistas, agendas anti humanistas. Explicar las ventajas de la vida tranquila, de la solidaridad, de las buenas prácticas, de la no-violencia y de las prácticas de meditación y de contemplación, que generan también, en sí mismas, menos emisiones de CO₂ [6], [8].

Otras ideas. Desarrollo de mejoradores de suelos para aumentar captura de CO₂ y fertilidad; Producción de catalizadores derivados de minerales; Fibra óptica catalizada para convertir el CO₂ a otros productos; trabajo con métodos de fotónica; desarrollo de baterías y su optimización.

7. CONCLUSIONES

Es importante tener mentalidad abierta al examinar estos asuntos.

Parece claro que las acciones humanas generan cambios climáticos. Pero se ha exagerado creando miedos excesivos al examinar dichos cambios, y llevando al asunto del cambio climático hacia el campo del extremismo ambientalista.

Existen oportunidades importantes en la generación del CO₂ y en sus acciones sobre la biosfera que pueden ser benéficas.

Se recomienda trabajar de manera gradual y tecnológica para controlar las emisiones de CO₂ y poner el énfasis en estimular los procesos naturales que lo absorben.

REFERENCIAS

- [1] <https://climatescience2030.com/es>
- [2] Geraldo Luis Lino. The Global Warming Fraud: How a Natural Phenomenon Was Converted into a False World Emergency. 2009
- [3] More Than 1000 International Scientists Dissent over Man-Made Global Warming Claims Scientists Continue to Debunk Fading “Consensus” in 2008 & 2009 & 2010, www.ClimateDepot.com CFACT Released: December 8, 2010. Presented to the United Nations Climate Change Conference in Cancun, Mexico, December 9, 2010
- [4] Posada E, et al. Relations between Atmospheric Pollution and Climate for the Aburrá Valley in Colombia. *Ijsrm.Human*, 2020; Vol. 15 (2): 49-97.
- [5] Posada, E. Retos de la ingeniería para la movilidad sostenible, Presentado en la Semana de la Movilidad Sostenible Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, octubre 2019
- [6] Posada E. The Ayurveda Natural Medicine System and Its Environmental Implications. *Environ Sci Ind J*. 2017; 13(4):144. ©2017 Trade Science Inc.
- [7] Posada E. Cadavid, A. Analysis of the Temperature Changes in the Aburrá Valley between 1995 and 2015 and Modeling Based on Urban, Meteorological and Energetic Parameters. *Climate* 2018, 6, 21; doi: 10.3390/cli6020021
- [8] Posada E, Valencia G, Robledo D (2016) Towards Sustainable Cities through a Decrease in CO2 Emissions Based on Creating Consciousness on Human Habits and Its Relations to Body CO2 Emissions and Associated Impacts. *Int J Earth Environ Sci* 1: 116. doi: <http://dx.doi.org/10.15344/ijees/2016/116>
- [9] Manousiouthakis, Vailios I. PSE as the Modern Euryphaessa in Guiding Humans past Prometheus’ Paradigm and the Climate Change Tautology - Professor, Chemical and Biomolecular Engineering Department UCLA. Presented at MIT: 2040 Visions of Process Systems Engineering George Stephanopoulos’ Birthday and Retirement Symposium, 2017
- [10] Global Temperature Time Series. Data are included from the GISS Surface Temperature (GISTEMP) analysis and the global component of Climate at a Glance (GCAG)
- [11] Colorados <http://tropical.atmos.colostate.edu/>
- [12] CO2 emissions of all world countries JRC/IEA/PBL 2022 Report
- [13] https://www.jstage.jst.go.jp/article/sesj/26/4/26_374/_pdf Tomizuka, 2013
- [14] Posada, E. Rational energy use and waste minimization goals based on the use of production data. *Dyna* (Medellin, Colombia) 75(154) · March 2008

EN RIESGO LA INVERSIÓN PRIVADA EN INFRAESTRUCTURA

López Agudelo, José Hilario

Geólogo, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia
hilariol41@gmail.com

Resumen: Este trabajo fue presentado por el autor como una ponencia en la Asamblea Ordinaria de la SAI, celebrada el 16 de marzo de 2023. Se hacen diversas consideraciones sobre los riesgos para la inversión privada en la infraestructura nacional, en especial en los sectores energético, vial y minero, ante las declaraciones y disposiciones del Gobierno Nacional,

Palabras clave: Riesgos, Inversión Privada, Gobierno, Hidrocarburos, Transición Energética, Sistemas Viales, Energía, CREG

1. UN AÑO CRÍTICO

Empezamos un año crítico para la inversión privada en la infraestructura nacional, en especial en los sectores energético, vial y minero. Existe gran incertidumbre entre los inversionistas, causada por las declaraciones y disposiciones del Gobierno Nacional que ponen en riesgo la inversión en hidrocarburos, generación eléctrica, minería y vías. La incertidumbre crea el escenario que más afecta las decisiones de los inversionistas, que lo primero que reclaman es estabilidad jurídica.

2. LOS HIDROCARBUROS

Empecemos por los hidrocarburos. Colombia no es un país petrolero, su producción está muy por debajo del 1% del total mundial. Sin embargo, el sector tiene un peso enorme dentro de las finanzas públicas y la economía nacional. La industria petrolera no se limita a la perforación de pozos para extraer crudo o gas. La cadena de hidrocarburos es extensa y compleja; puede dividirse en tres etapas: exploración y producción (*upstream*), transporte (*midstream*) y refinación y comercialización (*downstream*). Cada una de estas etapas crea miles de empleos y genera billones de pesos en utilidades e impuestos.

En 2022 el subsector de hidrocarburos en la etapa *upstream* aportó cerca del 2,2 % del PIB nacional; si se suma toda la cadena el aporte pudo haber superado el 5% del PIB. El impuesto a la renta es el principal aporte de las empresas del subsector de hidrocarburos. Por el año 2022, según la Asociación Colombiana de Petróleo y Gas (ACP) el subsector petrolero tributará cerca de \$58 billones. Las regalías son la contraprestación que hacen las compañías petroleras y mineras al Estado, por explotar un bien propiedad de la Nación. Las regalías en su mayor parte ingresan a los municipios donde se explota el recurso no renovable. Se estima que en el bienio 2023 – 2024 el recaudo por regalías ascenderá a \$31,1 billones.

En el periodo enero-septiembre de 2022 las ventas externas de Colombia de crudo y sus derivados ascendieron a US\$ 43.829 millones FOB. El petróleo y sus derivados conforman el 31,3% de las exportaciones del país y conforman el principal producto de exportación.

Nadie entiende porque el Gobierno Nacional quiere desestimular de un tajo la producción de hidrocarburos. Frenar la exploración petrolera y prohibir el fracking pone en riesgo nuestra soberanía energética, ya que la transición hacia las energías renovables no convencionales es un proceso que toma décadas, y que las reservas probadas de petróleo y gas con que cuenta el país, en el mejor de los casos, sólo alcanzan para 8 años. Según ACP las inversiones en exploración en petróleo y gas durante 2022 totalizaron 3.590 millones de dólares. Para 2023 la inversión privada en este sector caería en un 33%. Esta reducción obviamente se reflejará en la vida de las reservas de hidrocarburos con que cuenta el país.

Algo más, la transición energética en la cual está empeñado el Gobierno Nacional, empeño que apoyamos, requiere ingentes recursos que en su mayor parte deberían provenir del subsector de hidrocarburos.

La buena noticia es que el pasado 16 de marzo los ministerios de Hacienda, Minas y Energía y Comercio expidieron un comunicado anunciando que se continuará con la exploración y explotación de hidrocarburos. Las declaraciones de los gremios y la opinión de los expertos empiezan a producir resultados.

3. CONCESIONES VIALES

Ahora veamos la situación de las concesiones viales. Las concesiones viales en Colombia surgieron a partir de la Constitución de 1991. La Ley 1 de 1991 abrió las puertas para la llegada de la inversión privada a la infraestructura vial. A partir de entonces, las concesiones viales le han permitido al país empezar a superar el rezago que el sector había estado acumulando por décadas.

Las concesiones viales se han estructurado como un proceso conformado por cinco etapas, que se conocen como cinco generaciones. Para abreviar me limitaré a describir las Concesiones de Cuarta Generación (4G). Las 4G, actualmente en ejecución, proyectan la construcción y operación de más de 8.000 kilómetros de carreteras, incluyendo 1.370 km de doble calzada y 160 túneles. Su objetivo principal es mejorar la competitividad del país, disminuyendo los costos y tiempos de transporte de personas, en especial de carga, desde los centros de producción hasta los puertos de exportación e importación. Las 4G, con una inversión estimada en \$47 billones, es uno de los proyectos más ambiciosos en la historia de la infraestructura que se haya concebido en nuestro país.

El Gobierno Nacional con fecha 15 de enero expidió el Decreto 050 de 2023 que ordena no incrementar las tarifas de los peajes a cargo del Invías y los concesionarios. Tal como lo señaló la Cámara Colombiana de Infraestructura (CCI) “...decretar el congelamiento de las tarifas de los peajes de las vías concesionadas, se refleja en un cambio intempestivo en las reglas de juego en un negocio de largo aliento, cuya columna vertebral financiera se soporta

en el recaudo derivado de los peajes como fuente de pago de las inversiones realizadas sobre la infraestructura concesionada”.

En estas circunstancias el Estado se verá obligado a compensar a los concesionarios y entregar, con dineros provenientes del Fondo de Contingencias y recursos presupuestales, el billón de pesos que aproximadamente los inversionistas dejarán de percibir durante el presente año, como consecuencia de las modificaciones tarifarias adoptadas a partir de la expedición del referido decreto. Por otro lado, la medida causa un desequilibrio económico de los contratos de concesión, por cuanto las tarifas reales de cada año serán menores que las previstas en la estructuración de estos, al no ser restablecidas. Pero más grave aún es la situación que se les ha creado a las denominadas Iniciativas Privadas (IP), proyectos estos que se financian exclusivamente con el recaudo de los peajes.

La principal consecuencia para el país, a causa del decreto expedido, es que seremos todos los colombianos, incluyendo aquellos que no transitan por las carreteras concesionadas, quienes terminaremos respondiendo, con nuestros impuestos, por los dineros que se dejen de recaudar. A lo anterior, habría que sumar el hecho de que cambiar las reglas de juego genera un clima de inseguridad jurídica, que redunde en incertidumbre entre aquellos financiadores e inversionistas que en el futuro podrían interesarse por iniciativas de esta naturaleza y otras. Confiamos en que el Gobierno Nacional reconsidere el daño, que con sus declaraciones y disposiciones le está causando a la economía nacional y a la llamada confianza inversionista. Es necesario abrir un amplio debate para analizar el riesgo a que ha sido expuesta la infraestructura vial y a valorar los avances, que el sistema de concesiones en sus 30 años de vida le ha aportado a la construcción de un país mejor comunicado entre sus regiones y con los puertos de exportación e importación.

4. SECTOR ELÉCTRICO.

Ahora veamos la situación del sector eléctrico. El pasado 16 de febrero el Gobierno Nacional expidió el Decreto 0227, mediante el cual el presidente de La República asume, entre otras, las funciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) para regular las tarifas del sector eléctrico. Con este decreto se rompe la institucionalidad del sector eléctrico, que por casi 30 años le ha asegurado al país inversiones, en su mayoría provenientes del sector privado, requeridas por los nuevos proyectos de generación que le han dado seguridad al sistema interconectado nacional.

La estructura institucionalidad del sistema eléctrico nacional y la confianza de los inversionistas se sustenta fundamentalmente en el respeto por el modelo institucional y de mercado que crearon las leyes 142 y 143 de 1994, en especial en la seguridad en las reglas expedidas por una agencia reguladora independiente y técnica, como es la CREG. Una de las grandes críticas de los gremios y expertos ante la decisión del presidente Petro, es que las tarifarias se deben manejar con rigor técnico, fuera de intereses políticos.

El mismo 16 de febrero la CREG convocó una nueva subasta de expansión para la asignación de Obligaciones de Energía Firme (OEF) entre generadores de energía y desarrolladores de proyectos e inversionistas, con el fin de garantizar el abastecimiento futuro de energía

eléctrica a precios eficientes. Nadie entiende como en medio de la gran confusión creada por el atrás referido decreto, se hace esta convocatoria.

Aunque el pasado 2 del corriente mes de marzo, El Consejo de Estado suspendió provisionalmente el decreto 0227 de 2023, la incertidumbre sobre el futuro del sector eléctrico no desaparece, ya que el Gobierno Nacional tiene pleno control sobre las decisiones de la CREG. En efecto, la Comisión está conformada por el ministro de minas y energía, quien la preside; el ministro de hacienda y crédito público; el director del Departamento Nacional de Planeación y ocho comisionados nombrados por el presidente de la República.

El cargo por confiabilidad (CPC) juega un papel clave en los planes de expansión del sector eléctrico nacional, pues busca garantizar el suministro de energía cuando los recursos hídricos del país escasean, como ocurre con el recurrente fenómeno de El Niño. El CPC es la remuneración que se le paga a un agente generador por la disponibilidad de activos de generación con las características y parámetros declarados para el cálculo de la energía firme, que garantice el cumplimiento de la OEF que le fue asignada en una subasta para la asignación de energía firme (energía disponible durante las sequías). Aquí es preciso dejar en claro que la única energía limpia confiable en las sequías es aquella que se genera con embalses y por futuros aprovechamientos de energía geotérmica, abundante recurso en el cinturón volcánico de nuestra Cordillera Central.

En los últimos 15 años, bajo el esquema de CPC, en el país se han incentivado inversiones por US\$17.000 millones en el sector de la energía eléctrica, distribuidos en 30 proyectos que suman una capacidad instalada cercana a los 6.000 MW. Estas inversiones, según la Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (Acolgen), en un 85% de la capacidad instalada provienen del sector privado. Según esta misma Asociación, *“De aquí a 2029 se van a necesitar inversiones privadas entre \$16 y \$21 billones para atender el crecimiento proyectado de la demanda eléctrica”*. Para 2026, de no entrar nuevos proyectos de generación, la energía firme será inferior a la demanda. Esto significa, ni más ni menos, que tendríamos un nuevo apagón.

Según expertos e inversionistas en el sector eléctrico se presenta una contradicción entre el interés del Gobierno Nacional en intervenir las tarifas de la energía y sus planes de transición energética. Miremos sólo el caso de la incertidumbre en que se encuentran los inversionistas en energías renovables no convencionales, la clave del Gobierno Petro para que la economía deje de depender de las exportaciones y del consumo interno de hidrocarburos, la esencia de la transición energética en que está empeñado el Gobierno Nacional.

Durante la V Cumbre de Petróleo, Gas y Energía, celebrada en Bogotá el pasado mes de noviembre, los principales empresarios del sector de energía y minería discutieron los costos de la referida transición energética. En dicho evento, Mauricio Cárdenas, exministro de Hacienda y de Minas y Energía, dijo que, según sus cálculos, *“el costo de la transición energética en Colombia propuesta está entre 8% y 11% del PIB por año”*, lo que representa en plata blanca un total de US\$30.000 millones. Para la financiación de esta monumental inversión durante las próximas dos o tres décadas se requieren, además del valioso concurso de la inversión privada, los recursos generados al fisco nacional por la explotación y exportación de hidrocarburos y minerales, en especial del carbón, tal como lo considera el

proyecto del Plan Nacional de Desarrollo (PND), que actualmente se discute en el Congreso de la República [1]

Con la llegada del nuevo gobierno creció la expectativa en el sector de renovables, pero este interés se ha venido desinflado durante los últimos meses, por varias causas: en primer lugar, la reforma tributaria, en segundo lugar, por el proyecto de ley del PND y en tercer lugar por la pretensión del Gobierno Nacional de intervenir la CREG. El primer golpe vino con la reforma tributaria del 2022, que estableció que la tarifa de tributación para las empresas hidroeléctricas será del 38% hasta el año de 2026, que incluye una sobretasa del 3%. Un segundo golpe viene con el proyecto del PND, que propone que las transferencias monetarias a las comunidades vecinas y municipios por parte de los generadores de energías eólicas y solares (con capacidad instalada de más de 10 megavatios) pasarían del 1 por ciento de los ingresos brutos al 6 por ciento.

Como si esto fuera poco, ahora se nos viene la intención del presidente de la República de intervenir la CREG. Y como para no parar, un tercer escollo han sido las demoras con las consultas previas, el mecanismo por medio del cual las comunidades tienen voz para opinar sobre sus posibles afectaciones frente a proyectos de infraestructura, como la construcción de una hidroeléctrica o una línea de transmisión eléctrica. Las dificultades alrededor de esta figura se ven patentizadas en el caso de los proyectos de energía eólica en La Guajira, en los que se había avanzado hasta completar algunas consultas previas, pero estos avances se han venido desvirtuando en el gobierno actual, tal como lo afirma uno de los empresarios del sector.

Según el experto Santiago Ortega, director de innovación en Emergente, una empresa que desarrolla proyectos de energía solar, los inversionistas que en las subastas de renovables tenían la expectativa de que les iban a pagar la energía a un cierto precio. *“Intervenir la CREG, dice, asusta a los empresarios que podríamos materializar la transición energética y que hemos invertido capital para tener paneles solares en todos los techos”*.

5. UN MENSAJE AL SEÑOR PRESIDENTE:

Antes de seguir adelante con su intención de intervenir la CREG es necesario atender la voz de los expertos y de los empresarios del sector eléctrico. Sin la inversión privada, la seguridad del sistema eléctrico nacional y su programa bandera de transición energética están en grave riesgo. La transición energética es un proceso que requiere acciones coordinadas con la transformación que conlleva para toda la economía nacional. Mayores cargas impositivas, el exceso de democracia en las decisiones de proyectos en el subsector energético y la inestabilidad en la política general, desestimulan la necesaria inversión privada en la infraestructura nacional.

REFERENCIAS

[1] <https://jhilariolopez.medium.com/transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-y-transformaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-9b93e17e4e25>

DRENAJE EN TÚNELES CON ALTA PRESIÓN DE AGUA. MEJORA DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MEMBRANA. IMPERMEABILIZANTES

Poulsen, Fdo. Johnny
CEO de Dolenco Tunnel Systems
jp@tunneldrain.com

Resumen: La construcción de túneles siempre se ha enfrentado al mismo reto a largo plazo: independientemente de la composición del material circundante, habrá agua. El agua penetra en la roca y otros componentes del suelo y, con el tiempo, acaba causando problemas al túnel: Se hacen consideraciones sobre aplicación de la membrana sobre una superficie preparada con un sistema de drenaje, lo cual mejora radicalmente la resistencia y la eficacia de la membrana.

Palabras clave: Túneles, Membranas, Drenaje, Impermeabilización, Montreal

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización en la construcción de túneles ha ganado popularidad en los últimos 20 años. Y aunque este método ofrece una flexibilidad muy deseada para satisfacer las necesidades de la compleja geometría de la construcción moderna de túneles, el reto del agua sigue presente: la membrana debe aplicarse y curarse en condiciones secas para ser eficaz, y las condiciones secas suelen ser poco frecuentes.

La aplicación de la membrana sobre una superficie preparada con un sistema de drenaje mejora radicalmente la resistencia y la eficacia de la membrana, según demuestran las pruebas. Además, la aplicación de una solución de drenaje elimina permanentemente la acumulación de presión de agua, manteniendo el túnel y el revestimiento secos y reduciendo drásticamente no sólo la necesidad de mantenimiento del túnel, sino también el grosor del revestimiento del túnel, reduciendo así el tiempo de construcción y el impacto medioambiental.

2. AFRONTAR EL RETO DEL AGUA

La construcción de túneles siempre se ha enfrentado al mismo reto a largo plazo: independientemente de la composición del material circundante, habrá agua. El agua penetra en la roca y otros componentes del suelo y, con el tiempo, acaba causando problemas al túnel: desde corrosión y estalactitas hasta carámbanos y otros deterioros graves del revestimiento del túnel. El resultado es un costoso y tedioso tiempo de inactividad para el mantenimiento del túnel.

En los últimos 20 años, el uso de membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización (SAWM) se ha convertido en una solución popular para este reto, ya que ofrece una solución

flexible que funciona bien, especialmente en la geometría más compleja de los túneles modernos.

Por desgracia, los problemas de agua persisten, ya que la aplicación de una SAWM requiere que las condiciones de la superficie del revestimiento estén bastante secas. Tras la aplicación, la membrana debe curarse, normalmente durante días, e incluso un bajo índice de entrada de agua a través del sustrato puede comprometer la integridad de la membrana acabada, provocando su fallo y, por tanto, que no cumpla su propósito.

3. TIPOS DE REVESTIMIENTO Y DRENAJE

Existen varios tipos de membrana que ofrecen diversas soluciones para la construcción de túneles. En la actualidad, los materiales SAWM más utilizados son el etilvinilacetato (EVA), el metacrilato de metilo (MMA) y el caucho de estireno-butadieno (SBR). El primero está basado en copolímeros, el segundo en resinas reactivas y el último en polímeros.

Elegir un tipo de membrana que se cura mediante reacciones poliméricas puede ser una forma de afrontar los retos que plantean las superficies húmedas en el proceso de construcción. Sin embargo, las investigaciones demuestran que todos los tipos de membrana funcionan mucho mejor cuando se utilizan con un método drenaje antes de la membrana para garantizar una reducción significativa de la humedad superficial. Dentro de un momento analizaremos una de estas soluciones en particular.

4. LAS PRUEBAS DE MONTREAL – DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Durante la reciente construcción del túnel para los 67 kilómetros del metro ligero REM (Réseau Express Métropolitain) en Montreal, Canadá, se comprobó in situ el efecto real de la humedad en la eficacia de una membrana a base de EVA mediante la realización de 15 pruebas de arranque. La prueba sirvió de comparación con los datos del proveedor, obtenidos en condiciones de laboratorio, y mostró un impacto negativo significativo de la humedad presente durante la aplicación y el curado de la membrana y abordó el elemento clave del costoso consumo de tiempo del proceso.

Montaje del drenaje

2 personas pueden instalar de 12 a 20 m² de malla de drenaje Dolenco por hora. Los módulos se clavan en la superficie de hormigón proyectado (mín. 30 mm) con una pistola de clavos, un módulo cada vez. Empezando por la parte superior y trabajando hacia abajo, los módulos se conectan clavando el extremo superior sobre el extremo inferior del módulo anterior. Después de montar la malla de drenaje, se aplica una capa de hormigón proyectado de 60 a 100 mm, cubriendo completamente el drenaje.

La solución

En la construcción del túnel para la REM en Montreal, la solución llegó en forma de un innovador sistema de malla de drenaje. Esta solución de drenaje en concreto, el Dolenco

Tunnel Systems, se inventó en Dinamarca, y el tramo sur de doble arco del proyecto del túnel de la REM en 2021 fue la primera de varias aplicaciones canadienses de este producto.

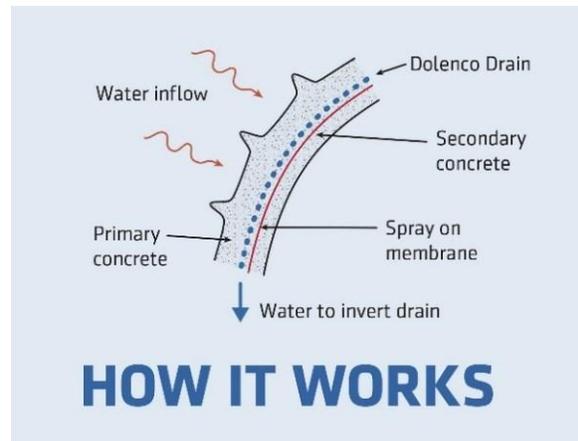


Figura 1. Aplicación de la malla y principios de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

El sistema de drenaje se incorpora permanentemente dentro de la capa reguladora y tiene más de 120 años de esperanza de vida. Se presenta en paneles de 800 x 1200 mm y deja una malla continua de canales de medio tubo de 14 mm en una capa lisa típica de 30-40 mm. La forma de la malla deja al descubierto aproximadamente el 70 % de la superficie de contacto con la

capa consecutiva de hormigón proyectado, por lo que en esencia proporciona un revestimiento monolítico.

La aplicación de una malla drenante deja la capa lisa de hormigón proyectado seca para la membrana impermeabilizante aplicada por proyección, mejorando significativamente la fuerza de adherencia y la integridad y funcionalidad a largo plazo de esta. Puesto que la superficie está seca cuando se aplica la membrana, y puesto que permanece seca durante el proceso de curado, la resistencia media a la adherencia de la membrana muestra valores considerablemente más cercanos a los presentados por el proveedor a partir de sus pruebas de laboratorio.

Además, como la malla de drenaje permanece dentro del revestimiento, el alivio permanente de la presión del agua prolonga aún más la esperanza de vida del propio revestimiento del túnel y mantiene la presión del agua fuera de la membrana.

5. OTRAS APLICACIONES

Esta solución de drenaje se ha aplicado en otros grandes proyectos de construcción de túneles en todo el mundo. Uno de ellos es la prestigiosa Línea 3 totalmente subterránea del Metro de Bombay, con 33,5 km de túnel en construcción. Como medio para recuperar los retrasos en la construcción, la Mumbai Metro Railway Corporation Ltd. decidió en 2019 cambiar al revestimiento del túnel utilizando la malla de drenaje, garantizando al mismo tiempo un funcionamiento estable y una cantidad considerablemente menor de hormigón necesario, lo que reduce significativamente el impacto medioambiental del proyecto de construcción.

El sistema puede utilizarse tanto en proyectos de nueva construcción como en la reparación de estructuras existentes. Un ejemplo de ello es la aplicación del sistema como parte de la rehabilitación del túnel de la autopista Tuscarora Mountain de 1968 en Filadelfia (EE.UU.). Para conseguir una solución sostenible permanente, se retiró la capa exterior de hormigón y se instaló el drenaje, que superó los retos de una importante entrada de agua. El sistema de drenaje cubre toda la superficie de la reparación y finalmente se cubrió con una capa de acabado de hormigón.

Un túnel de carretera de 1937 propuso otro reto. Al discurrir en parte bajo las esclusas del canal, el paso del tiempo había deteriorado la estructura hasta el punto de que el agua se colaba por él. Al igual que en el proyecto de Filadelfia, se aplicó Dolenco Drain y se utilizó junto con una membrana pulverizada para reparar y proteger la estructura histórica.

6. IMPERMEABILIZACIÓN PARA EL FUTURO AHORRANDO TIEMPO, DINERO Y REDUCIENDO EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La eliminación permanente de la presión del agua sobre el revestimiento del túnel no sólo garantiza unas condiciones mucho mejores para la aplicación y el curado de las membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización de EVA, MMA o SBR, sino que alivia la presión del agua de forma permanente, garantizando un tiempo de inactividad del túnel mínimo o nulo. Tanto si se construye un túnel nuevo como si se reparan estructuras existentes, la solución permite una elección segura y permanente.

Pero las ventajas de utilizar un sistema de drenaje en la construcción de túneles van más allá de estas cuestiones relacionadas con el agua y las membranas. Dado que la solución de drenaje ofrece una reducción de la cámara de aire detrás de los segmentos interiores, se puede conseguir una reducción estimada del 15 % de la sección transversal excavada, ofreciendo así reducciones sustanciales del coste de construcción, quitando al menos un 50 % del tiempo de construcción y reduciendo la emisión de CO2 en más de un 30 % a lo largo de la vida útil del túnel.

La utilización de la malla de drenaje en túneles u otras estructuras subterráneas resuelve los problemas inmediatos y a largo plazo de entrada de agua, y permite un enfoque de construcción mucho más respetuoso con el medio ambiente, con una reducción drástica de la huella de carbono, de los costes de mantenimiento y del tiempo de construcción.

REFERENCIAS

Poulsen J. R. (2022), *Solución de drenaje innovadora para reducir la presión de agua en estructuras de hormigón*. Dialnet. Nº. 3634, 2022, págs. 82-89.
<https://www.revistadeobraspublicas.com/articulos/solucion-de-drenaje-innovadora-para-reducir-la-presion-de-agua-en-estructuras-de-hormigon/>

Poulsen J. R. (25 abril 2023). *Impermeabilización de túneles: mejora del efecto de las membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización con un sistema de drenaje incorporado*. Obras Urbanas. <https://www.obrasurbanas.es/obras-urbanas-no-97>

Empresa dedicada a la prestación de servicios de valoración y due diligence (procesos de compra, fusión o adquisiciones de empresas), planeación financiera, contable y mejoramiento de procesos. Enfocados en dichos campos y otras necesidades de las empresas, especialmente en las medianas y las pequeñas.



INCENTIVOS TRIBUTARIOS EN MATERIA AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA DE INSUMOS DE LA CONSTRUCCIÓN, ASOCIADOS A INVERSIONES, CON BENEFICIOS EN APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS Y REDUCCIÓN DE EMISIONES

Bedoya Mesa, Olga Lucía

Ingeniera ambiental, MBA sistemas integrados de gestión,
olgabedoya@ambientalmente.com

Resumen: El crecimiento del sector de la construcción conlleva un incremento directo en la cantidad de residuos de la construcción y demolición (RCD), así como el uso de maquinaria amarilla y transporte de carga que aporta emisiones atmosféricas. En esta relación expondremos dos casos de éxito que obtuvieron incentivos tributarios por temas ambientales.

Palabras clave: Incentivos Tributarios Ambientales, Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), Emisiones Atmosféricas, Fuentes Móviles, Impactos Ambientales, Minería

1. DESARROLLO

La construcción es una de las actividades que tradicionalmente ha impulsado la economía nacional dado que el sector es uno de los llamados a generar empleo y ser un elemento dinamizador de la economía. El crecimiento de este sector, históricamente ha traído consigo tanto un incremento directo en la cantidad de residuos de la construcción y demolición (RCD) generados, como en la cantidad de materiales utilizados en la actividad y asociado a ello el uso de maquinaria amarilla y transporte de carga que aporta emisiones atmosféricas considerables derivadas del uso de los combustibles fósiles.

2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL SECTOR

Residuos de construcción y demolición

En el PGIRS Regional del AMVA 2005-2020 se estimó la generación en 1.35 m³ de RCD/m² construidos, lo cual implicaría un nivel de generación de RCD de 6.380 ton/día para 2014. En este mismo informe se menciona que “en cuanto a generación de RCD en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá durante el año 2016”, corresponde al “valor obtenido de escombreras (18.687 Toneladas /día), sumado a los valores de RCD aprovechado en las plantas de aprovechamiento INDURAL y CONESCO (91,5 toneladas/día)”; lo que muestra la magnitud de la problemática asociada a la gestión de este tipo de residuos. No se cuenta con información confiable respecto a su generación.

Contaminación atmosférica

El último inventario de emisiones del 2015, en colaboración con la Universidad Pontificia Bolivariana y UPB incluye emisiones de fuentes industriales, transporte y fuentes de área.

De acuerdo con estos resultados, la emisión anual de contaminantes en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá es de 1.852 toneladas de PM_{2.5}; 18.989 toneladas de NO_x; 3.494 toneladas de SO₂; 15.287 toneladas de VOC y 148.766 toneladas de CO. El sector transporte es el principal aportante a las emisiones de PM_{2.5}, NO_x y CO mientras que la industria realiza los mayores aportes en SO₂.

3. LAS INVERSIONES

Expondremos dos casos de éxito que obtuvieron incentivos tributarios por temas ambientales asociados a inversiones en el sector de los insumos de la construcción: uno es respecto al aprovechamiento de residuos de la construcción y demolición de la empresa Indural S. A. y el otro de la empresa Industrial Concreto S. A. S, asociado a un Sistema de monitoreo ambiental de emisiones atmosféricas para fuentes móviles (maquinaria amarilla y equipos de carga de material).

La inversión de Indural S. A. se realizó entre el 2021 y 2022 en la planta de Girardota en donde se producen prefabricados de concreto. La inversión consistió en una planta de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición (RCD), la cual está compuesta por un tornillo lavador, un tanque clarificador, un tanque homogeneizador, un filtro prensa, un cargador y una retroexcavadora de oruga, todos los elementos asociados al manejo y aprovechamiento de residuos. El monto de la inversión fue aproximadamente de 2.683 millones de pesos y los beneficios económicos por exclusión de IVA y descuento de renta de alrededor de 497 millones de pesos, lo que significó un alivio en el flujo de caja para la compañía.

Por otra parte, la inversión de Industrial Concreto se realizó en el 2022 y consistió en un sistema de monitoreo ambiental de emisiones atmosféricas, conformado por un sistema de pesaje en fuentes móviles, monitoreo para fuentes móviles y una plataforma de monitoreo y control. El objetivo es obtener y procesar información sobre el estado y la calidad de las emisiones atmosféricas, específicamente de Material Particulado (MP), CO, CO₂, NO_x, SO_x, CH₄ y N₂O. Estas emisiones se generan por el combustible consumido en los equipos móviles por la flota minera (excavadoras, cargadores, buldóceres y camiones articulados) en los procesos de extracción y transporte de agregados pétreos. El monto de la inversión fue aproximadamente de 240 millones de pesos y los beneficios económicos por exclusión de IVA de alrededor de 46 millones de pesos, lo que significó un alivio en el flujo de caja para la compañía.

4. LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

Con la entrada en operación de la Planta de aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Indural, se obtiene un beneficio ambiental estimado en términos del aprovechamiento y mejoramiento de la calidad de 76.800 ton RCD/año, los cuales serán reincorporados a diferentes procesos productivos en el sector de la construcción, lo que permite disminuir el impacto generado sobre las fuentes de recursos minerales y alargar la vida útil de los sitios de disposición final.

De igual manera, se obtiene un beneficio ambiental por un valor de 4.600 ton/año de lodos procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales que dejan de ser enviados a disposición final, lo que aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios y tienen

potencial de aprovechamiento por parte de terceros como fertilizante, material de cobertura para la construcción de rellenos sanitarios y/o material para recuperación de suelos mineros.

En complemento a lo anterior, se obtiene un beneficio ambiental adicional asociado al ahorro en el consumo de agua de hasta 34 m³ /hora, toda vez que los efluentes generados en la planta de tratamiento de aguas residuales serán recirculados al proceso de aprovechamiento de los RCD, lo que evita su vertimiento y permite recuperar de esta forma un 85% de las aguas utilizadas y perdiendo solo el 15% en el producto final.

Por su parte, la inversión de Industrial Concreto, el beneficio ambiental radica en la importancia de la información generada con la operación de los elementos y equipos que conforman el sistema de monitoreo ambiental de emisiones atmosféricas de fuentes móviles. Dicha información es base para el plan de disminución de las emisiones atmosféricas y permitirá reportar a las Autoridades ambientales (AMVA y ANLA), tanto el cumplimiento de las metas ambientales del plan del cambio climático, como de los planes de manejo ambiental establecidas para la operación minera y los informes de cumplimiento ambiental.

La información obtenida permitirá tomar decisiones informadas y reducir la emisión de material particulado, CO, NO_x, SO_x a partir del peso del material lo que garantizará el adecuado cargue de cada camión sin aumentar el consumo de combustible por el aumento del tiempo en el proceso de cargue.

5. LOS INCENTIVOS TRIBUTARIOS

En Colombia, existen varios incentivos tributarios a las inversiones con beneficios ambientales, que pueden ser exclusión de IVA, descuento del 25% de la inversión en el impuesto de renta, deducción del 50% de la inversión en la renta líquida, arancel cero y depreciación acelerada; el tipo de incentivo que se puede solicitar depende del beneficio ambiental que tenga la inversión por ejemplo, las inversiones que disminuyen el consumo de agua, disminuyen la generación de vertimientos o residuos líquidos o mejoran la calidad de los mismos. Este tipo de inversiones pueden acceder a la exclusión de IVA y/o al descuento de renta. En lo particular el incentivo de exclusión de IVA para asuntos de agua lo certifica la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- y en cuanto al descuento de renta puede ser también la ANLA o la Corporación autónoma regional correspondiente, según sea el impacto del beneficio ambiental.

Los artículos del Estatuto Tributario aplicables para los asuntos de residuos y de emisiones atmosféricas son los siguientes:

Exclusión de IVA

- *Artículo 424 numeral 7 consagra una lista de los bienes que no causan el impuesto sobre las ventas. Indica que no hay IVA al venderse o importarse equipos y elementos nacionales o importados que sean destinados para la construcción e instalación de sistemas de control y monitoreo necesarios para cumplir regulaciones y estándares ambientales.*
- *Artículo 428, literales (f) y (i), se refiere a las importaciones asociadas a programas y a convenios internacionales.*

Descuento del 25% de la inversión en el impuesto de renta

- Artículo 255, indica el impuesto de renta y se refiere a los descuentos tributarios que se generan por las inversiones realizadas en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente. En la nueva reforma tributaria trajo algunos asuntos que van a impactar este artículo, pues se dará en limitaciones indirectas a la posibilidad de generar eficiencias tributarias con descuentos tributarios.
- Artículo 258, el cual tuvo un último cambio en la ley 1819 del 2016, está vigente y la reforma tributaria de Ley 2277 de 2022 no se afectó realmente en su concepción o estructura como artículo.

Según la Resolución 2000 de 2017 quien presenta la solicitud pueden ser

- Quien adquiera los equipos o los importe para su uso
- Conjuntamente por la persona que realice la importación o efectúe su venta y por quien los vaya a usar
- Quien ejecute directamente la construcción, instalación, montaje y operación de los sistemas de control o de monitoreo para la persona que destine los equipos para su uso

En la

Figura 4 se detallan algunas de las consideraciones que se establecen en la Resolución 2000 de 2017 respecto a la solicitud que se presenta ante la autoridad ambiental competente

Formato ÚNICO, firmado Si se presenta entre varias personas anexar documento que los vincule	Certificado de existencia y representación legal. No debe exceder los 30 días	Poder En caso de actuar por apoderado	Indicar artículo por el cual se fundamenta la solicitud 424 numeral 7 (Relacionar las normas a las que se dará cumplimiento) 428 literal f (Programa ambiental al que se destinará el equipo y Certificado de Min Comercio)
Equipos nacionales o importados	Finalidad del equipo y descripción	Identificar los equipos especificando: cantidad, marca, modelo, fabricante, vendedor, función	
Catálogos y/o planos	Ubicación	Formato 1	

Figura 4. Consideraciones para estructurar solicitudes de incentivos tributarios ambientales

Fuente: elaboración propia

En la

Figura 5 se puede ver el flujo general del trámite ante las autoridades ambientales

Ahora bien, para analizar si una inversión puede aplicar a los incentivos tributarios, complemento a lo anterior, se deben analizar las siguientes preguntas:

- ¿Tiene concesión vigente y otorgada por la autoridad competente?

- ¿Cuenta con un plan de ahorro y uso eficiente del agua aprobado por la autoridad ambiental competente?
- ¿En qué consiste la inversión?
- ¿Cuál es el monto de la inversión?
- ¿Cuánto se estima de ahorro de agua?
- ¿Cómo se manejarán los vertimientos?
- ¿Se hará con recursos propios o por medio de leasing?
- ¿Las compras son nacionales o importadas?
- ¿Es por mandato de una autoridad ambiental para una Licencia Ambiental?
- ¿Cuál es el monto de la renta líquida de la compañía y el valor del impuesto de renta?

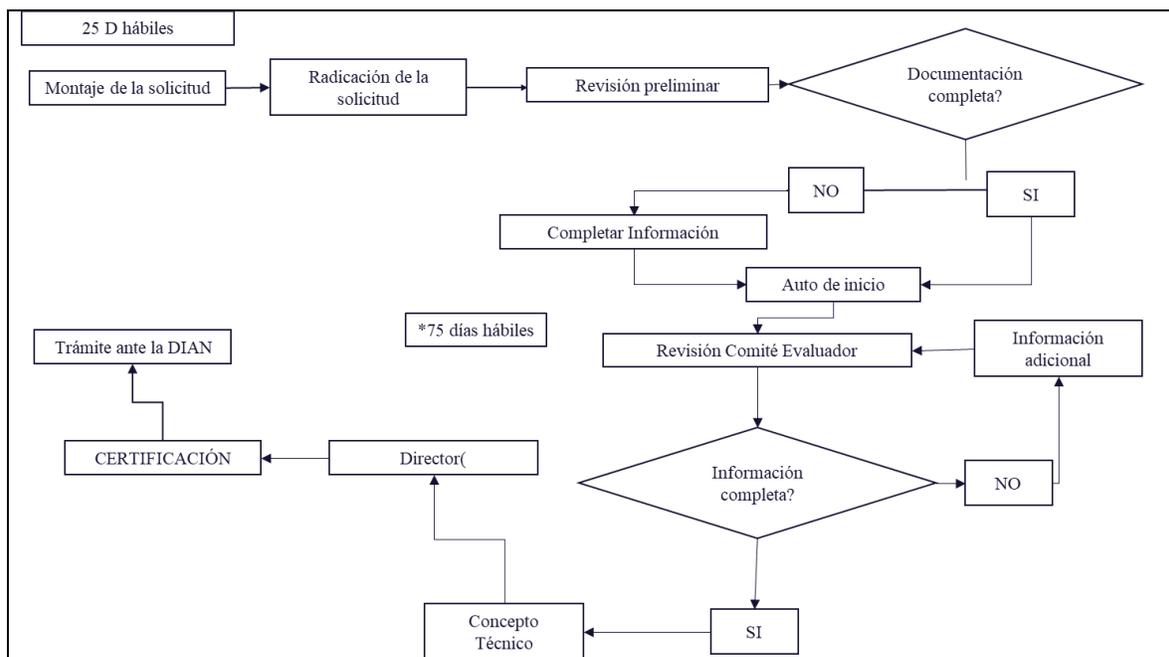


Figura 5. Esquema general del flujo del trámite ante las autoridades ambientales
Fuente: elaboración propia

REFERENCIAS

Recuperado el 03 de 2017, de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2006-2020). PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/>

CORANTIOQUIA. (2022). CORANTIOQUIA. Obtenido de <https://www.corantioquia.gov.co/se-otorga-licencia-ambiental-para-el-nuevo-vaso-del-relleno-sanitario-la-pradera/>

EMVARIAS. (09 de Sep. de 2022). EMVARIAS. Obtenido de <https://www.emvarias.com.co/servicios/home/servicio-publico-de-aseo/relleno-sanitario-la-pradera>

Forero, C. F. (2000). Colombia Patente n° 06-6956.

Girardota, M. d. (noviembre de 2020). Municipio de Girardota. Obtenido de <https://girardota.gov.co/Documents/DISE%C3%91O%20CARTILLA%20GIRARDOTA.pdf>

Giraseo. (1 de marzo de 2021). Giraseo. Obtenido de <https://giraseo.com/wp-content/uploads/2021/07/PPSA-GIRARDOTA-2021.pdf>

Interaseo SAS ESP. (Marzo de 2020). Interaseo. Obtenido de <https://www.interaseo.com.co/wp-content/uploads/>

Medellín, M. d. (30 de junio de 2020). Alcaldía de Medellín. Obtenido de [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Programas/Shared%20Content/Documentos/2021/Seguimiento_PGIRS_CAPITULO%202020-2021%20\(1\).pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Programas/Shared%20Content/Documentos/2021/Seguimiento_PGIRS_CAPITULO%202020-2021%20(1).pdf)

Mera, A. (11 de diciembre de 2012). El País. Recuperado el 25 de marzo de 2017, de <http://www.elpais.com.co/colombia/en-santander-de-quilichao-se-produce-carbon-ecologico.html>

Municipio de Bello. (2019). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/519607544/03-PGIRS-Municipio-de-Bello-2019>

Municipio de Copacabana. (2020). PGIRS COPACABANA

Municipio de Envigado. (2020). PGIRS Envigado revisión 2020-2023

Municipio de Itagüí (2020) Actualización PGIRS Itagüí-

Municipio de La Estrella. (2019). Actualización PGIRS La estrella

Municipio de Sabaneta. (2020). PGIRS Sabaneta

Polystar. (s.f.). Cutter compactor recycling machine. Obtenido de Cutter compactor recycling machine: http://www.polystarco.com/en/products_i_F01_Cutter_integrated_Recycling_Machine.html

RAMÍREZ, J. Q. (14 de enero de 2021). El colombiano.

<https://www.elcolombiano.com/antioquia/extienden-vida-util-del-relleno-la-pradera-GG14474570>

TOBÓN, S. O. (6 abril de 2022). El colombiano.

<https://www.elcolombiano.com/antioquia/relleno-la-pradera-en-donmatias-antioquia-tendra-un-nuevo-vaso-JO17192568>

Tuirán, S. C. (febrero de 2016). Minambiente. Recuperado el mayo de 22 de 2017, de http://www.minambiente.gov.co/images/DNP_Sirly_Castro_-_Directora_de_Desarrollo_Urbano.pdf

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. (2015). *Estimación de emisiones atmosféricas de fuentes móviles en el valle de Aburrá usando el modelo leap*. Medellín: ESCUELA DE INGENIERÍAS.



#SomosSAI

Te invitamos a ser parte de nuestra organización que construye ciudad, región y país

¡Somos una comunidad que trabaja en equipo para seguir construyendo la sociedad y el futuro que queremos!

Somos más de
1.400
Socios

Que creemos en el progreso de la sociedad desde la aplicación de la ciencia.

POLEKA KASUÉ, UNA INICIATIVA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD EIA EN LA ALTA MONTAÑA DE COLOMBIA PARA EL MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Gutiérrez-Lagoueyte, María Elena¹; Ángel-Sanint, Enrique²

¹Ingeniera Ambiental, MSc, Universidad EIA

²Ingeniero Civil, MSc, Universidad EIA

maria.gutierrez48@eia.edu.co

Resumen: en este documento se describe la estrategia de investigación (Poleka Kasué) desarrollada por la Universidad EIA alrededor de los ecosistemas de alta montaña en Colombia, el contexto que da origen al observatorio, sus líneas de trabajo, algunas evidencias de cambio climático y finalmente, recomendaciones de gestión y manejo.

Palabras clave: cambio climático, alta montaña, Parque Nacional Natural Los Nevados, monitoreo, gestión

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de alta montaña, es decir, aquellos por encima de la denominada línea superior de bosque, han sido objeto de interés mundial por las condiciones únicas de sus atributos físicos y biológicos. Por su posición geográfica en lo más alto de las montañas, son excelentes indicadores naturales de los impactos ecológicos del cambio climático global (Pauli & Halloy, 2019). La evidencia ha mostrado que la alta montaña se ha calentado a tasas más aceleradas que las zonas bajas, y, por lo tanto, representan laboratorios naturales como una ventana hacia el futuro para anticipar los efectos del cambio climático (IPCC, 2022). En los Andes Tropicales, la alta montaña es uno de los ecosistemas denominados como *hotspot* por sus condiciones de endemismo, diversidad y amenaza (Castaño, 2002).

Como parte de los esfuerzos de investigación y monitoreo en la alta montaña en Colombia, entre el 2005 y el 2007 se desarrolló el primer Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático - INAP, que se ejecutó en el Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados (IDEAM & UNALMED, 2007). En ese entonces, la Universidad EIA, a través de un grupo de profesores y estudiantes de Ingeniería Ambiental y Civil, inició con las primeras actividades de investigación en la zona. Desde ese momento, y a través de proyectos de investigación, consultoría, tesis de posgrado y pregrado, y ejercicios académicos, el grupo ha trabajado de forma ininterrumpida en el análisis y monitoreo en el PNN Los Nevados y sus áreas de influencia.

Dicha iniciativa se denominó Poleka Kasué en el año 2014, cuando se formalizó su participación como un observatorio de montaña tropical (el único en Colombia), dentro de la Red Global de Observatorios de Montaña, GNOMO, por sus siglas en Inglés (Ruiz, 2016). Poleka Kasué hace referencia al nombre indígena del Nevado de Santa Isabel en lengua

Quimbaya (antiguos habitantes de la zona), que significa “princesa de las nieves” o “doncella de la montaña“(Ceballos-Liévano et al., 2020).

2. CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

De acuerdo con lo presentado recientemente por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el sexto informe (AR6), es claro que el planeta ha ido incrementando su temperatura media a lo largo del siglo XX y las décadas corridas de este siglo, lo que ha tenido un amplio impacto sobre gran cantidad de fenómenos y variables climáticas, hidrológicas, biológicas y sociales (IPCC, 2022).

A nivel nacional, Colombia ha presentado tres Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), específicamente en el 2001, 2010 y la última en el 2017. Estos informes periódicos recogen información sobre el diagnóstico de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del país y la vulnerabilidad por sectores, y se proponen estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. De acuerdo con la última comunicación (CM3), Colombia emite solo el 0,47% de las emisiones de GEI a nivel mundial, pero es un país vulnerable a los efectos que se derivan del cambio climático. Específicamente, los tres informes nacionales han señalado a la alta montaña como uno de los ecosistemas más vulnerables por el derretimiento de los glaciares y el posible retroceso de los páramos (IDEAM, 2017).

3. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de Poleka Kasué es realizar un monitoreo continuo y con el mayor alcance posible en el tiempo, para determinar los cambios que gradualmente se puedan generar en los ecosistemas de alta montaña y su asociación con el cambio en condiciones climáticas. Para ello, se ha trabajado desde la documentación de los procesos y dinámicas que caracterizan el ecosistema, el desarrollo de modelos y proyecciones bajo escenarios de cambio climático, y el análisis de la información histórica recopilada. El observatorio se ha enfocado en el reconocimiento de las dinámicas físicas, bióticas y de territorio y su monitoreo en el tiempo, alrededor del eje central que es el cambio climático, tomando como sitio de análisis los Andes tropicales en Colombia, como se presenta a continuación:

Dimensión física: incluye clima, atmósfera, y balance hidrológico. El clima, como base física de los procesos y dinámicas del ecosistema, ha sido analizado en términos de variabilidad y cambio climático, incluyendo análisis retrospectivos (históricos) y prospectivos (proyectados). Para ello se ha trabajado con información de estaciones climáticas, y se ha instrumentado la cuenca con sensores de temperatura y humedad relativa en un gradiente ubicado entre los 1600 y 4600 msnm. El balance hidrológico se ha estudiado en diferentes escalas espaciales, a nivel de cuenca hidrográfica (especialmente distribuidos) y a nivel de comunidades de vegetación (análisis detallados de ecohidrología que integran la interacción entre clima, plantas y suelos).

Dimensión biótica: considera vegetación y ecosistemas. Para ello se ha generado una línea base de diversidad florística (taxonómica y funcional) y el análisis de la agrupación de especies en comunidades de vegetación. Así mismo, se ha trabajado en la comprensión de las dinámicas poblacionales y factores asociados al crecimiento y mortalidad de *Espeletia hartwegiana*, especie emblemática del páramo.

Dimensión social: se ha enfocado en el impacto antrópico y la gestión del territorio. Para ello se han analizado las coberturas y usos del territorio (agrícola, forestal, ganadera), así como los análisis de conectividad entre las áreas con cobertura natural. Se ha trabajado también en mapeos y valoración de servicios ecosistémicos, y una metodología para la selección óptima de áreas de conservación en regiones montañosas.

Como producto del trabajo de monitoreo, a la fecha se cuenta con 28 sensores HOBO (temperatura y humedad relativa) con registros históricos horarios y continuos con duraciones entre los 4 y 13 años; alrededor de 80 parcelas de vegetación de bosque andino y páramo; un registro florístico con cerca de 400 especies en zona de bosque andino y 160 especies en páramo; y más de 7000 fotografías de seguimiento de ecosistemas, glaciares y lagunas, entre otros.

4. INDICIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

La primera y más evidente señal de afectación en la alta montaña es la reducción en los glaciares tropicales andinos, que se consideran especialmente sensibles al cambio reciente en condiciones climáticas. El IDEAM ha venido realizando el monitoreo de glaciares en Colombia y en su informe del 2019 indicó una marcada disminución en el área del Nevado Santa Isabel, pasando desde los 6,4 km² en 1980 hasta 0,52 km² en el 2019, lo que corresponde a una reducción del 91.9% de su área (Ceballos-Liévano et al., 2020). Esto también ha podido ser evidenciado durante las campañas de campo (Figura 6).

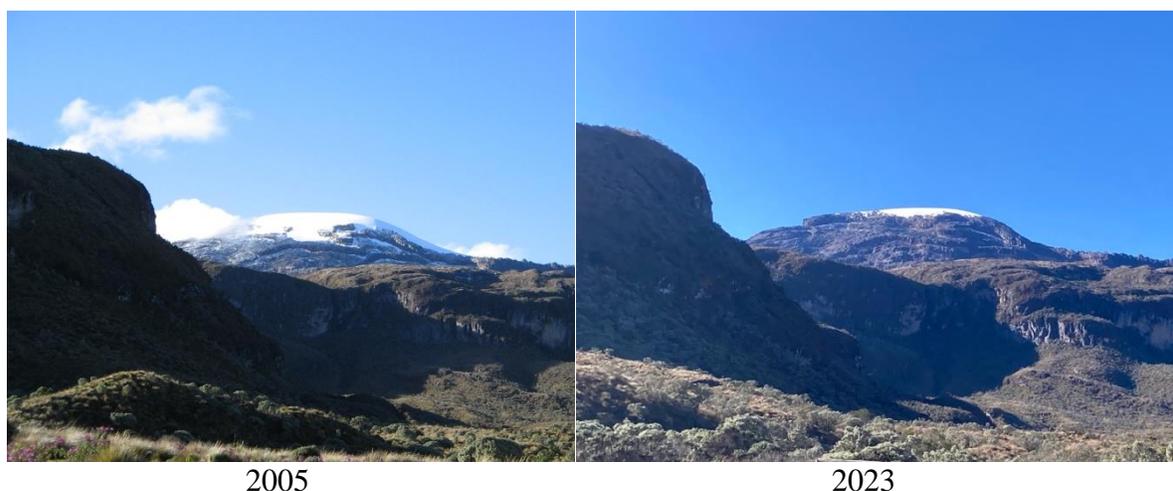


Figura 6. Nevado Santa Isabel visto desde el Centro de Visitantes El Cisne (4050 m). Fotografías: María Elena Gutiérrez

Las observaciones históricas del observatorio también revelan algunas condiciones de cambio gradual en el ecosistema. La vegetación ha mostrado algunos cambios sucesionales hacia las zonas más altas de roca y arena, por parte de especies que han mostrado una mayor capacidad de colonización como la leguminosa *Lupinus alopecuroides*. Otros estudios en la zona también han mostrado el desarrollo de nuevas comunidades en áreas de retroceso glaciar (Anthelme et al., 2022). Por otra parte, se han podido documentar varios fenómenos relacionados con el crecimiento, la supervivencia y la salud del frailejón (*Espeletia hartwegiana*). Una población a 4000 msnm ha presentado patologías relacionadas con la presencia de hongos e insectos herbívoros en las hojas y, en algunos casos, los individuos incluso han muerto. Esta patología puede estar relacionada con cambios en la temperatura que hacen más vulnerable al frailejón al facilitarles las condiciones de vida a los organismos que lo parasitan. Igualmente, un seguimiento realizado a lo largo de varios años a una población de frailejones en su límite inferior de crecimiento (cerca de 3800 msnm), ha mostrado cómo la población ha declinado lentamente en número y los nuevos brotes no alcanzan a remplazar los individuos adultos que mueren.

Otro cambio observado ha sido en los espejos de agua de las lagunas de páramo. Si bien estos cambian con las estaciones secas o lluviosas, han mostrado una tendencia a la reducción de sus áreas y algunas lagunas se han secado de forma permanente. Finalmente, se ha presenciado de cerca incendios en el páramo de origen antrópico, y la respuesta de las especies de plantas, que tienen claras diferencias en su capacidad de recuperación o resiliencia. Las condiciones más cálidas y más secas en algunas épocas del año hacen más vulnerable al páramo, pues favorecen la dispersión de incendios.

5. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN Y MANEJO

El trabajo realizado por Poleka Kasué responde a las necesidades del país y global respecto a la generación de conocimiento para la adaptación y mitigación del cambio climático. Por ejemplo, la información generada en Poleka Kasué viene siendo utilizada en la Estrategia de Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia (EMA) desarrollada por el IDEAM y el IAvH con el apoyo de CONDESAN (CONDESAN, 2021). Esta propuesta seleccionó la cuenca del río Claro como el sitio piloto para su desarrollo, pues es una de las cuencas de montaña mejor instrumentadas en el país gracias al trabajo de diferentes actores, entre ellos, la Universidad EIA.

Por otra parte, la investigación y monitoreo de variables en la alta montaña a través de Poleka Kasué están alineadas con la política nacional de cambio climático en Colombia, cuya finalidad es “incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático” (MADS, 2017, p.15).

Específicamente, la política define cinco líneas estratégicas de acción, siendo una de ellas el manejo y conservación de ecosistemas y sus servicios (MADS, 2017). Se refleja allí la importancia de áreas estratégicas como los páramos, por su oferta de bienes y servicios ambientales, entre los que resalta la oferta hídrica. Para ello se enfatiza en la necesidad de

evitar la degradación y pérdida de ecosistemas, especialmente aquellos en mayor riesgo por las dinámicas de uso del suelo; así mismo, las estrategias de restauración de ecosistemas prioritarios, para aumentar la resiliencia, capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático y mitigación de los GEI. Esta gestión, como lo menciona la política de cambio climático, debe partir del conocimiento de las economías locales que generan los mencionados cambios en el uso del suelo y alteración de los ecosistemas naturales.

La implementación de las cinco estrategias se apoya en cuatro líneas instrumentales, siendo dos de ellas “información, ciencia, tecnología e investigación”, y “educación, formación y sensibilización a públicos” (MADS, 2017). Las Universidades tienen una gran capacidad para aportar en las mismas, y es por ello que se espera que con el conocimiento desarrollado en Poleka Kasué se avance en el entendimiento de dichos ecosistemas y la planeación de su adecuada gestión en el futuro. Por otra parte, que dicho conocimiento se continúe replicando desde el ámbito formativo, a través de cursos de pregrado, investigación formativa con estudiantes de pregrado y posgrado y semilleros de investigación; y desde la divulgación social del conocimiento con las comunidades aledañas y visitantes del área objeto de estudio.

En la cuenca del río Claro (Caldas), donde se enfoca buena parte del trabajo de Poleka Kasué, se ha evidenciado la necesidad de continuar con las medidas ya existentes para la adecuada conservación de la zona, de alto interés turístico. Por ejemplo, una medida que contribuye a limitar los impactos de los turistas visitantes a la zona es el respeto a los límites impuestos en términos de capacidad de carga, cuantificados en número máximo de personas al día en los senderos turísticos. Esto, unido a la obligación de que estos visitantes estén acompañados de guías bien entrenados y muy conscientes de su labor, mantiene acotados los impactos sobre las franjas aledañas a los senderos y básicamente impide cualquier impacto a una distancia considerable de los mismos.

Otra medida complementaria sería la ampliación de la zona de conservación o de amortiguación fuera de los límites del PNN que históricamente han sido deforestadas para su uso principalmente en ganadería lechera. Para ello, se ha planteado un método desarrollado recientemente por el grupo, que podría facilitar la designación de nuevas áreas para la conservación. Este método busca asignar óptimamente los recursos financieros disponibles para la conservación de tal manera que se logre el mejor balance posible entre el valor ecológico de cada hectárea nueva a ser conservada y su cercanía a otras áreas ya destinadas a la conservación.

De esta forma, se concluye sobre la relevancia de esfuerzos de monitoreo e investigación en el mediano y largo plazo, así como el establecimiento de otros sitios en paralelo a los ya monitoreados (como el Río Claro, Caldas), que aporten información relevante para la gestión de los territorios, sus recursos naturales y los riesgos que se avecinan bajo el cambio climático global. La Academia juega sin duda un papel fundamental en estos procesos y complementa de manera importante los demás esfuerzos que se desarrollan a nivel de país y posteriormente en la integración con las redes de trabajo a nivel internacional.

REFERENCIAS

- Anthelme, F., Carrasquer, I., Ceballos, J. L., & Peyre, G. (2022). Novel plant communities after glacial retreat in Colombia: (many) losses and (few) gains. *Alpine Botany*.
<https://doi.org/10.1007/s00035-022-00282-1>
- Castaño, C. (Ed.). (2002). *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot & global climatic tensor*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Ceballos-Liévano, J. L., Ospina-Niño, J. A., & Rojas-Heredia, F. (2020). *Informe del estado de los glaciares colombianos 2019*.
- CONDESAN. (2021). *Avances en el Programa Piloto de la Estrategia de Monitoreo Integrado de Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia (EMA)*.
- IDEAM. (2017). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.
- IDEAM, & UNALMED. (2007). *Desarrollo de una estrategia de modelación que permita simular la dinámica de los ciclos del agua y el carbono en ecosistemas de alta montaña en Colombia antes cambios en el régimen climático*.
- IPCC. (2022). *Climate change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Sixth Assessment Report*.
- MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2017). *Política nacional de adaptación al cambio climático*. www.minambiente.gov.co
- Pauli, H., & Halloy, S. (2019). High Mountain Ecosystems under climate change. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.
- Ruiz, D. (2016). Poleka Kasue Mountain Observatory, Los Nevados Natural Park, Colombia. *Mountain Views/ Mountain Meridian*, 10(2), 17–20. www.fs.fed.us/psw/cirmount/

LA ECONOMÍA HUMANA, VISTA COMO UN CAPÍTULO DE LA ECONOMÍA NATURAL, DESDE UNA MIRADA SOCIOECONÓMICA Y CIENTÍFICA

Saldarriaga Santa María, Peter Mario¹; Gómez Vélez, Luis Javier²; Hoyos Chica, Francisco³

¹Ingeniero. Administrador, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

²Sociólogo

³Ingeniero civil (FCR Fundación Creando Realidades)
mariosaldarriagas@gmail.com

Resumen: Desde una mirada histórica, se presenta un nuevo paradigma socioeconómico, con la idea de desarrollar una nueva forma de ver y comprender la realidad histórica y socioeconómica en su conjunto y de relacionamiento con esta, para contribuir positivamente a la solución de los múltiples obstáculos que impiden que la humanidad actual, como tal, logre un nivel aceptable de desarrollo integral en lo material y en lo ético.

Palabras clave: Economía, Humanismo, Sociedad, Contrato Social, Historia, Medio Natural, Ingeniería, Energía, Alternativas, Discusiones

1. PREÁMBULO

Nuestro propósito, desde una mirada histórica, es presentar un nuevo paradigma socioeconómico, siguiendo la invitación que en tal sentido propone Amitai Etzioni [1], quien nos invita a desarrollar una nueva forma de ver y comprender la realidad histórica y socioeconómica en su conjunto y de relacionamiento con esta, para contribuir positivamente a la solución de los múltiples obstáculos que impiden que la humanidad actual, como tal, logre un nivel aceptable de desarrollo integral en lo material y en lo ético.

Abordamos este estudio, desde una visión transdisciplinaria [2]: desde nuestro macro y micro cosmos, externo e interno a nuestro ser. Lo aprendido a partir de la experiencia humana [3], desde la niñez, en la casa, en el colegio, en la universidad, la formación profesional, las propias búsquedas, lo vivido, experimentado e interpretado en nuestra relación con la realidad - mundo, a pesar de las limitaciones del lenguaje como medios de comunicación, para hacerlo comprensible con fidelidad.

2. LA ECONOMÍA HUMANA

La Economía Humana, desde el neolítico, hasta, aproximadamente 1780, cuando tiene lugar la primera “revolución industrial” [4] de la historia humana, dependía casi en un cien por ciento de la economía rural, basada en la agricultura y el comercio. En la medida en que se impone la Revolución Industrial, urbana y mecanizada, surge un nuevo concepto de la economía, el liberalismo económico [6], frente al viejo régimen. Y si bien esta nueva idea de la economía, desarrollada por Adam Smith, “un ferviente defensor de las leyes de la naturaleza, del orden natural, a la vez que, cuestionaba las imperfecciones de las instituciones humanas [6]. Y en tal sentido para él la conducta humana obedece de manera natural a ciertas

motivaciones, tales como el egoísmo, la conmiseración, etc.”, y recurre al modelo de las ciencias naturales para explicar el funcionamiento de la economía, lo cierto es que esta – la economía – pierde, desde entonces, en la práctica, el sentido de su entorno natural, asume que es autónoma y, se comporta, incluso, autoritariamente y con despotismo frente a ese entorno.

El ser humano se considera hoy autosuficiente e independiente, frente a las condiciones que le impone su medio natural, considera legítima su supremacía personal e individual en el contexto social, incluso, pretende poseer la capacidad y el derecho a luchar por la dominación de ese entorno.

De allí que la crisis de la Economía Humana, como veremos más adelante, puede atribuírsele, entre otras razones, a una concepción errónea de los propios derechos y de las propias y ajenas competencias, a un egoísmo exacerbado, a la insolidaridad y falta de compasión entre los hombres, al afán de supremacía del fuerte sobre el débil; actitudes que se oponen diametralmente, por ejemplo, a la regla de oro de las relaciones humanas presente en todas la culturas y, en particular al Mandamiento del Amor, en la sociedad occidental, en cuyos valores se fundamentan la verdadera solidaridad y la fraternidad humanas, el reconocimiento y el respeto por el otro, la consideración del derecho ajeno, el compromiso con la verdad, la libertad y la Justicia, y otras actitudes que permiten la constitución de un orden social verdaderamente democrático que se guíe por valores mínimos compartidos que garanticen un equilibrio entre la libertad y el orden.

3. EL CONTRATO SOCIAL POR CONSENTIMIENTO – LAS POSTURAS REVOLUCIONARIAS, EL TRANSHUMANISMO, EL POST HUMANISMO, LA POSVERDAD Y LA POSMODERNIDAD

Francisco de Suárez, S. J., en su obra, “En defensa de la Fe” publicada en 1641, afirmaba, aproximadamente 150 años antes de la Revolución Francesa, que “el Hombre nace libre, y, si se asocia, lo hace con su consentimiento, mediante un contrato” [7]. Las posturas “revolucionarias” del mundo actual, en pos, aparentemente de “un nuevo contrato social”, desconocen el criterio anterior, igual que ciertas tendencias ideológicas que pretenden dominar el pensamiento científico, tales como transhumanismo y el post humanismo, al tratar de intervenir en lo natural y humano, para modificarlo y convertirlo en post-humano, en donde se afirma llegado el tiempo de rechazo a la solidaridad y fraternidad humanas, como fundamentos y mecanismos de integración social. De la misma manera, la “posverdad”, amenaza el principio de certidumbre, en tanto que exige que, a la mentira, y a cualquier ocurrencia ideológica, se les otorgue el mismo crédito que a la certeza. La “posmodernidad”, a su vez, afirma superada la etapa de la Ilustración, un mundo que dio origen al pensamiento racional y científico moderno, dando paso a un mundo completamente ideologizado y caprichoso, en el que las percepciones y las concepciones subjetivas no son discutibles, ya que se les da el carácter de axiomas y cuasi dogmas a través de imposiciones autoritarias, cuyo propósito es “hackear” la libertades democráticas (convenidas) y la mente humana, valiéndose de los desarrollos tecnológicos, como la Inteligencia Artificial y las redes sociales, para direccionar el desarrollo evolutivo de la Humanidad y de la Biosfera, y ponerlos al servicio de ciertos intereses minoritarios.

Lo anterior ha posibilitado que la Economía Humana actual, independientemente de las formas de gobierno, - economía - a la que le hemos dado el nombre de Economía Capitalista-este viciada no solo por esos fenómenos sino también por la codicia, la instrumentalización de la violencia para el control del orden social, y de guerra preventiva; por la actividad incontrolada del crimen y la corrupción general, que terminan por limitar el ejercicio de los derechos y las libertades individuales y colectivas, en pro del mayor poder político local y global de las élites dominantes, que asumen posturas despóticas hacia los miembros más vulnerables del orden social, y actitudes autoritarias. Esto hace que los conflictos sociales estallen por los motivos más nimios y absurdos; y de esta forma nuestro planeta se ha convertido en el campo de batalla donde no solo los individuos sino también los dueños de las economías más poderosas del Mundo, se enfrentan, olvidándose del Bien Común, persiguiendo su propia supremacía.

Por ello, la Sociedad Humana, hoy, se hunde, con su Economía, en la más profunda crisis de todos los tiempos. A los sistemas democráticos se les limitan sus opciones, y los conflictos sin solución que aquejan a la sociedad y la gobernabilidad local y global, ponen en grave riesgo nuestra supervivencia. En particular, llama la atención el que la mayor industria de la tierra sea hoy en día, a criterio del controvertido escritor Daniel Estulin, el negocio de los estupefacientes [8] y las actividades ilegales a las que este da lugar. Esto no solo es un absurdo para una sociedad humana que se precia de ser moral y éticamente superior – la occidental-, sino una verdadera amenaza para nuestra salud física y mental, para la vida y la supervivencia de nuestra especie. El profesor Carl Trocki, en su libro: “Opium, 0 and Global Political Economy” – “Opio, imperio y economía política global”, un estudio del comercio asiático de opio [9], reconoce que históricamente “se puede unir el comercio organizado de drogas con el desarrollo del Capitalismo”. El origen del Monopolio capitalista, según el autor, está íntimamente ligado al tráfico de drogas. Y la degradación social se da en todos los órdenes, como si los seres humanos de nuestro tiempo hubiéramos perdido la consciencia acerca de los valores que sirvieron de fundamento al desarrollo de la cultura occidental, que le brindaron relativa solidez por mucho tiempo.

4. UNA MIRADA HISTÓRICA AL SURGIMIENTO DE LA ECONOMÍA MODERNA

El origen de la moneda, el sistema internacional económico, la banca y las clases sociales en la Edad Media

Desde que la Economía, como disciplina humana, anidó en Europa, en la época del Renacimiento de la multimillonaria “Nobleza Negra de Venecia” - constituida por descendientes de los sacerdotes de los templos de Mesopotamia y Egipto-, extendió sus instituciones, entre ellas, la moneda, el sistema de intercambio económico y las instituciones bancarias, entre otras. Pocos cambios significativos han sufrido las bases de este sistema económico, que no sea por la introducción de algunas prácticas nuevas, como la introducción de matemáticas diferentes a la Aritmética, como la Estadística, el Cálculo Diferencial e Integral, la digitalización de las transacciones, entre otras.

Antes del Renacimiento, la práctica económica europea era algo completamente primitivo. Era una economía principalmente de trueque. En los puertos y en las aldeas, surgió una

creciente actividad artesanal, con el incremento de la demanda de implementos para la vida, como muebles, vestidos, artículos de uso casero, espadas, luego mosquetes, cañones, instrumentos musicales, etc., todos productos artesanales, actividad que se incrementó con las novedades que el comercio introducía por medio de la navegación por el Mediterráneo, principalmente desde el Oriente Medio, más culto, luego que cesaron las luchas entre las cruzadas y los ejércitos de las monarquías del Islam. Así, fue surgiendo, entre la nobleza y la servidumbre, una nueva clase social de artesanos, independiente, cada vez más poderosa y autosuficiente: la clase burguesa, (de burgo, de ciudad), de donde surgieron los talleres de los constructores, pintores y los escultores más famosos del Renacimiento, de donde sale la “clase media” de la sociedad industrial de hoy.

La Nobleza Negra de Venecia extendió sus instituciones y sus actividades comerciales a Amberes, en Holanda y a Londres en Gran Bretaña. Es de considerar que, los fondos y las finanzas del Imperio Español fueron llevados a Amberes para su manejo por el Rey Carlos I de España (Carlos V del Imperio Romano-germánico) para ser manejados idóneamente, por expertos, (de los que, aparentemente, carecía en cantidad suficiente el Reino Español).

La Sociedad Europea, ya más avanzada, en resumen, contaba con tres clases sociales principales:

1) Una clase noble que administraba todo y se beneficiaba de todo, privilegiada, origen del modelo de la sociedad feudal, originado en la práctica del derecho reconocido, entonces, acerca de las llamadas “Guerras de Conquista”. Esta clase social monopolizaba no sólo la vida política sino la educación superior, impartida desde las primeras instituciones universitarias de la Historia, fundadas por el Imperio Romano-germánico en los siglos XI y XII de nuestra Era, La de Bolonia en Italia, la de Heidelberg en Alemania, la Sorbona, en Francia y la de Oxford, en Gran Bretaña, que le dieron forma práctica al espíritu nacional de las naciones-estado de hoy.

Inicialmente, la conversión de las tribus bárbaras conllevaba a algunos compromisos de carácter burocrático, político, de confianza, por lo cual no pocos jefes tribales llegaban a cumplir funciones de responsabilidad en combinación con los funcionarios romanos, pero también con la jerarquía de la Iglesia. Con el tiempo, surgieron movimientos heréticos francos dentro de la sociedad conversa, y a veces, la ignorancia (Carlo Magno, Rey de los Francos, quien fue coronado por el Papa de Roma primer emperador del Imperio Romano-germánico, en el año 800 de Nuestra Era, era analfabeta) y sus posturas radicales, conducían a diversas interpretaciones doctrinales poco ortodoxas. Es posible que estas circunstancias condujeran, aún dentro de la Comunidad Cristiana Europea a concebir instituciones siniestras, como la Inquisición, de dolorosa recordación.

2) Una clase servil, formada principalmente de campesinos y miembro de las antiguas sociedades conquistadas. Se encargaban de labrar los campos y producir las cosechas de alimentos, la cría de animales, etc. Y

3) Una clase burguesa, intermedia, independiente, la cual, con la primera, la nobleza, determinarían el origen y serían actores principales de los distintos eventos culturales y conflictos de la historia europea, desde finales del siglo XVII hasta nuestros días.

El Cisma protestante, la caída del Imperio Español, el surgimiento del Imperio Británico - La ética protestante y el surgimiento del espíritu capitalista

A partir de finales del siglo XVI, cuando el Papa Pio IV fracasó en su intento de conciliar el Cisma Protestante con la corriente clásica del pensamiento cristiano, en el Concilio de Trento, Carlos I de España y V del Imperio Romano-germánico, abdicó y se recluyó en un monasterio. El Imperio Español quedó liquidado. El poder del Imperio Español y de la Iglesia, decayó sustancialmente, a la vez que el Imperio Británico asumía el papel de líder de la cultura Occidental.

Para entender las consecuencias de esos sucesos, creo, vale la pena considerar dos personajes de la historia de Occidente cuyas obras nos permiten entender mejor, el dilema moral de fondo que el Cisma Protestante le planteó a la cultura cristiana de entonces, en relación con la ética del trabajo y la voluntad divina imperante hasta entonces:

- *Agustín de Hipona*, romano, nacido unos trescientos años después de Cristo, escribió una obra titulada “*La ciudad de Dios contra paganos*”, y en ella se preguntaba: ¿Por cuál de esas dos ciudades trabajamos los hombres? ¿*Por la Ciudad del Hombre*, que implica una visión superficial e inmediatista de la Realidad? ¿O, por *la Ciudad de Dios*, que implica una visión profunda, espiritual e íntima de ella?
- *Juan Calvino*, Teólogo. Inició el movimiento protestante en épocas posteriores al Renacimiento, y alimentó con sus tesis teológicas el conflicto entre protestantes y católicos, conflicto, en cuyo desarrollo se desataron cruentas guerras en toda Europa. El planteaba la idea de que, “cualquiera que fuera la intención de quien trabajaba y se enriquecía, su éxito era consecuencia directa de la voluntad divina”. Esa postura, obviaba la visión ética del trabajo. Hasta entonces, la usura estaba condenada por la Ley Canónica. Sus seguidores hicieron caso omiso de ello entonces, y aun transgrediendo la Ley, la usura se extendió por doquier.

La formación de la Nobleza, le permitía a la misma tener una visión diferente, mucho más profunda de La Cultura y más inclinada al tema espiritual que a los asuntos mundanos; y según conviniera, “moverse entre ambas concepciones filosófico - teológicas”. La formación del artesano burgués, era más “técnica”, más práctica. Esa diferencia determinaba las diferencias en las actitudes típicas, de cada una de esas clases sociales, en relación con este conflicto. Así, la clase burguesa se inclinaba a “trabajar” para sí misma: por la “Ciudad del Hombre”.

A comienzos del Siglo XX, Max Weber, un sociólogo, economista y político alemán, escribirá el ensayo *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, texto fundacional en sociología económica y una contribución histórica al pensamiento sociológico en general.

“En el libro, Weber escribió que el capitalismo en Europa del Norte evolucionó cuando la ética Protestante (particularmente Calvinista) influyó en un gran número de personas para que se dedicaran al trabajo en el mundo secular, desarrollando empresas y participando en el comercio y la acumulación de riqueza para la inversión. En otras palabras, la Ética

protestante del trabajo fue una fuerza importante detrás del surgimiento no planificado y descoordinado del capitalismo moderno.” [10]

Las revoluciones burguesas, el desarrollo de la economía capitalista y la crisis de la modernidad

Las tres revoluciones burguesas, la social (1776) en EE. UU., la Política (1792) en Francia y la Industrial (consolidada en 1830) en Gran Bretaña, contribuyen a resolver el conflicto entre el modo de producción capitalista en desarrollo y el antiguo régimen económico y político feudal o semi feudal, permitiendo la consolidación del papel histórico de la burguesía, que consiste en eliminar los obstáculos que impiden el desarrollo capitalista. La clase burguesa asume por lo tanto el liderazgo de la cultura en Occidente, y se impone una visión pragmática y relativamente superficial de la cultura. De tal forma que el desarrollo de la Cultura Occidental a través de los siglos siguientes, el siglo XIX, el siglo XX y principios del siglo XXI, en los cuales se da un desarrollo económico sin precedentes, y concentraciones inéditas de capital en unos pocos, se consolida el olvido, en la práctica, de los valores cristianos más profundos que dieron origen a la cultura occidental, durante siglos, dando lugar a una crisis civilizatoria, definida como un modelo de producción y consumo insostenible, que amenaza la vida del planeta; crisis terminal del patrón civilizatorio de la modernidad occidental capitalista en todos los ámbitos. Razón por la cual, en los últimos años, empieza a tomar de nuevo relevancia la necesidad de volver a reflexionar sobre los valores que hemos asumido y dejado de lado – especialmente los cristianos - en todos los ámbitos, especialmente en lo relacionado con los temas económicos, políticos, sociales, culturales y ambientales.

5. EL MEDIO NATURAL

Volvamos de nuevo al medio natural [11], para referirnos a algo que ya no es tan familiar para el Hombre Urbano típico actual. Esta afirmación tiene importantes excepciones, particularmente en quienes se han formado en la academia en áreas como la comercialización de alimentos y medicamentos, la Medicina, la Zootecnia, la Agronomía, la Silvicultura (Ingeniería Forestal), La Geología, la Climatología, la Oceanografía, la Arquitectura, las ingenierías, que se mueven en instituciones públicas o privadas, en institutos o programas de investigación y desarrollo, que asesoran, entre otros, a emprendimientos públicos o privados y cuya labor ayuda, determinadamente, a aclimatar las actividades humanas, en lo posible, al Medio Natural. Pero el grueso de la población humana, en cualquier nación del mundo actual, salvo la que depende del trabajo campesino, ignora fundamentalmente el significado del término: Medio Natural. Y menos entiende, cuánto depende la Población humana total, de él. La consecuencia, es la pérdida de ingentes áreas de bosque, de ecosistemas completos, para establecer diferentes formas de producción industrial agrícolas o mineras, el desarrollo de centros urbanos, dando lugar a la desertificación de regiones enteras, al calentamiento del clima, a la transferencia de agua de los casquetes polares a la atmosfera terrestre con recrudescimiento de los eventos meteorológicos, a la pérdida de innumerables especies de fauna, de flora y de otras formas de vida, etc.

Si algo caracteriza a nuestro planeta Tierra – *Gaia* [12]-, como la denominó Lovelock en 1969, es su constante movimiento y evolución, de donde surge la abigarrada vida que en él bulle por todas partes, a partir de la química del carbono, y las condiciones cosmológicas y atmosféricas que la hacen posible, así no sepamos con exactitud, por qué existe algo, en vez de nada, y donde, como y cuando surgió la vida. El medio natural reta, pone sus condiciones ambientales. Pero *la fuerza impulsora, organizadora de la materia en átomos, moléculas, células, tejidos, órganos y creadora de nuevas especies y formas de vida viene de dentro.* [13]

En la Industria Animal, en la Agricultura, p. e., el técnico asume los retos que ello significa. Busca los Fenotipos, una mezcla genética para que una especie, criada artificialmente, tenga más opciones de responder eficientemente a las condiciones de un cierto medio ambiente difícil; habla de Genotipo, cuando se refiere a cada una de las líneas genéticas propuestas, en el plan de mejorar la opción de adaptación de la especie en mención, a cierto medio ambiente. *¡La Naturaleza, y los técnicos en Agricultura y en Ciencia Animal, son obedientes a esa Ley! ¿Por qué nosotros, como Especie, en su conjunto, y con referencia a nuestra propia supervivencia, no actuamos así? ¡Nuestra diversidad racial es una de nuestras mayores riquezas adaptativas! ¡Nos adaptarnos a todos los climas de la Tierra, y nos aprovechamos de las fuentes de energía provenientes de todo su territorio!*

Colosales eventos naturales la han afectado, como el meteoro que cayó en Yucatán, que cambió las formas de vida en toda la faz de la Tierra, mas no ha sido el primero ni será el último evento natural amenazador. *¿Acaso nuestro suicidio colectivo en una posible guerra nuclear, será el precio que tendrá que pagar la Vida Humana, por trasgredir, así sea inconscientemente, las normas de la Vida que debió cuidar, si quería desarrollarse?*

Isaac Asimov, en su célebre obra “Fotosíntesis”, nos explica cómo la vida vegetal es nutrida por los rayos solares, que no sólo mueven su savia por sus vasos capilares con los materiales que sube del suelo, sino que nutren sus células, sintetizando allí los compuestos orgánicos que ellas necesitan. Cuando las plantas cumplen su ciclo, mueren y sus residuos pasan al suelo y se descomponen para servir de “pasto” a la abigarrada flora y fauna que reside en el suelo, haciéndolo suelo fértil y acogedor para que la vida que hay allí florezca otra vez y de otra manera.

Sin la vida vegetal sería imposible la vida animal...pero también la vida humana. Y todos esos procesos serían imposibles si nuestro mundo careciera de agua y de la química del carbono.

Las poblaciones vivas se ubican sobre la superficie planetaria, según su latitud y longitud, según la altitud, sobre sus accidentes orográficos, si es en la superficie terrestre, si es en los ríos o los lagos, según la profundidad, si es en el océano, etc., todo influye en la naturaleza de la vida que medra en cada ecosistema, p. e., en la forma como se combinan las especies y la manera como se comportan, como interactúan, como se sustentan, como se defienden, dentro de sus ecosistemas que permanecen en perfecto equilibrio [14].

Las condiciones atmosféricas, la actividad interna del planeta, su núcleo ferroso, sus accidentes geográficos, sus placas tectónicas que se mueven, sus volcanes, las estaciones,

que difieren según la latitud, el clima, según la altitud, los vientos, las lluvias, la nieve, etc., pueden cambiar las condiciones de la vida, y pueden provocar el movimiento de todo el sistema, de todo el organismo, hacia un equilibrio diferente, y probablemente, provocar la extinción de las especies más comprometidas con esos eventos naturales si carecen de la posibilidad de superarlos. Todo eso es de singular importancia: desde el mundo de partículas subatómicas que componen los átomos, hasta los compuestos químicos y bioquímicos, el mundo de seres vivos unicelulares, de seres vivos multicelulares con sus órganos, en una espiral ascendente dentro de la que surge la vida inteligente con la aparición del hombre, complejidad que culmina en el ser humano inteligente, de acuerdo al principio antrópico [15]. Pero que al mismo tiempo nos muestra cómo se ramifican infinitamente en nuestro planeta las diferentes formas estructurales de organización de la Vida hacia un desarrollo futuro, p. e., hacia nuevas especies, como queriendo hacer reales todas sus opciones de realización existentes. Un proceso de “condensación” energética, si así puede llamarse, que para muchos es espontáneo... pero que tal vez podría no serlo.

6. LA VISIÓN DE LA ECONOMÍA Y DEL TRABAJO DESDE LA INGENIERÍA Y SU RELACIÓN CON EL USO DE LA ENERGÍA

En 1968, se reunió en Weningen, Holanda, un congreso de Ergonomía, el cual, entre otras cosas, buscaba extender por el mundo un nuevo enfoque del Trabajo Industrial, salido de la academia alemana, en este caso de la Universidad de Leipzig, allá en los años treinta. Su fundamento está relacionado con el concepto del costo energético del trabajo industrial. Su promoción le correspondió, en este caso, en Colombia, al Ingeniero industrial de origen catalán, profesor emérito de la Universidad Nacional de Colombia, cuya última cátedra la dictó en la Escuela de Minas de Medellín a finales del siglo pasado y a principios de éste: El Dr. Jorge Forcadas Filiu.

Su aplicación tenía, entonces, tres propósitos, a) El diseño de los puestos de trabajo, b) El diseño de procedimientos industriales y c) La cuantificación, en términos energéticos, del costo de la mano de obra invertida en dichos procedimientos.

Desde finales del siglo XX, a nivel global, la técnica de diseño de los puestos de trabajo fue aplicada en el diseño de máquinas industriales, obviamente, que definen los “puestos de trabajo” de sus operadores, igual que en vehículos automotores de todas las especies, haciéndolos más cómodos y facilitando su manejo, con un éxito económico indiscutible. El diseño de los métodos operativos y su aplicación en el trabajo industrial ha sido más lento y más difícil

En los métodos de medida del Trabajo desarrollados desde principios del siglo XX por el Ingeniero Industrial Federico Taylor, éste intentaba medir el tiempo de trabajo utilizado por el operario industrial en su jornada de trabajo. Se valorizaba y así se pagaba. Si se aplica la Ergonomía, se mide la energía que el trabajador invierte en su puesto de trabajo, ya determinada la operación y el análisis de movimientos, de cargas, de condiciones ambientales, etc. Se revisa el diseño del oficio para economizar movimientos innecesarios del cuerpo, movimiento de cargas excesivas, etc. Se rediseña el puesto de trabajo, distancias de movimiento, dimensiones de cargas, temperatura, ventilación, etc. Y se mide el desgaste acaecido durante la jornada mediante técnicas apropiadas de observación, de laboratorio.

En Colombia ya tenemos Asociación Colombiana de Ergonomía y un plantel de ingenieros especialistas, cercano al millar. Ahora, la propuesta para la Academia, es, que rescatemos el tema de la Ergonomía de la microeconomía, y desarrollemos con ella una visión nueva de la Economía, en general. Como abre bocas, partimos de los siguientes planteamientos:

- a) Albert Einstein, vinculado al programa nuclear que culminó con la primera explosión nuclear de la historia en Los Álamos E.E, U.U., desarrolló una ecuación experimental para determinar la relación entre la masa de un material desintegrable o fisionable del uranio 235 y la energía que puede obtenerse. Esa relación es: $E = C^2.M$ Donde: E es Energía, C es la velocidad de la luz y M es la masa fisionable del uranio. Es obvio que ese proceso tiene un rendimiento. No toda la energía existente está disponible.
- b) Leo Szilard, húngaro, físico también, quien acompañó a Einstein en el proyecto de los Álamos, afirmaba, en un trabajo presentado en la Universidad de Berlín, Alemania, en 1924, para aplicar a un empleo como ayudante de un famoso físico de la época: “Los dispositivos inteligentes” son los instrumentos que permiten disponer de un método determinado para obtener de la Naturaleza la neguentropía requerida para nuestros menesteres. Neguentropía es la energía disponible en la fuente. Entropía es la parte de la energía de la fuente que no está disponible, con el tipo de “dispositivo inteligente” utilizado.
- c) El ingeniero Francisco Hoyos Chica, en nombre de la Fundación antioqueña FCR (Fundación Creando Realidades), estableció la hipótesis de una ecuación conceptual, -experimental, para representar la relación de cualquier organismo con la fuente de sus requerimientos energéticos en la Naturaleza. Esa ecuación es la siguiente: $E = K^\alpha \cdot C^n \cdot M^\Omega$
Donde; K^α es el Vector Directriz Emergente (VDE), asociado con una variable adimensional (neguentropía/entropía) que representa el nivel del conocimiento directriz, basado en la operación de la información disponible, y que proviene de la Experiencia requerida para lograr un determinado grado de neguentropía. Entendida ésta como un orden consciente, donde α toma valores entre 0 y ∞ .

Ese orden consciente representa la complejidad y directriz del conocimiento y de la experiencia, logrados desde el individuo de una sociedad simple y primitiva, que toma la energía de un trozo de madera seca, hasta el de una sociedad compleja que ha aprendido a tomar la energía de otras fuentes muy sofisticadas. La experimentación científica aporta conocimiento para perfilar completamente los procedimientos y también datos experimentales que forman la “punta de lanza” en los esfuerzos por ampliar constantemente ese orden consciente, donde:

C^n representa la celeridad del proceso de transformación de energía.

M^Ω representa la masa característica del organismo involucrado en la transformación de esa energía.

E representa la energía efectiva del organismo conectado con la fuente natural.

Los aportes y reflexiones anteriores en relación con la evolución de la economía humana, en la que evidenciamos la pérdida de la visión ética del trabajo; las reflexiones en torno al medio

natural en la que evidenciamos que “el grueso de la población humana, en cualquier nación del mundo actual, salvo la que depende del trabajo campesino, ignora fundamentalmente el significado del término: Medio Natural. Y menos entiende, cuánto depende la Población humana total, de él”. Y el análisis de la Economía, en general, a partir de la visión de la ingeniería y su relación con el uso de la energía sobre bases científicas y físicas, nos obligan a pensar que es necesario buscar un nuevo punto de partida, de una nueva visión económica, en la que se corrija esa miopía ética, los desequilibrios sociales y ambientales del modelo capitalista depredador incorporando las disciplinas ingenieriles al momento de proponer modelos económico y de manejo institucional de los recursos, aplicados p. e. al desarrollo de proyectos, estudios preliminares, diseño, desarrollo y manejo de estos, sistemas de regulación institucional, cálculos estructurales de los modelos; de cargas, de rendimientos, planificación integral del trabajo y tecnologías requeridas, para su incorporación a los sistemas productivos ya establecidos, etc.

En primer lugar, el modelo de la Economía Humana imperante, debería ser entendido como una respuesta colectiva de la Humanidad a los retos de su supervivencia. La respuesta de los pueblos más primitivos es obviamente diferente de la de los pueblos más desarrollados. La de los primeros, aporta soluciones muy simples, p. e., las herramientas básicas, como agujas, anzuelos, cuchillos y hachas (de hueso, de piedra, luego de bronce, de hierro), etc. Igual que instituciones simples; Familia, grupo tribal, etc. En otras palabras, son “dispositivos inteligentes” simples, sencillos, básicos. Viven de la Caza, la Pesca, la recolección de frutos silvestres, la agricultura y la cría de animales. La respuesta de los pueblos desarrollados es compleja: Estructura social heterogénea, infraestructura social compleja (Pueblos, ciudades, barrios, sistemas viales, industrias, comercio, servicios públicos, etc., exigencias complejas de comunicaciones, instituciones públicas y privadas). En este caso, la infraestructura y las instituciones, representan una red muy compleja de “dispositivos inteligentes”, todos los cuales deben funcionar, al máximo de su eficiencia. “Dispositivos inteligentes” encargados del aprovechamiento y distribución de la energía disponible en el conjunto, de la neguentropía disponible, de la manera más eficaz posible.

Esto, supone, la posibilidad de una solución práctica para la socialización; para la existencia, en el fondo, de una base humana mínima solidaria. La inexistencia de esa base, como ocurre en ambientes sociales violentos y anárquicos, donde no hay confianza, se aleja la posibilidad de la experiencia solidaria para la solución de los problemas y de los retos.

La falta de coherencia actual en estos campos, necesaria para que unos sectores económicos, sociales y políticos con sus establecimientos industriales, comerciales, educativos, de gobierno; con unas infraestructuras de vías, servicios de salud, seguridad, con otros medios de comunicación existente, según sus necesidades, para que hagan posible el disfrute máximo de las instituciones sociales (familias, comunidades barriales, urbanas, campesinas, regionales, etc.), para que puedan vivir, comunicarse eficazmente, interactuar eficientemente y transferir su energía a otros, según sus necesidades, plantea un real y fundamental problema de Ingeniería, que pide y requiere solución, y un acuerdo mínimo, entre las partes en su relación directa e indirecta, un mínimo de planificación, un mínimo de coordinación en la acción entre sus componentes. Esta incoherencia reduce la eficiencia en el rendimiento del conjunto, traduciéndose esto, en la reducción de la neguentropía disponible. Cuando esa incoherencia se incrementa al extremo, cuando los conflictos sociales o políticos, entre otros,

conducen al extremo del colapso, toda la inversión en energía realizada se puede perder por completo en su valor práctico de uso. ¡Su razón de ser! Su valor real, como si esa energía hubiese sido vertida por una alcantarilla.

Desde este punto de vista todas las instituciones de orden económico, productivo y de distribución de energía, y el bagaje técnico y científico que han nutrido, incluso, la consciencia de sus gestores en su afán creativo, debe considerarse patrimonio común, ya que ha requerido una inversión considerable de energía de parte de la Comunidad humana. Pero en las luchas políticas pueden perder su operatividad, su valor práctico, su valor real, como lo evidencian “Las revoluciones”, las actividades subversivas, la corrupción, la intimidación constante del crimen, de las extorsiones, del secuestro, la Guerra y la violencia indiscriminadas, que superan, constantemente, las medidas de control institucional, de la Justicia, que saquean los bienes de las comunidades, que bloquean el desarrollo de los programas educativos, de mantenimiento y desarrollo de infraestructura, de los sistemas de Salud, de producción y distribución, que fomentan el desorden general y la indisciplina, se convierten en una fuente segura, de ruina, de pobreza, de miseria, que se suman al lastre de la indiferencia general, de la indigencia, del efecto terrible de las drogas (desde el alcohol hasta la heroína), de la miseria general.

Hoy, el desarrollo de la visión de una Economía Humana incorporada a las realidades naturales y cósmicas de nuestro Planeta, a la economía de sus energías, que nos abra los ojos acerca de la dependencia de la vida humana de las fuentes naturales de energía, es necesaria, ¡es urgente! para entender la dependencia de nuestra especie del entorno natural.

Allí, en ese entorno natural, contemplamos incontables fenómenos que nos invitan, que nos urgen a descubrir y entender sus efectos benéficos. sobre nosotros, como experiencias cotidianas conscientes, en especial, dos muy importantes: Una, los efectos benéficos, en nosotros, de un “dispositivo inteligente” incomparable, esta vez cósmico, nuestro Sol, que completa al “dispositivo inteligente” que es nuestro hogar, La Tierra o Gaia, ambos actuando conjunta y complementariamente, en nuestro favor, dándonos calor y energía para una vida plena. Y el otro, a redescubrir, entender, y abrazar los valores que le dieron solidez y dinamismo a nuestra Cultura por casi mil quinientos años, entre ellos, a practicar el amor al prójimo, a plenitud, como experiencia de convivencia.

7. COROLARIO

Frente al proceso evolutivo natural, integrador de la Vida, incluida la vida humana, asunto del cual no muchos humanos tenemos consciencia plena; frente a una historia de miles de millones de años de certezas con innumerables lecciones de vida, pero también de fracasos, de muerte; frente a un porvenir inmediato que nos estarían ofreciendo infinitas opciones de desarrollo de acuerdo con nuestra visión incompleta de la Realidad, y aún dado el desarrollo de nuestro pensamiento científico, pareciera como si nos estuviéramos enfrentando a un futuro realmente incierto. Y esa incertidumbre, no forma, pero debería formar parte de nuestra consciencia común de la Realidad. Y es en estos momentos de incertidumbre colectiva, cuando deberíamos percatarnos de la importancia de volver a los orígenes de nuestra cultura occidental, aquel instante en la historia del Tiempo, en el que un acontecimiento singular e inmerecido que nos fue regalado, debería ser retomado para

iluminar la cadena de improbabilidades que de acuerdo a la ciencia han hecho posible la vida sobre la tierra, incluido su sentido trascendente.

Por nuestro actuar como seres humanos, inconscientes, como hemos visto que somos, y además engreídos, insolentes, autoritarios e irresponsables, se encuentra profundamente amenazada la construcción, el desarrollo global de ese proceso creativo “natural” vital, del que hemos venido hablando, y del cual ni siquiera somos autores. La vida humana desordenada, empieza ya, hoy, a afectar en profundidad, no sólo a la génesis, al orden natural del “árbol maravilloso”, de aquel “philum teilherdiano” que marca la ruta que ha de recorrer la Evolución de las especies, conduciendo a Gaia entera, no sólo a la Humanidad, tal vez, hacia la mayor incertidumbre, hacia el mayor desastre que pudiéramos esperar, acerca del futuro de la Obra Creada. Algo semejante podríamos decir de nuestro cinismo, al idear y poner en marcha, sin suficiente reflexión, sin criterios serios de manejo y de manera absurda y apresurada, el plan suicida e irresponsable de desarrollo de la mal llamada Inteligencia Artificial, equiparando ésta a la inteligencia humana.

Pasemos a otro punto, que refuerza lo anterior y que también hemos dejado de lado: nuestro mundo laico moderno se vuelve escéptico frente al conocido papel que desempeñó Jesús en el mundo de su época: El papel de Mesías que le asigna su Cultura desde antiguo, como profeta, su calidad de hijo de Dios, su mensaje, su Iglesia –su escuela-, que emulaba, si no superaba (aún a la vista de muchos escépticos), la tarea didáctica de otros maestros de la antigüedad como Buda, Confucio, Laotsé o los grandes maestros de la cultura griega, como Platón, Sócrates, Aristóteles y muchos otros, en un mundo que no tenía todavía sus instituciones académicas.

Consideramos legítimo, además, así sea que apenas lo toquemos, el estudio de sus proposiciones, muy particularmente de su plan de Redención, como una opción de acción verdaderamente valiosa, sin que tenga que ser considerada, necesariamente, como un proyecto de carácter místico, religioso o ascético y podríamos asumir seriamente, además, los dones del Espíritu Santo, con testimonios serios reconocidos de sus discípulos y seguidores, como el Don de Ciencias, que, bien aprovechado, podría servir para darle un vuelco total a la situación calamitosa de nuestros aciagos tiempos.

8. CONCLUSIONES

Esas experiencias que han sido bien documentadas por autores de espíritu visionario, recto y honesto, nos conducen al reconocimiento de una compleja realidad más allá de nuestras realidades físicas inmediatas, aún, técnicas y científicas, que apenas son abordadas, que no sólo son amplias sino inmensamente profundas, y que nos dan testimonio de un Orden superior, sin cuya Voluntad no se cae la hoja de un árbol, ni explota una supernova.

La observación del Cosmos nos muestra, no sólo la magnificencia de nuestro entorno cósmico, como los planetas del sistema solar, fenómenos dinámicos como los agujeros negros, igual que sistemas solares, galaxias enteras pletóricas de energía, que se mueven en diferentes direcciones, en una orgía de actividad, que nos hacen sentir infinitamente pequeños e insignificantes frente a ellos... no sólo eso, también percibimos allí la insignificancia de nuestra consciencia de la Realidad, respecto de nosotros mismos, de lo que somos, de lo que

podemos llegar a significar en el Universo.... Pero también nos muestra el valor de la ayuda que requerimos los humanos para recuperar la iniciativa en medio de ese mundo natural colosal, en el rescate de reales opciones de bienestar.

¡No hay razón valedera para las actitudes irracionales que ostentamos: nuestro orgullo, nuestra pedantería, nuestra soberbia, nuestra insolencia! ¿Dónde está, nuestro verdadero talento, nuestra capacidad de autocrítica? ¡Los que, se supone, nos debieron permitir desarrollar una cultura universal real, eficaz, en los miles de años de observación y experiencia de que hemos disfrutado! ¡La consecuencia de no querer cambiar nuestra perspectiva podría ser, sencilla y llanamente, nuestra propia perdición!, mientras las grandes potencias pretenden construir su seguridad en su inventario de ojivas nucleares y ¡El resto del Universo seguirá igual! Y las ingentes disponibilidades energéticas de la Humanidad requeridas para impulsar su desarrollo efectivo, ¡Ya!, ¡Hoy!, podrían ser dolorosamente dilapidadas o se quedarían sin uso. ¡DESPERTEMOS!

REFERENCIAS Y NOTAS

[1] Quién es Amitai Etzioni y cuál es su pensamiento. Resumen. Encontrado en https://es.wikipedia.org/wiki/Amitai_Etzioni.

[2] Max-Neef, Manfred A., Fundamentos de la transdisciplinariedad. Universidad Austral de Chile, agosto, 2004 consultado en <http://ecosad.org/phocadownloadpap/otropublicaciones/max-neef-fundamentos-transdisciplinaridad.pdf>

[3] Entendemos la experiencia humana, tal como la define Zygmund Bauman en su libro ¿Para qué sirve realmente...? Un sociólogo, pág. 23 y 24, en donde aclara que la experiencia tiene dos componentes. De un lado, es “aquello que me ocurre”, que hace relación a los hechos objetivos de las relaciones interpersonales y que de alguna manera puede ser observado por un tercero y registrado, en tanto que la otra cara de la experiencia hace relación a “aquello que experimento en el curso de ese encuentro”: “el producto conjunto de mi percepción de lo que sucede, y mi esfuerzo por absorberlo y hacerlo inteligible.

[4] La revolución industrial. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3n_Industrial.

[5] El liberalismo económico. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Liberalismo_econ%C3%B3mico

[6] El naturalismo. Consultado en [https://es.wikipedia.org/wiki/Naturalismo_\(filosof%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Naturalismo_(filosof%C3%ADa))

[7] Indalecio Liévano Aguirre. “Los Grandes Conflictos Sociales y Económicos de nuestra Historia”. Ed, Nueva Prensa Vol. II. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/241031.pdf>

[8] Estulin, Daniel (2011). El Imperio Invisible. Ed. Planeta Pág. 137

[9] Ídem, Pág. 138. / Carl A. Trocki es un historiador estadounidense especializado en la historia del sudeste asiático y China. Anteriormente fue profesor de Estudios Asiáticos en la Universidad Tecnológica de Queensland y director del Centro de Estudios Comunitarios e Interculturales. Es miembro de la Academia Australiana de Humanidades.

[10] La ética protestante y el espíritu del capitalismo. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/La_%C3%A9tica_protestante_y_el_esp%C3%ADritu_del_capitalismo

En 1998, la Asociación Internacional de Sociología enumeró este trabajo como el cuarto libro sociológico más importante del siglo XX, después de Economía y Sociedad de Weber, Mills La imaginación sociológica, y Teoría social y estructura social de Merton. Es el octavo libro más citado en ciencias sociales publicado antes de 1950.

[11] “comprende todos los seres vivientes y no vivientes que existen de forma natural en la Tierra. En el sentido más purista, es un ambiente o entorno que no es el resultado de la actividad o la intervención humana. El ambiente natural puede ser contrapuesto al “ambiente construido” o "ambiente artificial". Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Medio_natural

[12] <https://www.youtube.com/watch?v=ISUYHFWJjmQ> El origen de la VIDA y el HOMBRE por Manuel Carreira – Video. Y, <https://theconversation.com/la-evolucion-nos-dice-que-es-probable-que-seamos-la-unica-vida-inteligente-del-universo-125643> La evolución nos dice que es probable que seamos la única vida inteligente del universo.

[13] Trabajos de Federico von Humboldt y José Celestino Mutis en La Expedición Botánica en el siglo XVIII.

[14] “El mundo es como es por la necesidad de permitir la existencia de seres que puedan preguntarse por qué es así”. Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/Principio_antr%C3%B3pico#Sesgo_antr%C3%B3pico_y_razonamiento_antr%C3%B3pico

UNA ÚLTIMA LECCIÓN A LOS GRADUADOS EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Paz Parra, Jorge Ignacio

Ingeniero civil, Coordinador de la Comisión de Ética, SAI
jorgeignaciopaz@gmail.com

Resumen: Se hacen unas consideraciones desprendidas de mi experiencia de haber compartido con graduados de la Facultad de Minas sus visiones sobre lo que es el trabajo profesional. Dicha entidad me concedió el honor de pronunciar la Última Lección en una de las graduaciones de posgrados en ingeniería, como egresado que era de esa gloriosa institución que tanto ha contribuido al desarrollo de Antioquia y de Colombia. Pienso que, en forma corta, podría destacar el aporte que recibí en mi paso académico por estas aulas, que influyó tan positivamente en mi ámbito personal y empresarial, poniendo de presente el centenario lema de la Facultad de Minas “TRABAJO Y RECTITUD”

Palabras clave: Graduación, Profesiones, Ingeniería, Arquitectura, Lecciones, Ética, Trabajo, Rectitud, Compromiso

“La mayor gloria que puede alcanzar un ser humano es aprender a dominarse por la convicción de que lo único que le puede servir es lo que lo conduzca al bien y la verdad”

1. ANTECEDENTES

Cuando por invitación de la decanatura de la Facultad de Minas se me concedió el honor de pronunciar la Última Lección en una de las graduaciones de posgrados en ingeniería, como egresado que soy de esa gloriosa institución que tanto ha contribuido al desarrollo de Antioquia y de Colombia, me puse a pensar como en forma corta podría expresarles como el aporte que la academia en estas aulas influyó tan positivamente en mi ámbito personal y empresarial y la respuesta me fue fácil, pues el centenario lema de la Facultad de Minas muy claramente lo expresa “TRABAJO Y RECTITUD”.

Con la experiencia en el trabajo como técnico me encontré ante la necesidad de alcanzar un conocimiento más adecuado para la interacción y el manejo del talento humano y la Facultad de Minas me complementó con la posibilidad de adelantar los cursos en Ingeniería Administrativa. Pero hay algo más que me brindó la facultad, que para mí ha sido un tesoro en el ejercicio profesional aún como empresario y consultor, cual es la docencia. Yo trabajaba en la ANDI y un día me llamó el Ing. Darío Valencia Restrepo, quien era en ese entonces director del Departamento de Matemáticas y Física, para invitarme a participar en el concurso para ser profesor de la Universidad Nacional; posteriormente me llamó nuevamente, y muy emocionado, me dijo que había sido el mejor en el concurso y me manifestó qué materia quería dictar, en respuesta a su gentileza debería corresponder siéndolo en su Departamento y me inicié como profesor de cátedra de Geometría Analítica, incluso escribí un libro sobre

el tema que me publicó la Universidad Nacional, y luego como docente de Álgebra Lineal. A partir de esa experiencia he continuado siendo profesor de cátedra, en diferentes universidades, en materias relacionadas con mi trabajo.

2. IDENTIDAD DE LA PERSONA HUMANA

El Filósofo y político francés Jean-Jacques Rousseau, aseveró: *“Nuestra identidad se afirma sólo a partir del instante en que nos damos cuenta de la existencia de los demás. El hombre que piensa solo todavía no es hombre. El que reconoce la existencia de los demás entra al mismo tiempo en el mundo de lo moral, pues puede hacerles bien o mal; también se introduce en el mundo de la libertad, pues la práctica del bien o el mal presupone que soy libre de elegir”*

3. DIGNIDAD DE LA PERSONA HUMANA

La Dra. Lucy Carrillo, profesora de la Universidad de Antioquia, en un artículo sobre la “Dignidad o Miseria de la Universidad” [1], observó que *“Lo que define propiamente la dignidad de una persona es su aspiración para no dejarse imponer nada con lo cual no se pueda estar moralmente de acuerdo. Por eso el sentido de nuestra propia dignidad - vinculado a la generosidad y a la compasión- nos mueve a obrar, a pesar de que esas acciones sólo nos reporten daños y aflicciones, o incluso pongan en riesgo nuestra vida. Pues las ventajas y ganancias, las alegrías y placeres, o la vida misma nos resultan despreciables y miserables si no tenemos dignidad”*.

4. CÓDIGO DE LA HONORABILIDAD EN EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA

En el prólogo de la primera edición de “Ética para Ingenieros” de la National Society of Professional Engineers de los Estados Unidos [2], se promulgó: *“El ingeniero colaborará en extender la eficacia de la profesión ingenieril, mediante el intercambio de información y de experiencia con otros ingenieros y estudiantes, y contribuyendo a la obra de las asociaciones de ingeniería, escuelas y prensa científica y de ingeniería (Section 1)*

Estará guiado en todas sus relaciones por los arquetipos más nobles. (Rule 1)

No se prestará a pagar, directa ni indirectamente, comisiones, contribuciones, favores ni ventajas de cualquier orden a fin de asegurarse trabajo, exclusiva o seguridad de sueldo a través de intermediarios (Rule 4)

No hará publicidad de su profesión o de sus méritos en forma autolaudatoria. (Section 2)

El ingeniero se esforzará en extender el conocimiento público de la ingeniería, pero a la vez desaconsejará la difusión de lo inexacto o innoble o exagerado acerca de ella (Section 3)”

5. PRACTICAS CENSURABLES EN LA INGENIERIA

“Podría decir sin temor a equivocarme que ningún sector, como la Ingeniería, ha hecho una contribución tan importante al desarrollo nacional, pero encontramos al mismo tiempo que se le ha venido asociando con prácticas censurables por culpa de unos pocos profesionales inescrupulosos o por políticas equivocadas que en ocasiones tienen su origen en el propio

sector oficial que debería dar el buen ejemplo". (Enrique Parejo González, quien fue ministro de Justicia y es conocido por su lucha contra la corrupción y el narcotráfico)

6. SER UNA PERSONA

Chris Lowney en su excelente libro *Vivir Heroicamente*, [3] manifiesta que: *"Usted nació para cambiar el mundo. Usted podrá aprovechar esta oportunidad única si llega a:*

- 1. Formular un propósito que valga la pena para el resto de su vida.*
- 2. Tomar decisiones sensatas en cuanto a su profesión y a sus relaciones en este mundo cambiante e incierto.*
- 3. Hacer que cada día sea importante, al ponerle cuidadosa atención a sus pensamientos, acciones y resultados."*

7. NUESTRO PAPEL EN EL TRABAJO

La más alta productividad (efectividad) se logra en organizaciones con ambientes de confianza, trabajando en equipo y cuando el trabajo se disfruta como consecuencia de una cultura humana y ética. El mundo de hoy, altamente competido, exige líderes con visión; pericia y empatía; una gran dosis de creatividad; y un compromiso ético total en su hogar, en su trabajo, con la sociedad y con la Patria.

En Colombia, más que una crisis económica y social estamos ante un conflicto de tipo moral y ético, somos víctimas de una amenaza causada por todas las formas de lucha, el relativismo y el populismo que han desestabilizó a la nación. La vida no es respetada no sólo en los choques armados sino por una criminal delincuencia y el infame aborto; los derechos humanos y la dignidad de las personas es transgredida; la impunidad es rampante en el sistema judicial; la mentira, la violencia y el engaño son instrumentos de supervivencia social y de ascenso en las organizaciones; hay manejos inescrupulosos en los dineros públicos y de la empresa privada; gobernantes y representantes del pueblo colocan sus propios intereses por encima de los de la nación; gran parte de la sociedad mantiene un silencio cómplice ante los desmanes de tantos corruptos y criminales; el dinero y el poder son llaves mágicas que abren todas las puertas, pero cierran las de la conciencia.

Cada uno de nosotros debe manejar con efectividad su propio metro cuadrado, es decir el propio espacio que le corresponde en esta Patria Colombiana, que es donde puede influir: uno mismo, su familia, su círculo próximo de trabajo y sus amistades. *"El ejemplo no es la mejor manera de enseñar o influenciar, es la única"* como tan acertadamente lo afirmara el médico-misionero, premio nobel de la paz (1952), Albert Schweitzer (1875-1965).

En la sociedad colombiana la tarea es enorme, máxima en un escenario global. No seremos equitativamente diligentes sino dejamos, como profesionales improntas locales de desarrollo y seguridad, es decir de bienestar. Irradiemos una Transformación Trascendente de nosotros mismos hacia la sociedad a la que pertenecemos y nos debemos: *"Ser más para servir mejor"*.

“El reto es que seamos felices por la práctica de la virtud y por nuestra contribución y compromiso al bienestar de la organización donde trabajemos y consecuentemente con la sociedad. Querámoslo o no, cada uno de nosotros tiene su parte en la construcción del mundo del mañana, en hacer la historia de la humanidad. ¡Esa es nuestra epopeya y nuestro desafío!”

La íntegra responsabilidad que nos anima debe ser un sello “TRABAJO Y RECTITUD”, el cual exprese que, nuestra manera de vivir se contagie en la sociedad en equidad. Que la vida sea mejor donde cada uno de nosotros podamos llegar.

REFERENCIAS

[1] (National Society of Professional Engineers, Ethics for Engineers, New York: 1957, prologue, page. 8)

[2] Revista Debates, (No.66, UdeA)

[3] LOWNEY, Chris, Vivir Heroicamente, Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2010, p. 11)

Nuestros Socios Institucionales y Empresariales



El Comité
CORPORACIÓN SOCIAL



HIDRASED
INGENIERÍA SOSTENIBLE

PELAGUS
D R O N E S

to70
Consultoras
Aerospaciales



TALENTO
INMOBILIARIO



HIELO
NUESTRO IGLÚ ES CALIDAD



e**csim**

VALORIZACIÓN MATERIAL DE LOS RESIDUOS RESIDUALES MUNICIPALES.

Ospina Ortiz, Walter León

Ingeniero Electricista, Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Director del CONSEJO WTER-COLOMBIA, operado por la SAI
icatersas@gmail.com

Resumen: El pretratamiento de los residuos residuales de los municipios, es decir de aquellos residuos que hoy día van finalmente al relleno sanitario, debe ser un requisito previo obligatorio en Colombia para separar la fracción orgánica de los RSM y luego someter esta fracción a un tratamiento biológico. El pretratamiento debe tener una sección donde se haga recuperación de materiales de la fracción de residuos libre de orgánicos. Esto permite aumentar los índices de reutilización y reciclaje de los municipios.

Palabras clave: Valorización material, cambio climático, tratamiento biológico, residuos residuales, residuos sólidos municipales (RSM)

INTRODUCCIÓN

El estudio titulado “BUILDING A BRIDGE STRATEGY FOR RESIDUAL WASTE”, patrocinado por la organización ZERO WASTE EUROPE, recomienda que se haga clasificación de los residuos residuales (Aquellos que se depositan en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto) antes de hacer tratamiento térmico o tratamiento biológico, o ambos, para mejorar las tasas de reciclaje y contribuir a los objetivos de cambio climático.

Este artículo presenta y hace un análisis de las recomendaciones de dicho estudio y su aplicabilidad en AMERICA LATINA y EL CARIBE.

EL PROGRAMA DE ECONOMÍA CIRCULAR DE LA GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA Y LA GESTIÓN DE LOS RSM

Es claro que una gestión eficiente de los residuos que las diferentes subregiones de Antioquia transportan y depositan en rellenos sanitarios localizados en la propia subregión o en otras subregiones contribuye al programa de economía circular porque busca minimizar la generación de residuos y maximizar la reutilización y el reciclaje, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por lo anterior, las recomendaciones del mencionado estudio enmarcan en el programa de economía circular de Antioquia. No obstante, para una aplicación apropiada de dichas

recomendaciones, es importante que la gobernación diseñe políticas que obligue a los municipios de las subregiones a hacer un tratamiento previo de los residuos residuales que separe la fracción orgánica del resto de residuos y que luego haga un tratamiento de la fracción orgánica (Tamizado, compostaje aeróbico, digestión anaeróbica, etc.) que impida que la fracción orgánica sea transportada y depositada en vertederos. Tal como lo requiere en Europa la Directiva 2018/850.

Que sea obligatorio clasificar o separar la fracción orgánica de los RSM hace posible disminuir el impacto ambiental de los rellenos sanitarios que hoy día reciben los residuos mixtos de los diferentes municipios.

EL PRETRATAMIENTO LOS RESIDUOS RESIDUALES

El pretratamiento de los residuos residuales de los municipios, como alternativa al transporte y disposición final en vertederos, permite:

- Disminuir la cantidad y capacidad de los rellenos sanitarios
- Incremento de la reutilización y del reciclaje
- Aumento del uso de tecnologías de compostaje y digestión anaeróbica
- Disminución de la biodegradabilidad de los RSM, que causa fermentación, metano, lixiviados, olores y la aparición de aves, insectos, roedores, plagas, etc.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS RESIDUALES

El estudio destaca la importancia de conocer la composición de los residuos residuales con los siguientes propósitos:

- Comparar con los residuos recolectados selectivamente.
- Calcular materiales reciclables y para hacer compostaje o digestión anaeróbica.
- Estudiar los precios en el mercado de los diferentes materiales recuperables.
- Definir acciones prioritarias y estrategias para mejorar la recolección de residuos apropiados para reciclaje y compostaje.
- Proponer rediseños de los materiales que no se pueden reciclar o compostar.
- Determinar que materiales se pueden recuperar antes de la disposición final.

Es muy importante conocer las características de los residuos residuales de los municipios y de las subregiones donde ya existan rutas de recolección selectiva para poder diseñar las plantas de recuperación de materiales y tratamiento biológico (MRBT por su sigla en inglés), que propone el estudio. Este tipo de plantas son las que las SOCIEDAD ANTIOQUEÑA DE INGENIEROS y el CONSEJO WTERT – COLOMBIA, han propuesto como PARQUES TECNOLÓGICOS AMBIENTALES de RSM, también llamados ECOPARQUES o COMPLEJOS AMBIENTALES de RSM.

PLANTAS DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El diseño de una planta de recuperación de materiales y tratamiento biológico debe considerar:

- Reducir el volumen y el peso de los residuos que finalmente se depositan en un relleno sanitario.
- Cantidad y tipo de materiales recuperados
- Usos de los materiales recuperados
- Precio en el mercado de los materiales recuperados
- Costo de la disposición final con y sin la planta MRBT
- Capex y opex de un relleno sanitario frente a una planta MRBT
- Ser flexible. Considera que hoy día la recolección selectiva es mínima pero que aumentará en el futuro. Es decir que pueda tratar residuos mixtos y residuos recolectados selectivamente.
- El compostaje del digestato resultante de la digestión anaeróbica con residuos orgánicos provenientes de la poda y de la agricultura.
- Generación de biogás y refinación de este para inyectarlo en las redes de gas domiciliario o utilizarlo como gas vehicular.
- Generación de electricidad
- Sofisticación de la planta de separación manual y mecánica (Grado de automatización, separados ópticos, balísticos, corrientes de Foucault, imanes, etc.).
- Disminuir la cantidad de rellenos sanitarios requeridos.
- Disminuir la capacidad de los rellenos sanitarios requeridos.
- Generar empleo profesional y no profesional.
- Contribuir al desarrollo económico de la subregión.
- La creación de microempresas que procesen algunos de los materiales recuperados para producir artículos que se consuman en los municipios de la subregión y se exporten a otras subregiones u otros países.

Es importante que el diseño estudie la contaminación de la fracción orgánica separada de los residuos residuales, para determinar si se pueden mezclar con residuos orgánicos de otras actividades humanas. En el caso de las grandes ciudades y de las áreas metropolitanas la contaminación puede ser mayor que en las subregiones que abarcan la ruralidad. En este caso, el diseño de la planta debe considerar la operación por turnos para residuos orgánicos recogidos selectivamente y para la fracción orgánica separada de los residuos mixtos de los municipios.

El potencial de recuperación de las plantas MRBT, depende de la composición de los residuos residuales y de los diseños. La eficiencia de la recuperación de materiales en una planta MRBT no es igual a la eficiencia de la recuperación de materiales mediante la recolección selectiva de estos. Pero como hoy día la recolección selectiva en los municipios de la ruralidad es baja o no existe, se puede considerar que el potencial de recuperación en una planta MRBT que atienda varios municipios de la ruralidad es bueno.

La planta debe ser flexible porque a medida que avance el programa de economía circular del departamento o país latinoamericano, donde se pretenda instalar, la cantidad de residuos residuales debe, en teoría, disminuir, mientras aumenta la recolección selectiva.

BENEFICIOS DE UNA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Beneficios de los proyectos que consideren plantas MRBT en lugar de rellenos sanitarios para solucionar el problema del transporte y disposición final de los residuos residuales de un grupo de municipios:

- Las plantas MRBT son escalables, es decir, pueden adoptarse en diferentes capacidades de operación. Son viables para capacidades inferiores a 50000 toneladas por año.
- Las plantas MRBT se basan en sistemas de clasificación mecánica y estabilización biológica, que son inherentemente modulares.
- El Capex de las plantas MRBT, considerando la mejor tecnología disponible de tipo europeo, está entre 200 y 400 euros por tonelada-año.
- Las plantas MRBT son rápidas de implementar.
- Las plantas MRBT son amigables con el medio ambiente y contribuyen al cambio climático
- Las plantas MRBT tienen sistemas de proceso para la estabilización biológica, que pueden adaptarse modularmente para procesar también compuestos orgánicos limpios a partir de esquemas de recolección selectiva.
- Los equipos para separación óptica, balística y magnética (Si la planta los tiene), se pueden utilizar en diferentes turnos para separar materiales reciclables que vienen en bolsas libre de orgánicos.

POLÍTICAS

Este artículo muestra la importancia de adoptar la Recuperación de Materiales y el Tratamiento Biológico como estrategia para la gestión de residuos residuales en la economía circular. Por ello, la SOCIEDAD ANTIOQUEÑA DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS (SAI) y el CONSEJO WTERT-COLOMBIA operado por la SAI, recomiendan a todas las gobernaciones, las alcaldías, asociaciones de capitales de departamento, asociaciones de departamentos, asociaciones de ciudades y a las autoridades ambientales establecer políticas que:

- Consideren que el rol de los rellenos sanitarios debe ser secundario frente al tratamiento de los RSM.
- La capacidad de los rellenos sanitarios que en verdad se necesitan debe ser mínima.
- El pretratamiento de los residuos residuales es una condición previa.
- Exigir la recuperación de materiales a partir de los residuos residuales.
- Exigir el tratamiento biológico
- Implementar programas de financiación de proyectos MRBT

REFERENCIAS

- [1] ZWE (January 2021), *Building a bridge strategy for residual waste*, <https://zerowasteurope.eu/#1>

Nuestros Socios Institucionales y Empresariales



PATRIMONIO PARA EL TURISMO Y TURISMO PARA EL PATRIMONIO

Calle Vélez, Eduardo José

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2017
Master Gestión y valoración del patrimonio histórico y cultural y Técnicas, Patrimonio y Territorios de la Industria,
eduardojosecalle@gmail.com

Resumen: El patrimonio construido en la ciudad de Medellín no se ha conservado principalmente por el desconocimiento y desinterés de los gobernantes por la conservación de los rastros de la historia que dan forma a nuestra identidad y memoria. Debemos revertir esta tendencia cuanto antes para poder construir un turismo sostenible y acorde con las tendencias y necesidades mundiales.

Palabras clave: Memoria, Identidad, Turismo cultural, Desarrollo sostenible, Patrimonio.

Vamos a hablar de patrimonio en la ciudad de Medellín. Existe actualmente la necesidad de conservar lo poco que queda del patrimonio inmueble de la ciudad. Si bien Medellín y su área metropolitana son prácticamente recientes históricamente (su fundación data de 1635 y su desarrollo industrial y económico de principios del siglo veinte), muchos ejemplos de su arquitectura con gran valor histórico y estético han desaparecido del mapa, muchas veces por desafortunadas decisiones políticas y económicas, muestra de la inmadurez de una sociedad cegada por un progreso que imita estilos extranjeros pero que no valora lo autóctono y propio de la cultura y del territorio.

En el pasado, la ciudad de Medellín ya ha buscado modernizarse demoliendo lo construido para volver a construir, lo que nos ha llevado como sociedad no sólo a borrar las huellas de nuestra memoria, sino que da cuenta además de un profundo desconocimiento y desinterés por lo valioso que es y lo mucho que el patrimonio edificado, pero junto a él el patrimonio mueble y las manifestaciones del patrimonio cultural inmaterial asociados, puede y debe significar para una contemporánea apropiación del patrimonio local. Tendencia mundial que busca una adecuada activación del patrimonio para lograr impulsar una sana internacionalización de las regiones, aprovechando así el auge del turismo cultural y natural tan característico de nuestros tiempos globalizados.

Es sorprendente ver cómo ahora no sólo somos conscientes de algunas de las pérdidas arquitectónicas -y hasta urbanas- referidas anteriormente, sino que aun así parecemos continuar un poco cegados acerca de lo que ha significado para otros países (en este caso los bien llamados desarrollados), la conservación y la difusión de su patrimonio histórico y cultural. Países principalmente europeos sustentan su desarrollo actual en el turismo alrededor de su patrimonio construido durante milenios, lo que a su vez les da su carácter y valor de unicidad.

En este sentido de desarrollo económico y turístico, una ciudad con los aprendizajes de Medellín y con su contundente patrimonio inmaterial y reconocida infraestructura del transporte debe preocuparse más por la tendencia mundial que pone en valor los conjuntos patrimoniales únicos e identificatorios de cada territorio y para cada comunidad, que por promover -por ejemplo- un turismo del ocio y del entretenimiento banal que continúa estigmatizando a la ciudad y que la fragmenta para quizás así no tener que dar cuenta del abandono patrimonial que aún no encontramos manera de derrumbar.

Y es que parece ser que aquí si no prima la improvisación y el desconocimiento del sector público, lo hace la prevalencia del interés privado sobre los intereses públicos. También puede tener que ver la fascinación actual por los contenidos vanales y efímeros, la ansiedad por ver y experimentar tecnologías que nos hacen evadir de nuestra propia realidad, de lo que podemos ser realmente, lo que hemos sido y que seremos.

Cómo no empezar ejemplificando con el barrio Prado, llamado “el único barrio patrimonial de Medellín”. Próximo a cumplir cien años en 2026 y recientemente queriendo comenzar a beneficiarse de instrumentos de financiación público privada para su mantenimiento y consecuente conservación. En Bogotá, por el contrario, tienen varios sectores declarados zonas patrimoniales, una historia colonial y económica mayor y, por qué no decirlo, un trabajo institucional mucho más articulado y enfocado a la adecuada gestión del patrimonio (lo que tampoco significa que sus experiencias sean las más adecuadas para resolver nuestras propias necesidades).

Lo anterior está muy bien, pero por ejemplo allí todavía no tienen idea de lo que un sistema integrado de transporte masivo como el del Valle de Aburrá puede representar cuando lo que se busca es la integración social y el bien común. Por lo mismo es que es sorprendente que Medellín haya logrado tanto desarrollo y unidad urbana metropolitana con su sistema de transporte masivo (que se acerca ya a los treinta años de funcionamiento), pero que éste se encuentre desarticulado o se haya visto en contraposición a la conservación de los pocos sectores patrimoniales de la ciudad, como es el caso del barrio Prado y del parque Berrío, respectivamente.

También por lo anterior es que la necesaria recuperación de Prado (evidencia del desarrollo habitacional de la ciudad a comienzos del siglo veinte gracias al desarrollo industrial de Medellín), debe gestarse y promoverse desde afuera hacia adentro, considerando que por su borde norte (la calle Barranquilla), transitan los buses articulados Metroplus y que por su borde occidental (la carrera Bolívar), lo hace a su vez la línea A del Metro. Bordes aún deprimidos y degradados social y paisajísticamente.

De esta manera, de afuera hacia adentro, se llama la atención de los curiosos y se atrae a ingresar y recorrer el barrio de forma tan fluida y despreocupada como si fuera dentro de un Turibus. El mismo Turibus debe hacer paradas principalmente sobre la calle 50 (Palacé), la cual continúa constituyéndose como el eje central y patrimonial de Prado, y cuya transformación y apropiación sería más sencilla y con mayor confianza al saber que sus fronteras no dan miedo sino que por el contrario invitan y reciben.

El caso de la estación en el parque Berrío es de los más controvertidos y en general se lamenta la invasión del Metro sobre la plaza fundacional de Medellín, la que por lo mismo podría ser la de mayor culto y asiduidad turística (a pesar de sus transformaciones). Entonces debemos preguntarnos, ¿Hasta cuándo va a ser inoperante la gestión del patrimonio construido en Medellín?, no podemos esperar a que pase el boom del epicentro turístico actual para poder poner los ojos sobre nuestro deterioro físico, pero mucho más allá ser conscientes del deterioro de nuestra memoria, identidad y dignidad.

Lamentablemente en la ciudad se sigue promoviendo un desarrollo enfocado al turismo del ocio y del entretenimiento con zonas de aglomeraciones urbanas desordenadas e igualmente conflictivas, cuando los rastros de nuestra historia se pierden en los laberintos o triángulos del centro de los medellines. Es tal el caso, por ejemplo, de la plaza de toros La macarena (ahora llamada centro de eventos y con guiños de convertirse en la arena que aún no despegó en Carabobo norte), es sorprendente su aislamiento físico y dificultad para conectarse a la trama urbana y de transporte público de la ciudad.

Si bien la actividad de La macarena no cesa, su representatividad se ve disminuida (al igual que sucede con zonas rosa y de moda como Provenza), con espectáculos finalmente insulsos y que no promueven los valores históricos y culturales que el edificio y su entorno representan para nuestra memoria e identidad como ciudad. Crear planes de manejo y protección del edificio y su zona de influencia que propendan por devolverle su carácter histórico y cultural podría contribuir en la consolidación de una ciudad turística pero en su globalidad, autenticidad e integridad.

Por otro lado, urbanísticamente este coliseo no puede compararse con un templo, porque si bien alberga igualmente algunos eventos religiosos su vocación no es tal ni histórica ni socialmente. Sin embargo, La macarena tiene una posición tan privilegiada como desarticulada en el centro del Valle de Aburrá, pero que corresponde indiscutiblemente a su calidad de equipamiento urbano metropolitano. Como tal y en consonancia con el exitoso desarrollo de nuestro sistema integrado de transporte, no entra tampoco en discusión el hecho de que este equipamiento urbano tan central deba reconstituirse a partir de la red metropolitana de transporte masivo, incluyendo al metro, al próximo tren del río y al sistema integrado de buses y bicicletas.

El pensamiento multiescala pero también antropológico que permite el análisis de equipamientos metropolitanos como éste debe llevar a que la recuperación de La macarena sea articulada igualmente con los planes socioculturales, económicos y turísticos de otros equipamientos de ciudad y que, a partir del uso del transporte público, sean susceptibles de vincularse a modo de una red cultural, patrimonial y de activación turística para la ciudad en su totalidad.

Una de las reglas patrimoniales de oro: construir sobre lo construido, no se aplica sólo a estructuras patrimoniales como la expuesta anteriormente, también y con más razón a zonas o centros históricos como el que muchos consideran que no tenemos en Medellín pero que sin duda alguna debemos conservar así sea con lo poco que queda. Y es que continuamos

teniendo un centro metropolitano cargado de la historia y actividad de la ciudad, y con buenos ejemplos principalmente de arquitectura moderna de los cuales enorgullecemos.

Y es que si lo que nos enorgullece actualmente es ser reconocidos internacionalmente por el turismo (entre otras cosas como la innovación y la tecnología), no podemos ignorar las experiencias históricas extranjeras y pretender mantenernos en una tradición campesina y regionalista. No es sólo el hecho de que en Europa su patrimonio construido por milenios le permita a sus países continuar su desarrollo principalmente gracias al turismo, es que también la madurez ganada por sus su sociedad le permite tener puntos de vista y comportamientos unificadores y transversales tanto geográfica como temporalmente.

Así que es un terreno que tenemos que ganar como sociedad pero con base en nuestra propia experiencia, sin embargo, volver a poner la mirada en Europa (por ejemplo por su novedoso tratamiento de su rico patrimonio industrial y ferroviario), nos permitirá volver a tener modelos de buen gusto y refinamiento. No sobra recalcar que muchos de los edificios con valor histórico y estético demolidos en Medellín tenían como autor arquitectos extranjeros de gran renombre, como Agustín Goovers.

Sin embargo, no debemos lamentarnos y en su lugar seguir haciendo todos los esfuerzos posibles y creando los escenarios soñados desde nuestras posibilidades, teniendo como objetivo aprender a tener una mirada globalizada tanto en el mundo como en la historia; ya que ésta no sólo nos debe dar cuenta de lo sucedido en el pasado, sino que con más carácter nos debe preparar para lo que sea posible y deseado que suceda en el futuro.

REFERENCIAS

[1] Botero Herrera, F. (1996) Historia de Medellín 1890 – 1950: Historia urbana y juegos de interés. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

[2] Dambron, P. (2004), Patrimoine industriel & développement local, Paris : Éditions Jean Delaville.

[3] Halbwachs, Maurice (2004), Los marcos sociales de la memoria, Madrid: Ouvrage publié avec le concours du Ministère français chargé de la culture – Centre National du Livre.

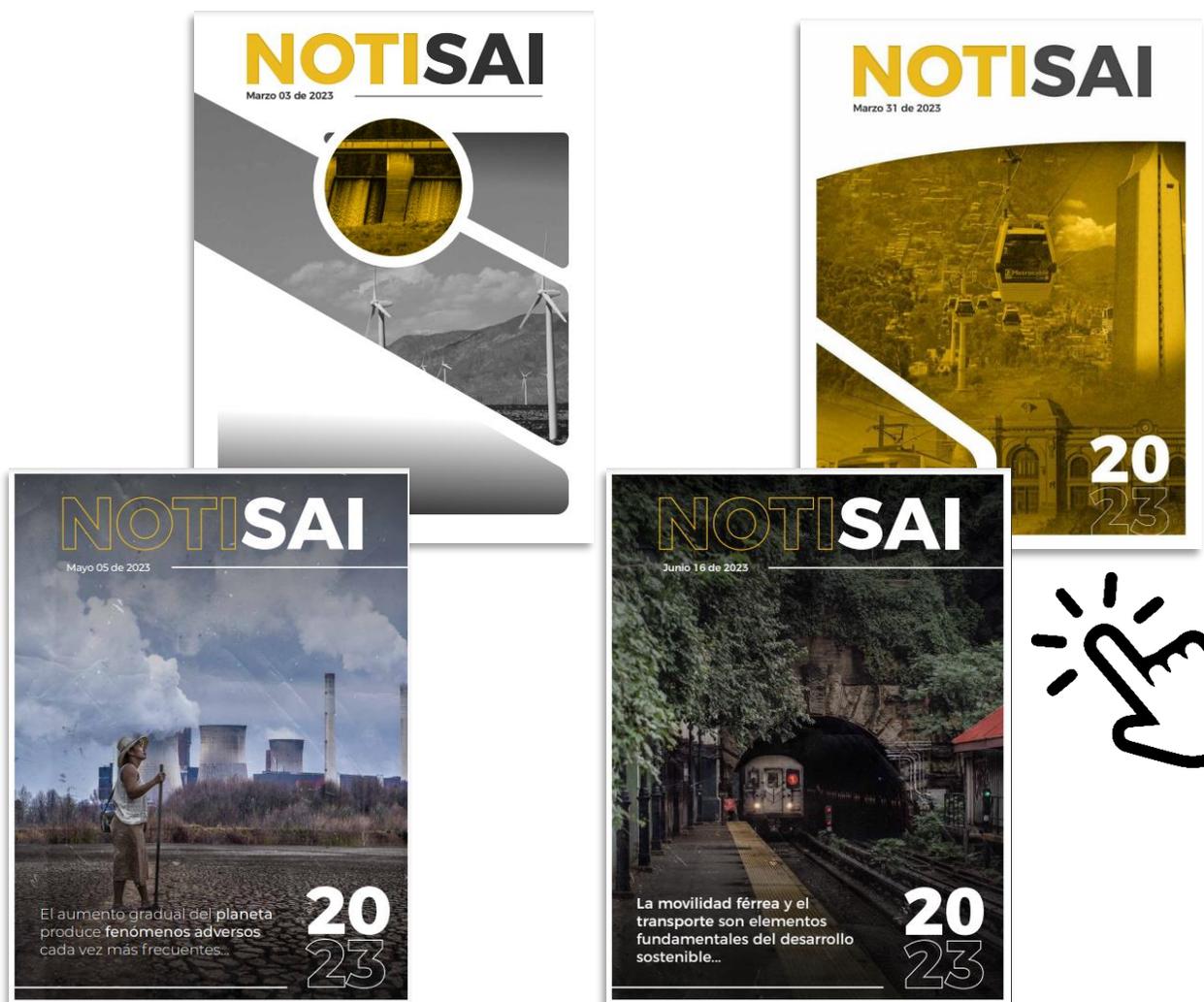
[4] Hernández Ciro, Eulalia (2010) Geografías del desarrollo en el centro de Medellín (1950 – 2009): Espacios, tiempos y poderes [Tesis de maestría en Estudios socioespaciales, Medellín: Instituto de Estudios Regionales -INER-, Universidad de Antioquia].

[5] Márquez, José Wilson (2012) El Tranvía eléctrico de Medellín (Colombia) y su aporte al proceso de modernización urbana: 1920-1951, HISTORELO - Revista de Historia Regional y Local, Vol. 4, núm. 7, pp. 129-156, Universidad de Cartagena, Colombia.

[6] Patrimonio urbanístico y arquitectónico del Valle de Aburrá (2010) Un proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia.

[7] Uribe Tami, Maria Fernanda (2012) Impact des grandes infrastructures de transport Transmilenio et métrocable dans la ville de Bogotá et Medellín, en Colombie [Master en Planification Urbaine et Territoriale, Universidad Politécnica de Madrid]

Conoce el **NOTISAI**, nuestro boletín institucional en donde hablamos de los temas más relevantes de Arquitectura e Ingeniería de nuestra región, eventos, artículos de opinión y más. ¡No te lo pierdas!



REPENSAR A DARCY

Hoyos Patiño, Fabián

Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín.

fhojos@unalmed.edu.co

Resumen: El gradiente hidráulico ha sido tratado tradicionalmente como una variable independiente en la ley de Darcy a pesar de que existe la evidencia empírica y experimental, y el soporte conceptual que permiten proponer que no es tal. Estrictamente el gradiente hidráulico es una medida de la resistencia de un medio al paso del agua a través suyo y en su definición debe considerarse una combinación de la carga hidráulica externa y de la permeabilidad. Al discriminar las componentes de carga externa y de permeabilidad puede establecerse una propiedad de los materiales permeables para la que es plausible acuñar el término resistividad hidráulica, análogo a la resistividad en las propiedades eléctricas de los materiales.

La resistividad hidráulica puede ser definida como la resistencia al paso del agua por unidad de área y de longitud del medio permeable bajo una carga externa unitaria; su determinación es simple, basta con establecer la relación entre el gradiente hidráulico y la carga hidráulica externa. Sus dimensiones son L^{-1} , cuando los cálculos son hechos con base en el gradiente hidráulico, o FL^{-4} cuando en los cálculos interviene el gradiente de presión. Esta relación es única para cada material y su valor es característicamente bajo, inferior a $10^{-3} m^{-1}$, en materiales con permeabilidad alta y, viceversa, es alto, mayor que $1 m^{-1}$, en materiales con permeabilidad media y baja.

La introducción del concepto de resistividad hidráulica puede contribuir a una mejor comprensión del proceso de flujo en medios permeables y al refinamiento de los métodos de medición y de cálculo

Palabras clave: Ley de Darcy, Hidráulica, Resistencia, Gradiente Hidráulico, Permeabilidad

1. INTRODUCCIÓN

La muy conocida ley de Darcy define que la velocidad del agua en un medio permeable es directamente proporcional a una magnitud llamada gradiente hidráulico que puede ser definida como la relación entre la diferencia de cabeza hidráulica entre dos puntos cualesquiera y la distancia entre ellos; la ley de Darcy tiene como expresión

$$v = ki$$

A partir de esta ley resulta la definición del coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica como la velocidad de descarga de agua en condiciones de flujo laminar a través de un área transversal unitaria de un medio permeable bajo un gradiente hidráulico unitario y en condiciones estándar de temperatura.

La verdad es que no siempre se ha tenido cuidado en definir y determinar la manera de medir el gradiente hidráulico, a pesar de la simplicidad del procedimiento, y se ha ignorado la manera como Darcy (1856) hizo sus experimentos. El resultado ha sido que, después de algunas simplificaciones abusivas, el concepto de gradiente hidráulico ha terminado por degenerar de manera que en lugar de hacer las medidas de presión se hacen aproximaciones que confunden al estudiante novato y le impiden entender cabalmente el proceso de flujo en medios permeables.

Las simplificaciones introducidas en muchos de los permeámetros que utilizados en la docencia implican suponer que la permeabilidad de los elementos colocados en los extremos del espécimen es igual que la de éste, y que la presión del agua a la salida del permeámetro es igual a la presión atmosférica. Y aunque los resultados finales pueden ser del mismo orden de magnitud que los obtenidos con un diseño riguroso del experimento, la presentación de la versión simplificada introduce elementos de confusión inaceptables en el proceso académico de asimilación y construcción de los conceptos de flujo en medios permeables y, posteriormente, en el análisis de los problemas en los que deben ser utilizarse tales conceptos, en la práctica profesional.

La comparación entre el esquema del experimento de Darcy, como está ilustrado en la Figuras 1 y 2, y el esquema del permeámetro utilizado en la práctica corriente en las aulas y en los laboratorios en muchos centros docentes, ilustrado en las Figuras 3 y 4, puede contribuir a dar un poco de claridad sobre las afirmaciones anteriores. En la Figura 5 se encuentra un esquema del permeámetro a presión constante requerido en la Norma ASTM D2434, cuyo funcionamiento coincide esencialmente con el esquema propuesto por Terzaghi (1946).

Darcy hizo sus experimentos sobre una arena con grava menuda procedente del río Saone; en ellos midió la geometría del espécimen, la presión del agua a la entrada y salida del equipo utilizado y el caudal que pasó por el material en cada ocasión. En la versión simplificada del experimento, que se presenta en los textos y se utiliza en muchos laboratorios, se supone que el gradiente hidráulico puede ser calculado como la relación numérica entre la longitud del espécimen y la diferencia de alturas entre el nivel del agua en el tanque de alimentación y el nivel de salida de la cámara del permeámetro.

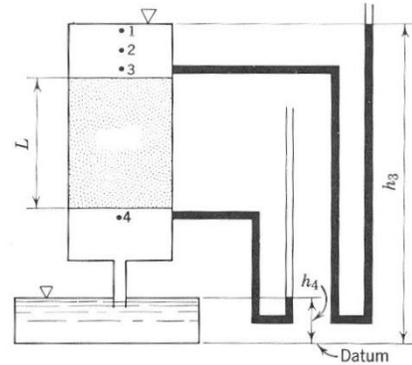
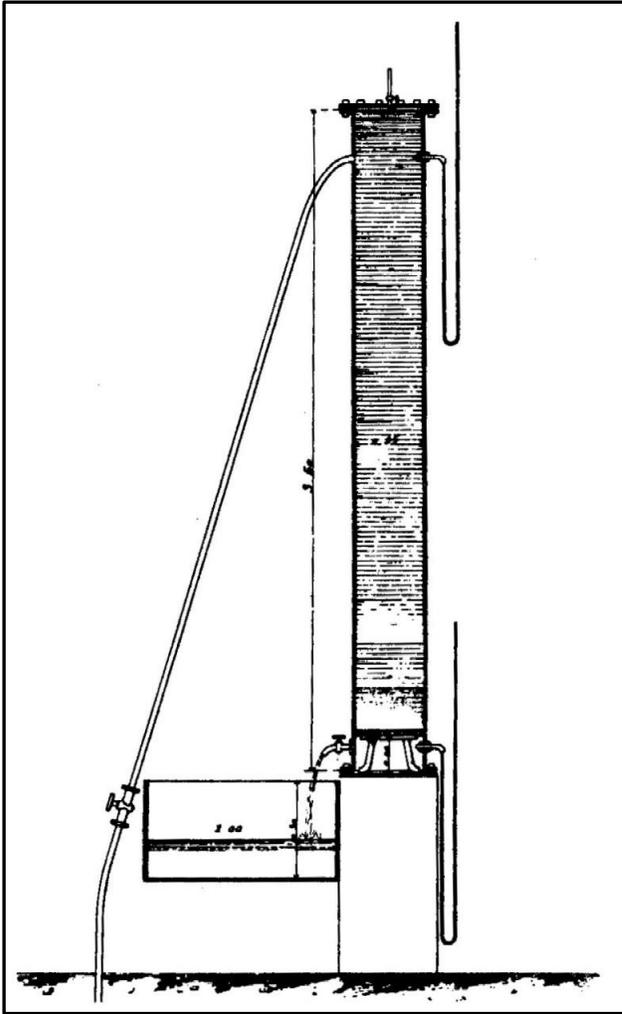


Figura 2. Esquema del experimento de Darcy. (Lambe & Whitman, 1982)

Figura 1. Aparato para determinar la ley de flujo del agua a través de arenas (Darcy, 1856)

La primera baja a consecuencia de esta confusión es el concepto de gradiente hidráulico que comúnmente es considerado como una simple relación numérica entre dos distancias que, como tales, pueden ser definidas en forma arbitraria; de esa manera se ha llegado a considerarlo como una variable independiente en la ecuación de Darcy. Aún en la Norma ASTM D2434 el gradiente hidráulico es tratado, en la nota 5, como si fuera susceptible de ser controlado a voluntad:

The following values are suggested: loose compactness ratings, h/L from 0.2 to 0.3, and dense compactness ratings, h/L 0.3 to 0.5, the lower values of h/L applying to coarser soils and the higher values to finer soils.

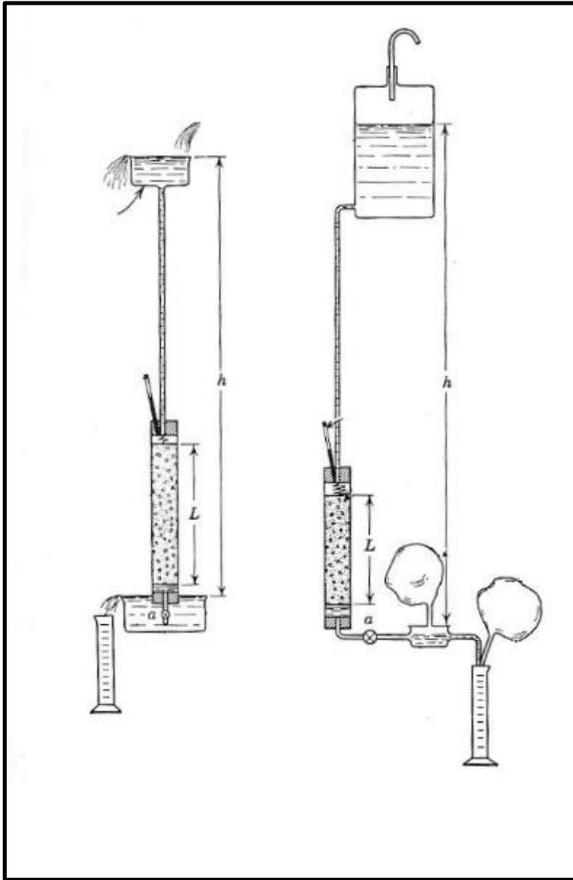


Figura 3. Esquemas de permeámetros utilizados corrientemente en las prácticas docentes (Lambe & Whitman, 1980)

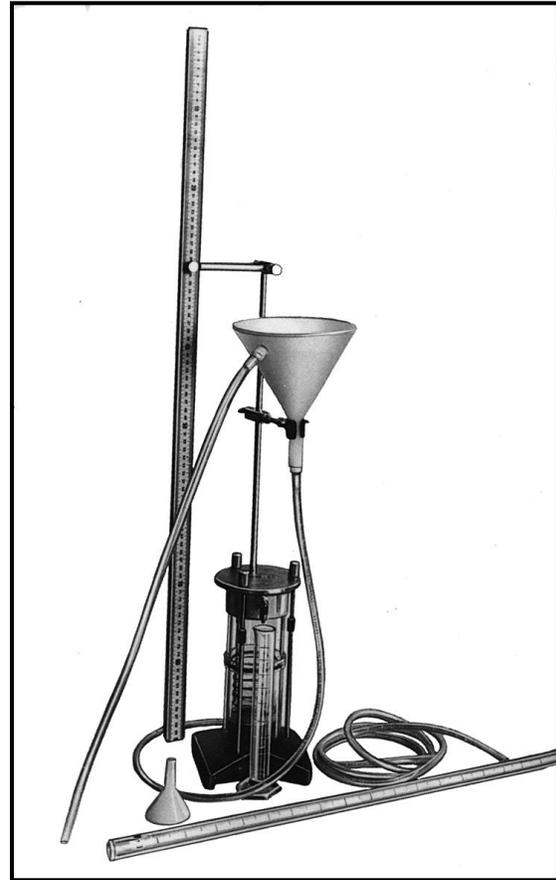


Figura 4. Permeámetro comercial para docencia

La situación cambia por completo si el gradiente hidráulico es definido como la pérdida de cabeza hidráulica por unidad de longitud de recorrido de un fluido en movimiento en el interior de un medio permeable; entonces puede comprenderse que no es posible imponer un gradiente hidráulico cualquiera sobre el material en el experimento o en el terreno, puesto que la pérdida de presión depende de la resistencia que el medio ofrece al paso del agua, de manera que, de alguna manera, su valor depende de las características del material.

Pero no basta con hacer una afirmación general: es necesario cuantificar y, de ser posible, ofrecer un método de predicción del valor de la resistencia de los medios permeables al paso de los fluidos. En este trabajo se encuentra una introducción al desarrollo teórico y experimental que conduce a la formulación del concepto de resistividad hidráulica y a un refinamiento en el planteamiento del concepto de gradiente hidráulico.

Los planteamientos y datos que se encuentran en esta contribución son el resultado de la reflexión sobre el flujo del agua en medios permeables y del trabajo experimental sobre materiales granulares en el que se registró sistemáticamente la información pertinente de ensayos de permeabilidad a presión constante, con una cabeza externa entre 0.5 m y 6 m.

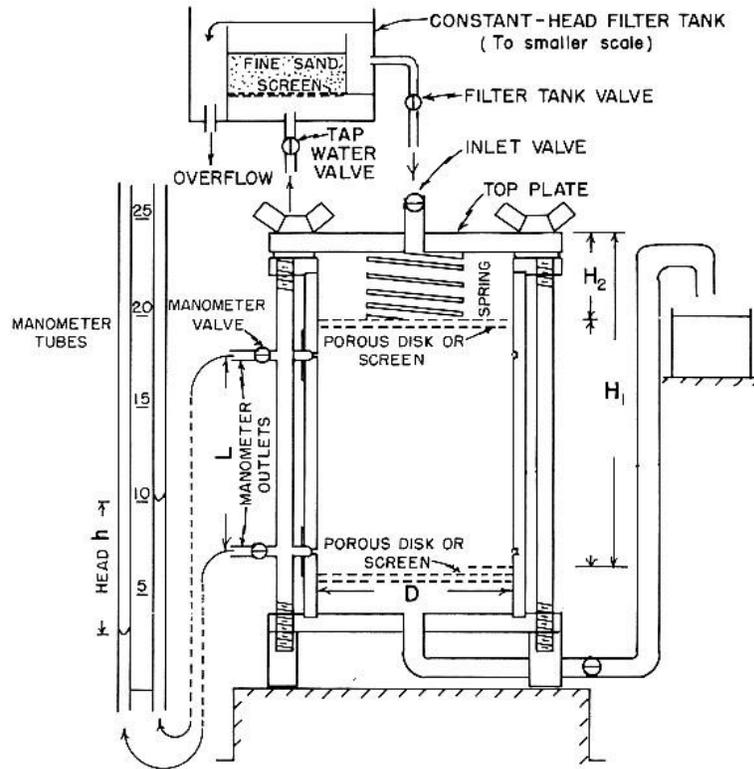


FIG. 1 Constant-Head Permeameter

Figura 5. Permeámetro ASTM
Fuente [2]

2. GRADIENTE HIDRÁULICO/RESISTIVIDAD HIDRÁULICA

Es relativamente simple corroborar, en el campo y en el laboratorio que el gradiente hidráulico depende del tipo de material a través del cual fluye el agua. Si se repite la experiencia de Darcy, con un dispositivo similar al utilizado por éste, para medir la permeabilidad de dos especímenes con permeabilidades diferentes, inmediatamente salta a la vista que, si se mantiene el nivel de rebose del agua en el tanque de alimentación, el gradiente hidráulico es sustancialmente menor en el material cuya permeabilidad es mayor. De igual manera es posible observar cómo el ángulo del cono de depresión en los pozos es agudo en materiales de permeabilidad media, y obtuso en materiales de permeabilidad alta. Ambas observaciones conducen a pensar en el gradiente hidráulico como una medida de la resistencia del medio permeable al paso del agua a través suyo. Pero el gradiente hidráulico, como resistencia del medio al paso del agua, no es constante. Un experimento sencillo permite observar variaciones del gradiente hidráulico en función de la carga hidráulica externa: al variar la posición del tanque de alimentación, en un dispositivo de permeabilidad bajo carga constante, el gradiente hidráulico varía linealmente con la carga externa con una constante de proporcionalidad que puede llamarse *resistividad hidráulica*.

En desarrollo del trabajo experimental en que se apoya este trabajo fueron determinados los valores de la conductividad hidráulica de un conjunto de nueve especímenes de grava, arena y ceniza volante, en un permeámetro de presión constante, dotado de piezómetros, equivalente al utilizado por Darcy en su experimento original. Las características granulométricas de los materiales utilizados en los experimentos están ilustradas en la Figura 6 donde se encuentra también la granulometría del material utilizada por Darcy en sus experimentos.

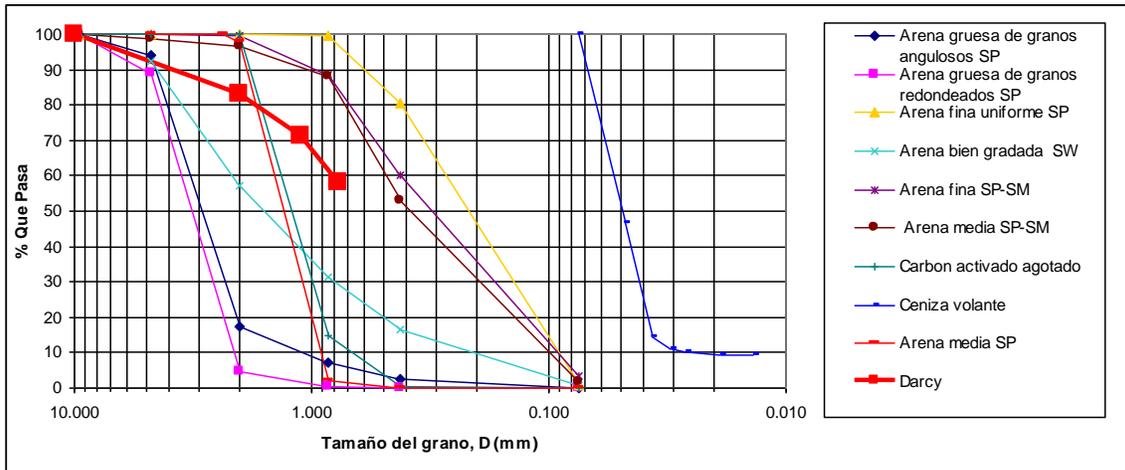


Figura 6. Granulometría de los materiales utilizados en los experimentos. Destacados, en cuadrados de color rojo, los datos correspondientes a los experimentos de Darcy.

Fuente: Elaboración propia

Los gráficos de las Figuras 7 a 9 registran los resultados de los experimentos en términos de velocidad y gradiente hidráulico. En ellas debe destacarse la linealidad de la relación aun con valores elevados de gradiente hidráulico. Los gráficos de las Figuras 10 a 12 ilustran la variación del gradiente hidráulico en cada uno de los experimentos en función de la altura del tanque de alimentación.

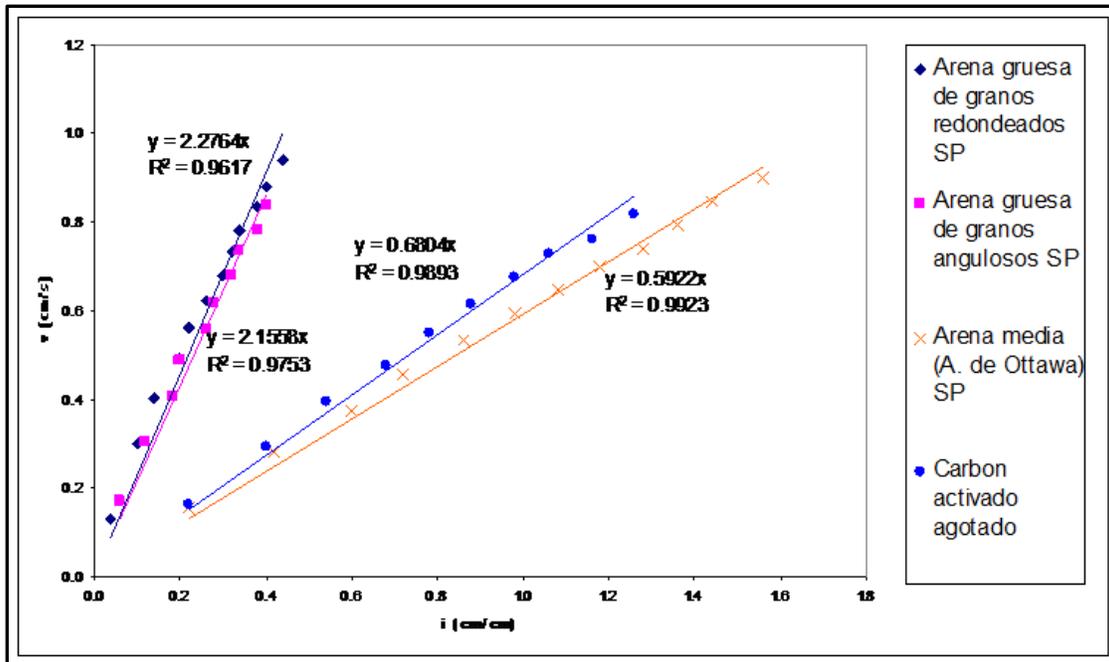


Figura 7. Velocidad de descarga y gradiente hidráulico.
Fuente: Elaboración propia

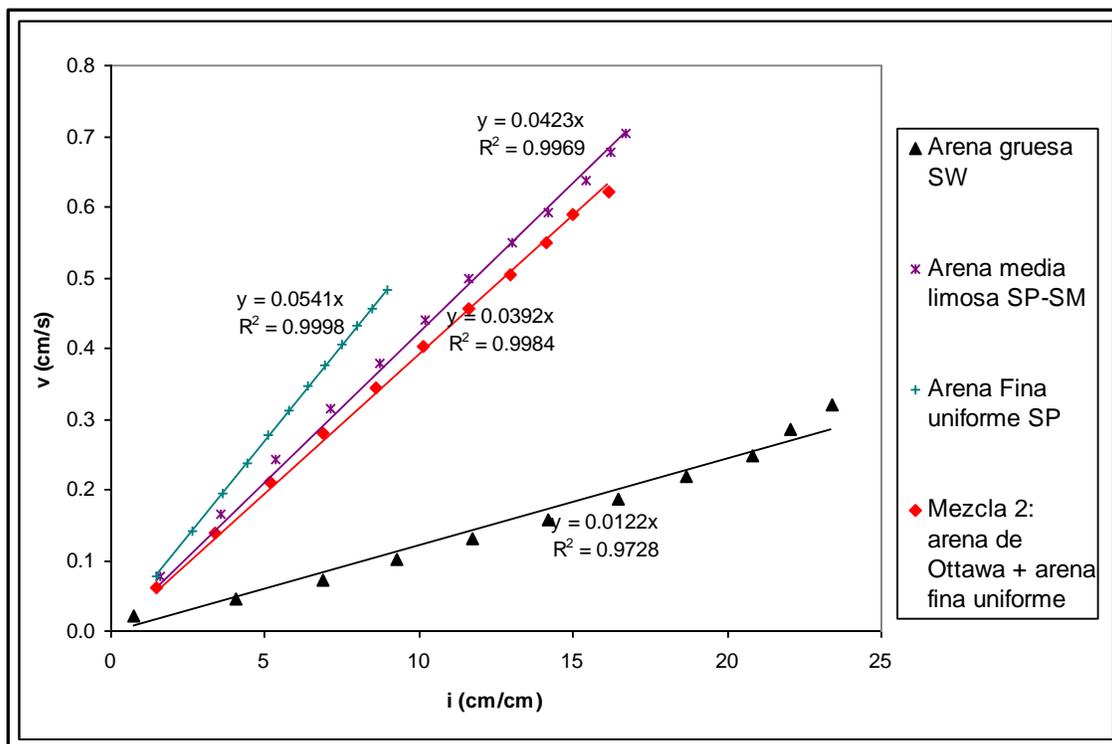


Figura 8. Velocidad de descarga y gradiente hidráulico.
Fuente: Elaboración propia

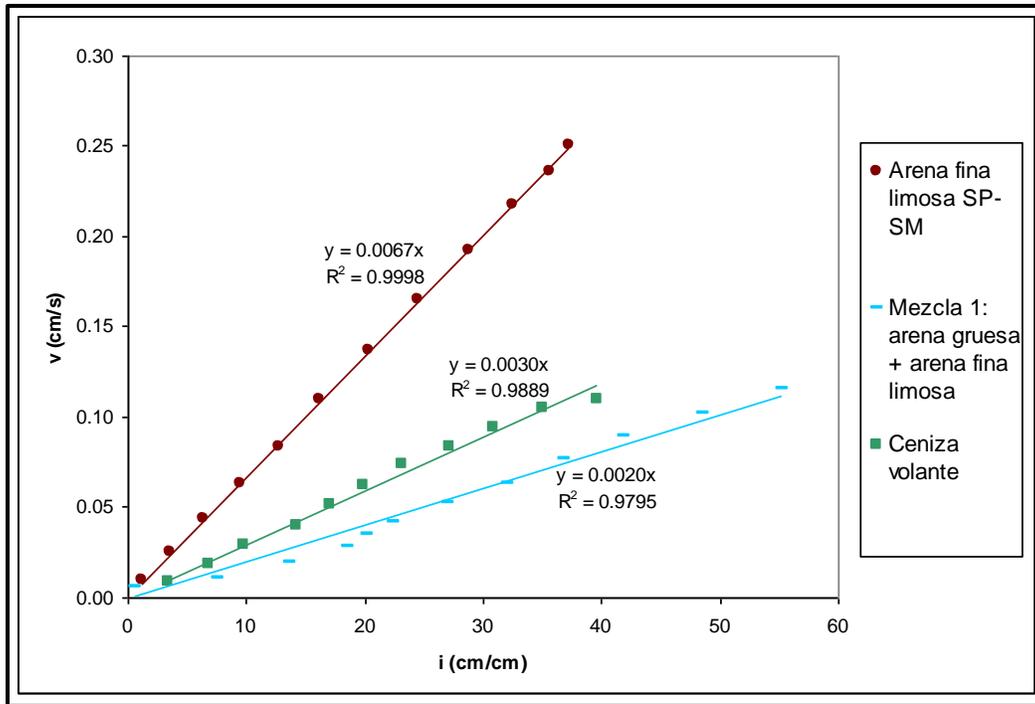


Figura 9. Velocidad de descarga y gradiente hidráulico.
Fuente: Elaboración propia

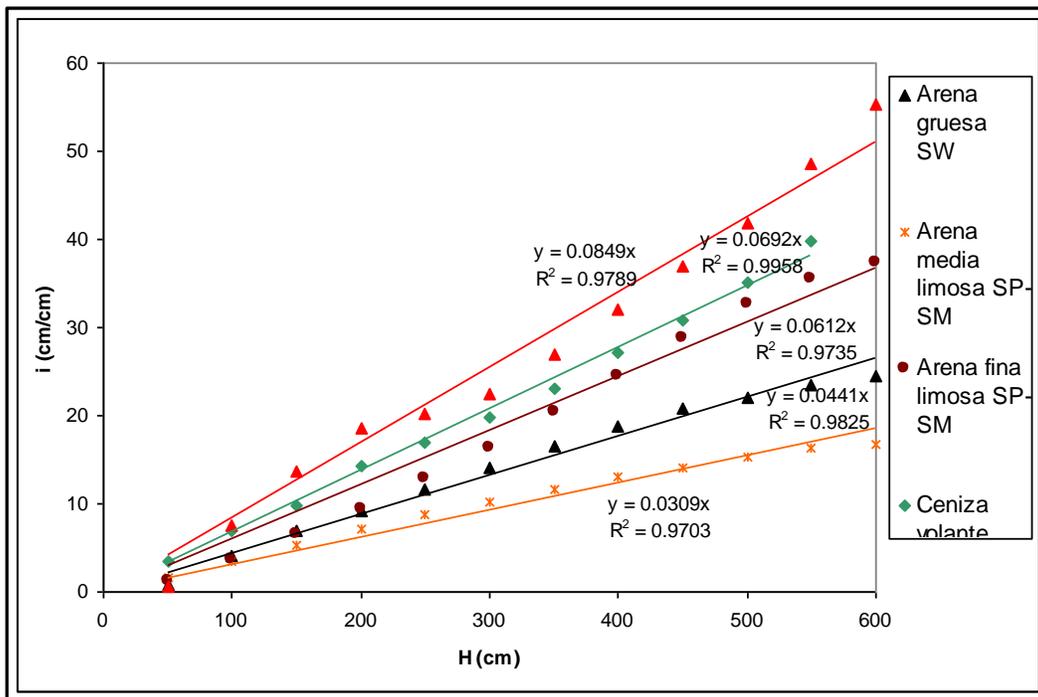


Figura 10 Relación entre gradiente hidráulico y carga hidráulica externa
Fuente: Elaboración propia

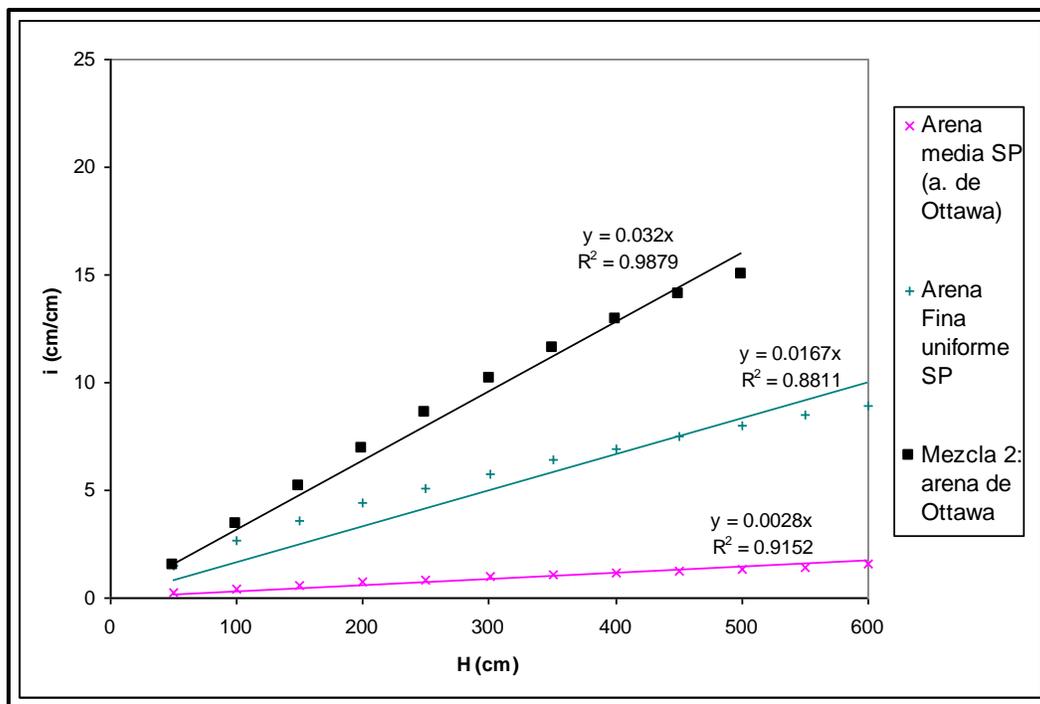


Figura 11a. Relación entre gradiente hidráulico y carga hidráulica externa
Fuente: Elaboración propia

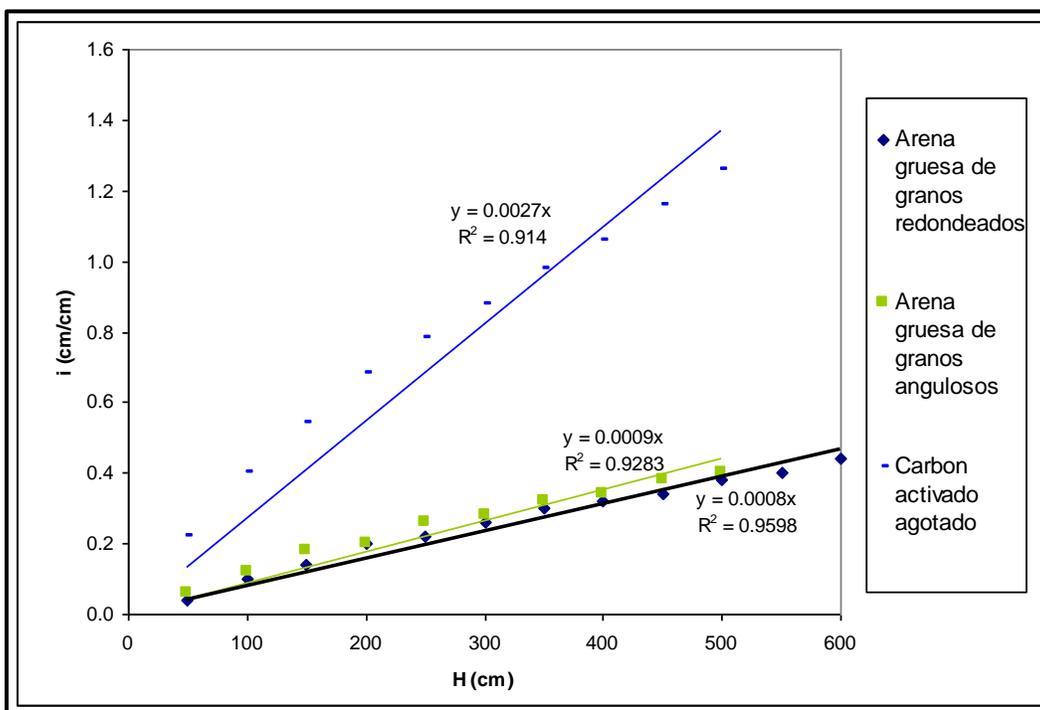


Figura 11b. Relación entre gradiente hidráulico y carga hidráulica externa
Fuente: Elaboración propia

Durante los experimentos la carga hidráulica externa fue cambiada, en intervalos de 0.5 m, entre 1.0 m y 6.0 m; en los resultados presentados en las gráficas de las Figuras 10 a 12 resulta clara la relación lineal entre el gradiente hidráulico y la carga hidráulica externa. En la Tabla 1 se encuentran los resultados de algunos de los experimentos. Los datos utilizados presentados en esta tabla muestran cómo el gradiente hidráulico presenta una variación relativamente amplia, del mismo orden de magnitud que la variación de la carga hidráulica externa, en tanto que el valor de la relación entre gradiente hidráulico, i , y carga hidráulica externa, H , permanece esencialmente constante. Esta invariante puede ser tomada como la expresión de una propiedad del material que puede ser identificada como su resistividad hidráulica, ζ . Los valores de permeabilidad, obtenidos en algunos de los experimentos, se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 1. Valores de gradiente y resistividad hidráulica en permeámetro a presión constante de 6 especímenes.

H (m)	SP1		SP2		SP3		SW		CA		CV	
	i	ζ (m ⁻¹)	i	ζ (m ⁻¹)	i	ζ (m ⁻¹)	i	ζ (m ⁻¹)	i	ζ (m ⁻¹)	i	ζ (m ⁻¹)
50	0,04	0,0008	0,06	0,0012	0,22	0,0044	0,76	0,0152	0,22	0,0044	3,40	0,0680
100	0,10	0,0010	0,12	0,0012	0,42	0,0042	4,04	0,0404	0,40	0,0040	6,84	0,0684
150	0,14	0,0009	0,18	0,0012	0,6	0,0040	6,88	0,0459	0,54	0,0036	9,86	0,0657
200	0,2	0,0010	0,2	0,0010	0,72	0,0036	9,28	0,0464	0,68	0,0034	14,24	0,0712
250	0,22	0,0009	0,26	0,0010	0,86	0,0034	11,72	0,0469	0,78	0,0031	17,04	0,0682
300	0,26	0,0009	0,28	0,0009	0,98	0,0033	14,18	0,0473	0,88	0,0029	19,84	0,0661
350	0,3	0,0009	0,32	0,0009	1,08	0,0031	16,48	0,0471	0,98	0,0028	23,10	0,0660
400	0,32	0,0008	0,34	0,0009	1,18	0,0030	18,70	0,0468	1,06	0,0027	27,14	0,0679
450	0,34	0,0008	0,38	0,0008	1,28	0,0028	20,82	0,0463	1,16	0,0026	30,86	0,0686
500	0,38	0,0008	0,40	0,0008	1,36	0,0027	22,06	0,0441	1,26	0,0025	35,04	0,0701
550	0,4	0,0007	0,46	0,0008	1,44	0,0026	23,42	0,0426	1,38	0,0025	39,70	0,0722
600	0,44	0,0007	0,5	0,0008	1,56	0,0026	24,4	0,0407	1,6	0,0027	43,8	0,0730

Tabla 2. Valores de conductividad hidráulica en permeámetro a presión constante

H (cm)	SP1	SP2	SP3	SP4	SW	SM1	SM2	SP1+SM1	SP3-SM1	CA	CV
50	3,0	2,7	0,656	0,049	0,027	0,046	0,0077	0,0104	0,040	0,686	0,0023
100	2,8	2,4	0,620	0,050	0,011	0,043	0,0065	0,0014	0,038	0,685	0,0025
150	2,7	2,1	0,580	0,050	0,010	0,042	0,0063	0,0013	0,038	0,678	0,0027
200	2,3	2,3	0,590	0,050	0,010	0,041	0,0062	0,0014	0,038	0,654	0,0026
250	2,4	2,0	0,576	0,051	0,010	0,040	0,0061	0,0016	0,037	0,656	0,0028
300	2,2	2,1	0,563	0,050	0,010	0,040	0,0063	0,0017	0,037	0,650	0,0029
350	2,1	2,0	0,558	0,051	0,011	0,040	0,0063	0,0018	0,037	0,641	0,0030
400	2,1	2,0	0,551	0,051	0,011	0,039	0,0063	0,0018	0,036	0,640	0,0029
450	2,1	1,9	0,540	0,051	0,011	0,039	0,0062	0,0019	0,036	0,611	0,0028
500	2,0	1,9	0,542	0,050	0,012	0,039	0,0062	0,0020	0,037	0,606	0,0028
550	2,1	1,8	0,547	0,050	0,013	0,039	0,0062	0,0020	0,036	0,587	0,0026
600	2,0	1,7	0,537	0,050	0,017	0,039	0,0062	0,0019	0,034	0,529	0,0024

Los valores de gradiente hidráulico y de resistividad hidráulica de las arenas exceden en un orden de magnitud a los de las gravas, pero en todos los casos puede apreciarse una correlación lineal entre carga externa y gradiente hidráulico, con un elevado valor de coeficiente de correlación. Con todo, es conviene notar que el valor de la relación presenta una tendencia a disminuir a medida que aumenta el valor de la carga hidráulica externa, de modo que, si bien la tendencia general es lineal, con un elevado valor del coeficiente de correlación, ella tiende a cambiar cuando la carga externa y, por consiguiente, el gradiente hidráulico es alto. Aunque este punto amerita más trabajo experimental que permita establecer los intervalos en los que estrictamente es válida la ley de Darcy, los resultados obtenidos hasta ahora indican que dichos intervalos son mucho más amplios que los definidos en los textos y manuales corrientes.

A partir del examen de las gráficas de esta figura es posible proponer como expresión alterna para el gradiente hidráulico la expresión

$$i = H\zeta$$

Con base en estos resultados es posible afirmar que la resistividad hidráulica es una manera diferente de presentar la permeabilidad. En la Tabla 4 se encuentran los valores de coeficiente de permeabilidad y resistividad hidráulica obtenidos en los experimentos ejecutados en este trabajo.

Tabla 3. Valores de permeabilidad, k , y resistividad hidráulica, ζ .

Material	k (cm/s)	ζ (cm ⁻¹)
Arena gruesa de granos angulosos SP	2.01	0.0009
Arena gruesa de granos redondeado SP	2.1	0.0008
Arena gruesa SW	0.011	0.0451
Arena de media SP . (a. de Ottawa)	0.552	0.0028
Arena media limosa SP-SM	0.039	0.0309
Arena fina limosa SP-SM	0.0062	0.0612
Arena fina SP	0.050	0.0167
Carbón activado agotado	0.634	0.0027
Ceniza volante	0.0028	0.0692
Mezcla de arena de Ottawa y arena fina SP	0.036	0.0307
Mezcla de arena gruesa y arena fina SP	0.002	0.0849

Los pares de valores de conductividad hidráulica y resistividad están relacionados por una función, ilustrada en la figura 6, a la que corresponde la siguiente expresión:

$$\zeta = 0.002k^{-0.7}$$

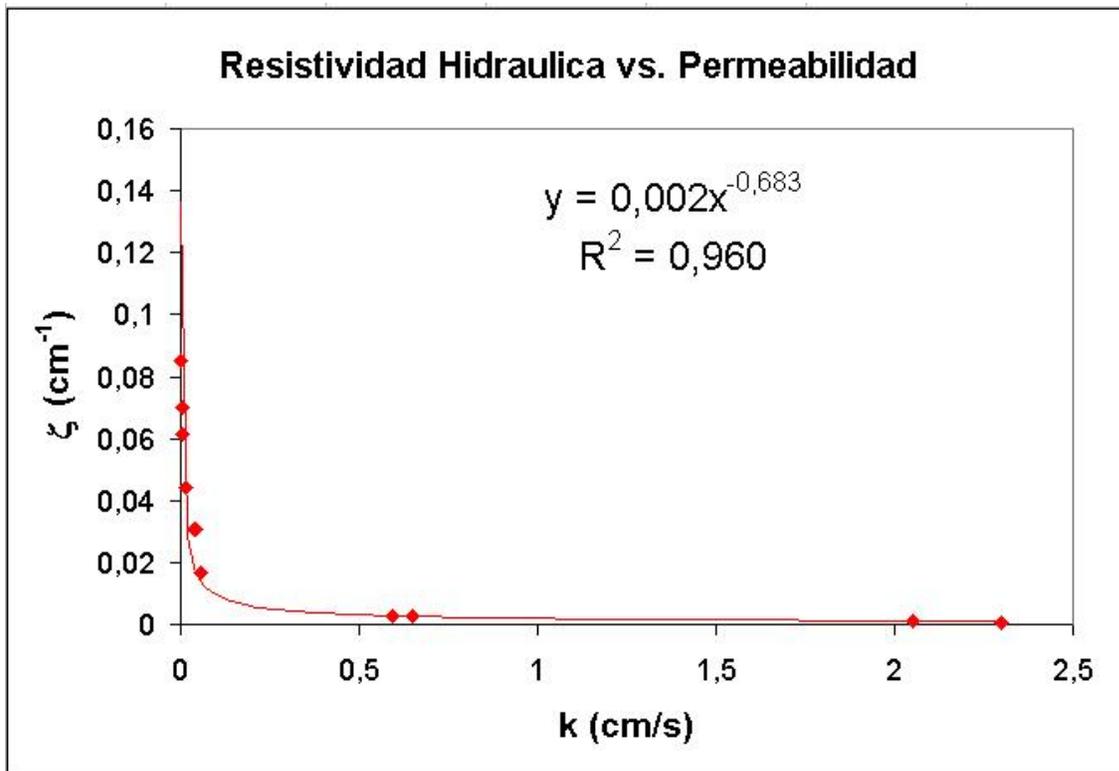


Figura 12. Relación entre permeabilidad y resistividad hidráulica.
 Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados anteriores es posible proponer como expresión alternativa para el flujo de agua en medios permeables así:

$$v = 2 \cdot 10^{-3} k^{0.3} H$$

3. GRADIENTE HIDRÁULICO/NUMERO DE REYNOLDS

La ley de Darcy es considerada válida para continuos donde se presenten condiciones de flujo laminar que ha sido definido en términos del Número de Reynolds. Análogamente al flujo en tuberías, se definió un número de Reynolds Re para el flujo en un medio permeable, como una relación entre fuerzas inerciales y viscosas que actúan en el flujo. Este número se define en función de la velocidad de descarga, el diámetro característico del material y la viscosidad cinemática del fluido, así:

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Se suele utilizar como diámetro característico del material, el diámetro promedio D_{50} y el diámetro efectivo D_{10} . En este trabajo se considerará el D_{50} . Fancher & Louis (1933) definieron un límite superior aproximado para la aplicación de la ley de Darcy, por debajo del cual la relación entre la velocidad y el gradiente hidráulico es completamente lineal.

$$Re = \frac{vD}{\nu} \leq 1$$

Más tarde Bear [3], 1988, concluyó, a partir de estudios experimentales, que la relación $v: i$ es lineal en el intervalo $1 \leq Re \leq 10$; a partir de este valor comienza una zona de transición en el

flujo laminar. Para valores de R_e mayores el flujo ya es turbulento, es decir, no se presenta la linealidad entre velocidad de descarga y gradiente hidráulico.

Ángel [1], (1989) propuso un valor del Número de Reynolds igual a 20 como límite superior para que se cumpla la ley de Darcy. En este trabajo hemos encontrado que la linealidad de la relación $v: i$ se mantiene aún en condiciones en que el Número de Reynolds es mayor que 20 e incluso mayor que 30. En la Tabla 4 se encuentran los valores calculados del Número de Reynolds en los 132 ensayos de permeabilidad ejecutados en esta investigación

Tabla 4. Valores de Numero de Reynolds en ensayos de permeabilidad a presión constante

H (cm)	SP1	SP2	SP3	SP4	SW	SM1	SM2	SP1-SM1	SP3-SM2	CA	CV
50	4,4	5,1	2,3	0,2	0,4	0,3	0,03	0,1	0,5	2,2	0,01
100	10,2	9,1	4,2	0,3	0,8	0,7	0,08	0,2	1,2	4,1	0,01
150	13,7	12,2	5,6	0,5	1,3	1,0	0,14	0,4	1,8	5,4	0,02
200	16,7	14,6	6,8	0,6	1,8	1,3	0,21	0,5	2,4	6,6	0,02
250	19,0	16,5	7,9	0,6	2,3	1,6	0,28	0,7	3,0	7,6	0,03
300	21,2	18,4	8,8	0,7	2,9	1,9	0,36	0,8	3,5	8,5	0,03
350	23,1	20,2	9,6	0,8	3,4	2,1	0,45	1,0	3,9	9,3	0,04
400	24,9	21,9	10,4	0,9	3,9	2,3	0,54	1,2	4,3	10,1	0,04
450	26,6	23,3	11,0	1,0	4,5	2,5	0,63	1,4	4,7	10,5	0,05
500	28,3	24,9	11,8	1,0	5,2	2,7	0,72	1,7	5,1	11,3	0,06
550	29,9	26,3	12,6	1,1	5,8	2,9	0,78	1,9	5,3	12,0	0,06
600	32,0	27,2	13,4	1,1	8,1	3,0	0,82	2,2	5,4	12,6	0,06

REFERENCIAS

[1] Ángel Robledo, W. Ley de filtro de Darcy: estudio de coeficientes de permeabilidad isotrópica bajo gradientes hidráulicos pequeños. Medellín, 1989. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Minas.

[2] ASTM, 2000, Standard Method

[3] Bear, J., Dynamics of Fluids in Porous Media. Courier Corporation, Technology & Engineering, 764 pages. 1988

[4] Darcy, H., Les fontaines publiques de la Ville de Dijon. Exposition des principes à suivre et des formules à employer dans les questions de distribution d'eau. Libraire des Corps Impériaux des Ponts et chaussées et des Mines, 1856

[5] Fancher, G.H. & Lewis, J.A, Flow of simple fluids through porous materials Ind. Eng. Chem., 25, pp. 1139-1147, 1993

[6] Lambe, W. & Whitman, R, John Wiley & Sons, New York, 553 p., 1979

[7] Terzaghi, Soil Mechanics in Engineering Practice; 1946

ANEXO

TRADUCCIÓN AL CASTELLANO DE LA NOTA D DEL APÉNDICE DE HISTORIA DE LAS FUENTES PÚBLICAS DE DIJON [4]

DETERMINACIÓN DE LAS LEYES DE FLUJO DEL AGUA A TRAVÉS DE LA ARENA.

Ahora presento el informe de los experimentos hechos en Dijon en cooperación con el ingeniero Charles Ritter para determinar las leyes de flujo del agua en arenas. Los experimentos han sido repetidos por el ingeniero y jefe Baumgarten.

El aparato empleado pl. 24, figura 3, consistió en una columna vertical de 2.5 m (3.5m?) de altura formada de un trozo de tubería de 0.35 m de diámetro interior y cerrada en cada una de sus extremidades por una placa remachada.

En su interior, y a 0.2 m por encima, del fondo se encuentra una partición horizontal con una malla abierta, destinada a soportar la arena, y que divide la columna en dos cámaras. Esta partición está formada por la superposición de abajo a arriba de una malla de barras prismáticas de hierro de 7 mm, de una malla de barras cilíndricas de 5 mm, y finalmente una tela metálica de 2 mm. El espaciamiento de las barras de cada una de las mallas es igual a su espesor, y las 2 mallas están dispuestas de manera que sus barras queden en direcciones perpendiculares una respecto a la otra.

La cámara superior de una columna recibe el agua por un tubo conectado a la red de agua del Hospital con una válvula que permite regular el flujo a voluntad; la cámara inferior se abre mediante una válvula sobre un recipiente de medida de 1 m de diámetro.

La presión en las dos extremidades de la columna está indicada por manómetros de mercurio en U; finalmente, cada una de las cámaras cuenta con una purga de aire esencial para el llenado del aparato.

Los experimentos fueron hechos con arena silíceo del Saone cuya composición es la siguiente:

0.58 de arena que pasa la malla de 0.77 mm; 0.13 de arena que pasa la malla de 1.10 mm.; 0.12 de arena que pasa la malla de 2.00 mm.; 0.17 de grava menuda, conchas, etc.; Porosidad aproximada 38/100.

La arena fue colocada y apisonada en la columna previamente llena de agua con el objeto de que los vacíos de la masa filtrante no contuvieran aire, y la altura de la arena fue medida al final de cada conjunto de experimentos después de que el paso del agua la había compactado apropiadamente.

Cada experimento consistió en establecer una presión dada en la cámara superior de la columna, mediante la operación de la válvula de entrada; luego, después de que se estaba

seguro, por dos observaciones, que el flujo se había vuelto sensiblemente uniforme se anotaba el flujo en el filtro durante un cierto tiempo y se calculaba el flujo medido por minuto.

Con cargas con presiones bajas, la quietud casi completa del mercurio en el manómetro permitía apreciar hasta el milímetro, que representaba 26.2 mm de agua; cuando se operaba bajo fuertes presiones, la válvula de entrada estaba casi enteramente abierta, y entonces el manómetro a pesar del diafragma instalado, presentaba oscilaciones continuas; sin embargo, las oscilaciones fuertes eran aleatorias y se podía apreciar la altura media del mercurio, con una precisión de 5 mm, es decir, que podría conocer la presión en agua con una precisión de 1.3 m.

Todas estas oscilaciones del manómetro eran debidas a los golpes de ariete producidos por el efecto de los numerosos grifos públicos del Hospital donde se encontraba el aparato experimental.

Todas las presiones han sido registradas en el nivel de la cara inferior del filtro y no se ha tenido en cuenta la fricción en la parte superior de la columna que, evidentemente era despreciable.

El cuadro de datos y resultados, y su representación gráfica, muestran que el flujo de cada filtro crece proporcionalmente con la presión.

El volumen por segundo y por metro cuadrado en los filtros en lo que se ha trabajado, está correlacionado muy aproximadamente con la presión de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Primera serie } Q &= 0.493 P & \text{Segunda serie } Q &= 0.145 P & \text{Tercera serie } Q &= 0.126 P \\ \text{Cuarta serie } Q &= 0.123 P \end{aligned}$$

Si se llama I la presión por metro de espesor de filtro, estas fórmulas se transforman en las siguientes:

$$\text{Primera serie } Q = 0.286 I \quad \text{Segunda serie } Q = 0.165 I \quad \text{Tercera serie } Q = 0.216 I$$

Las diferencias entre los valores del coeficiente Q/I provienen de que la arena empleada no ha sido homogénea. Para la segunda serie no fue lavada; para la tercera serie fue lavada; para la cuarta serie fue muy bien lavada y un grano un poco más grueso.

Parece entonces que, puede admitirse que el volumen que fluye por una arena de la misma naturaleza es proporcional a la presión e inversamente proporcional al espesor de la capa atravesada.

$$Q = 0.332 I$$

En las experiencias precedentes la presión bajo el filtro ha sido siempre igual a la presión atmosférica; era interesante investigar si la ley de proporcionalidad que se ha reconocido entre los volúmenes y las presiones que lo producen es válida aun cuando la presión bajo el filtro es diferente a la presión atmosférica. Tal fue el objeto de los experimentos hechos bajo la dirección de M. Ritter el 17 y 18 de febrero de 1856. Los resultados de estos experimentos

están registrados en el cuadro sinóptico siguiente, la columna 4 da las presiones sobre el filtro; la columna 5 las presiones bajo el filtro por encima o por debajo de la presión atmosférica; la columna 6 presenta las diferencias de presiones; finalmente la columna 7 indica las relaciones de volúmenes respecto a las diferencias de presiones que existen sobre y por debajo del filtro. El espesor de la capa de arena atravesada era igual a 1.1 m

CUADRO DE EXPERIMENTOS HECHOS EN DIJON 29 Y 30 DE OCTUBRE Y 2 DE NOVIEMBRE DE 1855.

Experimento Número	Duración	Volumen medio/minuto	Presión media	Relación entre volumen y presión	OBSERVACIONES
Primera Serie, con un espesor de arena de 0.58 m					
1	25	3.60	1.11	3.25	Arena sin lavar La columna manométrica presentó sólo pequeños movimientos Oscilaciones apreciables Fuertes oscilaciones manométricas.
2	20	7.65	2.36	3.24	
3	15	12.00	4.00	3.00	
4	18	14.28	4.90	2.91	
5	17	15.20	5.02	3.03	
6	17	21.80	7.63	2.86	
7	11	23.41	8.13	2.88	
8	15	24.50	8.58	2.85	
9	13	27.80	9.86	2.82	
10	10	29.40	10.89	2.70	
Segunda Serie, con un espesor de arena de 1.14 m					
1	30	2.66	2.60	1.01	Arena sin lavar. Oscilaciones muy fuertes
2	21	4.28	4.70	0.91	
3	26	6.26	7.71	0.81	
4	18	8.60	10.34	0.83	
5	10	8.90	10.75	0.83	
6	24	10.40	12.34	0.84	
Tercera Serie, con un espesor de arena de 1.71m					
1	31	2.13	2.57	0.83	Arena lavada Oscilaciones muy fuertes.
2	20	3.90	5.09	0.77	
3	17	7.25	9.46	0.76	
4	20	8.55	12.35	0.69	
Cuarta Serie, con un espesor de arena de 1.7 m					
1	20	5.25	6.98	0.75	Arena lavada, con un grano un poco mayor que el precedente. Oscilaciones débiles debido a la obturación parcial de la obturación del manómetro
2	20	7.00	9.95	0.70	
3	20	10.30	13.93	0.74	

Experimento	Duración	Volumen medio	Presión media		Diferencia de presión	Relación entre volumen y presión	Observaciones
			Encima del filtro	Debajo del filtro			
	min	l/min	m	m	m		
1	15	18.8	P+9.48	P-3.60	13.08	1.44	Fuerzas oscilaciones en el manómetro superior Id. Débiles Muy débiles Casi nulas Muy fuertes Muy débiles Muy fuertes Casi nulas Id. Muy fuertes, ya se ha explicado la causa de estas oscilaciones.
2	15	18.3	P+12.88	P 0	12.88	1.42	
3	10	18.0	P+9.80	P-2.78	12.58	1.43	
4	10	17.4	P+12.87	P+0.46PP	12.41	1.40	
5	20	18.1	P+12.80	+0.49	12.35	1.47	
6	16	14.9	P+8.86	P-0.83	9.69	1.54	
7	15	12.1	P+12.84	P+4.40	8.44	1.43	
8	15	9.8	P+6.71	P 0	6.71	1.46	
9	20	7.9	P+12.81	P+7.03	5.78	1.37	
10	20	8.65	P+5.58	P 0	5.58	1.55	
11	20	4.5	P+2.98	P 0	2.98	1.51	
12	20	4.15	P+12.86	P+9.88	2.98	1.39	

$q = k s (h + e \pm h_o) / e$ que se reduce a $q = k s (h + e) / e$ cuando $h_o = 0$, o cuando la presión debajo del filtro es igual a la presión atmosférica.

Es fácil determinar la ley de disminución de la altura del agua h sobre el filtro. En efecto, si dh es la disminución de esta altura durante un tiempo dt , su velocidad de abatimiento será $-dh/dt$; y la ecuación precedente da para esta velocidad la expresión

$$q/s = v = k/e (h+e)$$

Se tendrá entonces $-dh/dt = k (h+e) / e$, de donde $dh / (h+e) = -k dt / e$, y $\ln (h+e) = C - k t / e$

Si el valor h_o corresponde al tiempo t_o y h a un tiempo cualquiera t , resultará

$$\ln (h + e) = \ln (h_o + e) - k (t-t_o) / e \quad (1)$$

Si se reemplaza $h+e$ y h_o+e por qe/sk y $q_o e/sk$, resultará

$$\ln (q) = \ln (q_o) - k(t-t_o) / e \quad (2)$$

Y las dos ecuaciones (1) y (2) dan, darán la ley de abatimiento sobre el filtro o la ley de volúmenes filtrados a partir del tiempo t_o .

Si k y e son desconocidos, se ve que sería necesario dos experimentos preliminares para hacer desaparecer la relación k/e de la segunda ecuación.

INSTRUCCIONES PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE ARTÍCULOS

Las siguiente es la información a tener en cuenta con los requisitos para publicar

- Los escritos deben ser propios de los autores, en español, en formato Microsoft Word, de acuerdo con el formato enviado adjunto
- Los gráficos, fotografías y diagramas se nombran de forma coherente con el texto, lo mismo que la información presentada en tablas y cuadros. Cada figura o tabla utilizada se debe acompañar de un título breve referente al contenido.
- Cada artículo recibido es revisado por el Comité Editorial de la revista quienes recomendarán que el trabajo sea: 1) aceptado tal como fue recibido; 2) retornado para su revisión; o 3) rechazado. La aceptación se determina por factores tales como la originalidad, significado, implicancia y validez de la contribución, la conveniencia para el tipo de lectores de la Revista y el cuidado editorial con el que el manuscrito ha sido preparado.
- Debe incluirse una lista de referencias bibliográficas (mínimo 3), tanto citadas en el texto, como recomendadas por los autores.

Enviar los artículos a direcciontecnica@sai.org.co

TÍTULO DEL ARTÍCULO PARA LA REVISTA SAI EN MAYÚSCULA

Apellido, Nombre¹; Apellido, Nombre²; Apellido, Nombre³

¹Grado académico, Universidad, Institución, Ciudad, País, año

²Grado académico, Universidad, Institución, Ciudad, País, año

³Grado académico, Universidad, Institución, Ciudad, País, año

Correo electrónico de contacto

Resumen: Hasta 50 palabras. Los escritos deben ser preparados por el autor, en español, en formato Microsoft Word, de acuerdo con el formato enviado adjunto. Letra Times New Roman 12, espacio simple, entre 6 y 15 páginas, justificado.

Palabras clave: Incluir una lista de 3 a 5 palabras claves

DESARROLLO

Los títulos deben estar alineados a la izquierda

Por favor no cambie los tamaños de fuente o el espaciado de renglones.

Utilice cursiva o negrita para dar énfasis a un texto.

El nombre y numeración consecutiva de las figuras deben estar centradas debajo de las figuras, los títulos de las tablas deben estar centrados encima de ellas. Mencione las figuras y tablas en el texto antes de estas. Para la mención de figuras, tablas o ecuaciones utilice las palabras completas con la primera letra en mayúscula, por ejemplo "Figura 1". Coloque las unidades entre paréntesis. Por ejemplo, escriba "Temperatura (K)", no "Temperatura K". Si la Figura no es de creación propia por favor hacer la citación de la fuente.

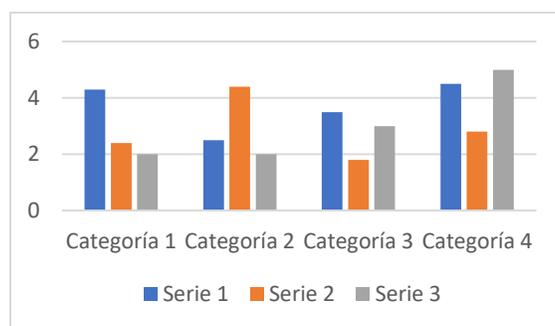


Figura 1. Distribución por categorías

Fuente: Elaboración propia

Por favor, no modificar los márgenes de esta plantilla. Los cuales se especifican en la Tabla 1. Todas las medidas están en centímetros.

Tabla 1. Márgenes de página

Página	Superior	Inferior	Izquierda/Derecha
Primera	3,0	2,5	3,0
Resto	3,0	2,5	3,0

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS

Para citar las referencias bibliográficas a lo largo del manuscrito usar paréntesis.

Algunos ejemplos de referencias son:

Libro

Herrera Cáceres, C. y Rosillo Peña, M. (2019). Confort y eficiencia energética en el diseño de edificaciones. Universidad del Valle.

Revista

Castañeda Naranjo, L. A. y Palacios Neri, J. (2015). Nanotecnología: fuente de nuevos paradigmas. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 7(12), 45–49. <https://doi.org/10.22201/ceiach.24485691e.2014.12.49710>

Para artículo en un periódico

Carreño, L. (9 de febrero de 2020). La disputa gremial por los aranceles a las prendas de vestir. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/la-disputa-gremial-por-los-aranceles-las-prendas-de-vestir-articulo-903768>

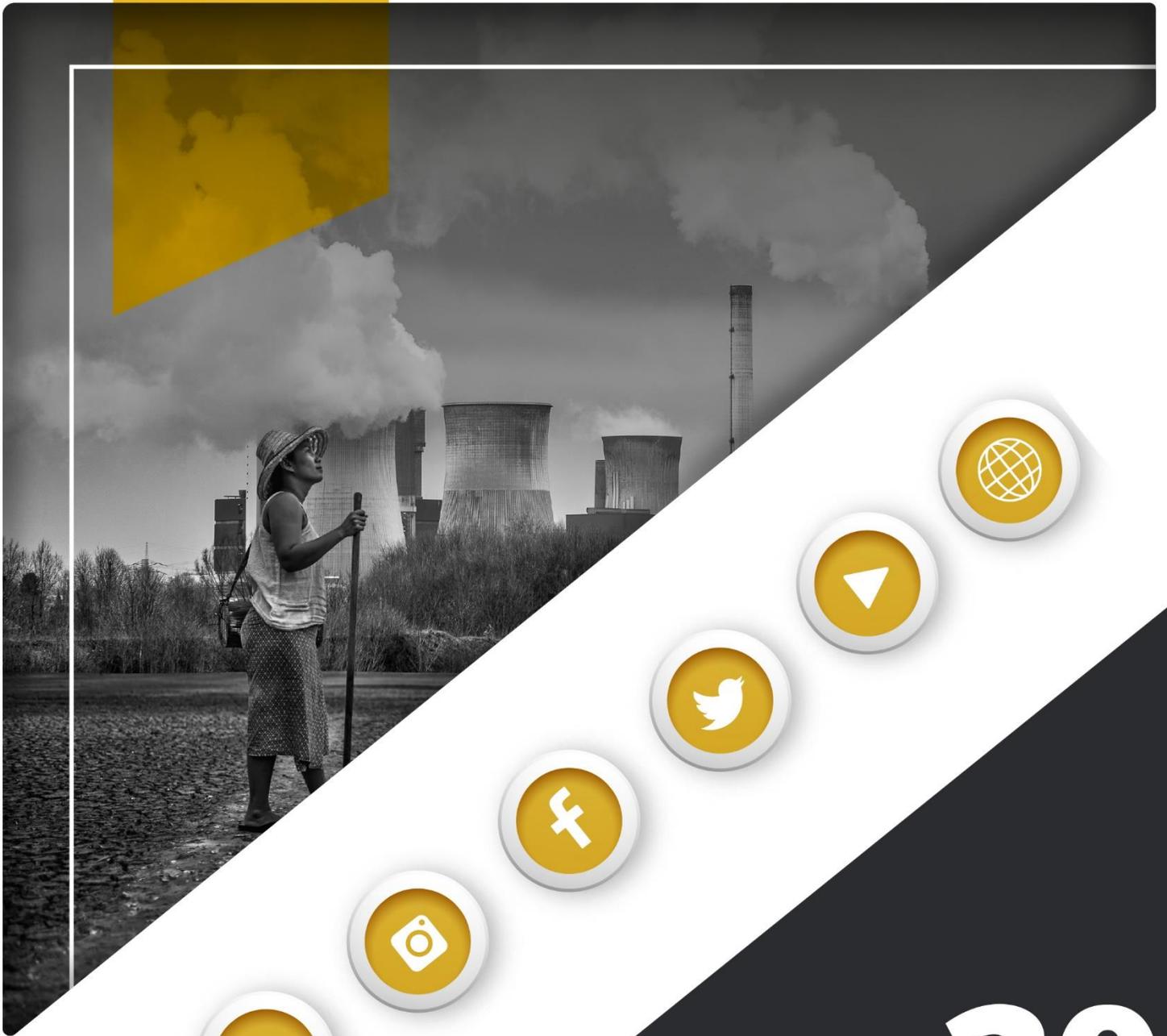
Para tesis o disertaciones

Martínez Ribón, J. G. T. (2011) Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>

Para página Web

Sánchez, Carlos. (08 noviembre 2021). Ejemplos de Referencias Bibliográficas APA. Normas APA actualizadas 7ª edición. <https://normas-apa.org/referencias/ejemplos/>





**20
23**

www.sai.org.co