



ISSN 1317-6781

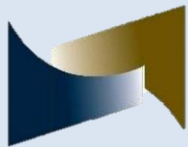
Academia Nacional de la
Ingeniería y el Hábitat

BOLETÍN 70



Palacio de las Academias

Enero-marzo 2026
Caracas, Venezuela



Academia Nacional
de la Ingeniería y el Hábitat

**ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA
Y EL HÁBITAT
BOLETÍN 70
Caracas, Venezuela**

Palacio de las Academias, Av. Universidad, con esquina La Bolsa a San Francisco, Zona Postal 1012,
Caracas, Venezuela. Teléfono: +58 0414 378 44 41
Correos-e: boletinanih@gmail.com / acadingven@gmail.com / url: www.acading.org.ve

INDIVIDUOS DE NÚMERO:

Sillón I Roberto Úcar Navarro, Sillón II Oscar Grauer, Sillón III Manuel Torres Parra, Sillón IV Nagib Callaos, Sillón V José C. Ferrer González, Sillón VI Asdrúbal A. Romero Mújica, Sillón VII Eduardo Roche Lander, Sillón VIII José Grases Galofre, Sillón IX Daniel Alejandro Salcedo Rodríguez, Sillón X Gonzalo J. Morales Monasterios, Sillón XI Oladis Troconis de Rincón, Sillón XII Griselda Ferrara de Giner, Sillón XIII Luís Giusti, Sillón XIV Alfredo F. Cilento Sarli, Sillón XV Werner Corrales Leal, Sillón XVI Víctor R. Graterol Graterol, Sillón XVII Eduardo Buroz Castillo, Sillón XVIII Arnoldo José Gabaldón Berti, Sillón XIX Vacante, Sillón XX Arturo José Almandoz Marte, Sillón XXI Vladimir Yackovlev, Sillón XXII Alfredo Avella Guevara, Sillón XXIII Darío Alfredo Vilorio Vera, Sillón XXIV Vacante, Sillón XXV Marianela Lafuente, Sillón XXVI Franco Urbani, Sillón XXVII José Ochoa Iturbe, Sillón XXVIII Joaquín Benítez Maal, Sillón XXIX Eli Saúl Puchi, Sillón XXX Carlos Genatíos Sequera, Sillón XXXI Rafael Isidro Quevedo Camacho, Sillón XXXII Vacante, Sillón XXXIII José Luis López Sánchez, Sillón XXXIV Walter James Alcock, Sillón XXXV Oscar Andrés López Sánchez.

MIEMBROS CORRESPONDIENTES NACIONALES:

Jesús Arnaldo Vilorio Rendón, Nelson Hernández, Noel Santiago Mariño Pardo, Diego José González Cruz, Julián Aguirre, Alejandro J. Müller Sánchez, Martín Essenfeld Yahr, Rafael Lairat Centeno, Jesús Augusto Gómez Medina, Carlos Francisco Espinosa Jiménez, Laszlo Sajo Bohus, Eduardo Páez-Pumar Hernández, Sergio Marín Ernst, Lorenzo González Casas, Loraine Mayrim Giraud Herrera, Wagdi Naime Yehia, Edgar José Jaimes Cárdenas, Luis Alfonso Sandia Rondón, Gustavo Enrique Nouel Borges e Inírida Rodríguez Millán.

MIEMBROS CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS:

Jacky Lesage (Francia), Edilberto Guevara (Perú), Paolo Maragno (Italia) y José Manuel Martínez Cabrero (España)

MIEMBROS HONORARIOS:

José Ignacio Moreno León, Mariana Henriette Staia, Mireya Rincón de Goldwasser, Marco Negrón, Genoveva Sequera de Genatíos, María Julia Gilabert de Brito, Alfonso José Linares Angulo, Carlos Machado-Allison, Julio César Ohep Cardier, Román Mayorga, Germán Uzcátegui Briceño, Herbert Lynch Blackman, Oscar Olinto Camacho, Rafael Eduardo Dávila Cárdenas, Ramón Germán Monzón Salas, Daniel Quintini Alizo, Luis Enrique Franceschi Ayala, José Germán Pacheco Troconis, Francisco José Layrisse Ramírez, Francisco Pimentel Malaussena, Aurelio Useche Kislinger, Juan Bautista Font Tono, Frank Marcano Requena, Jorge Baralt Torrijos, Alonso José Romero Martínez, Antonio Colino Martínez, Carmelo Ecarri Henríquez, Sonia Cedres de Bello, Miguel Nucete Hübner, Yajaira Elena Freitas Ochoa, Riad Bujana Saldivia, Raúl Jesús Estévez Laprea y José María de Viana del Barrio.

La Academia de la Ingeniería y el Hábitat, rinde tributo a los miembros de esta Corporación fallecidos que durante su meritoria vida hicieron importantes aportes al país y a la institución.

Individuos de Número en orden de sillones †: I Alberto Méndez Arocha, II Marcelo González Molina, IX Alfredo Guinand Baldó, XI Efraín Barberii, XII Guido Arnal, XIV Rafael Tudela, XV Alberto Urdaneta, XVII Claus Graf, XVIII Roberto Pérez Lecuna, Sillón XIX César Quintini Rosales, XX Luís Enrique Oberto González, XXII Heinz Henneberg, XXIII David Darío Brillembourg, Sillón XXIV Simón Lamar, XXV Julio Martí, XXVI Hugo Pérez La Salvia, XXVII Rodolfo Moleiro, XXVIII Rubén A. Caro, XXIX Rafael Suárez, XXX Héctor Hernández Carabaño, XXXI Tomás Sanabria, XXXI Mario Paparoni Micale, XXXII Armando Vegas Sánchez, XXXII Roberto César Callarotti, XXXIII Aníbal Martínez y XXXV Humberto Peñaloza.

Miembros Correspondientes †: Francisco J. Larrañaga, Julián Aguirre Pe. y William Allan Wulf.

Miembros Honorarios †: José Raúl Alegrett Ruiz, Miguel Asdrúbal Arcia Montezuma, Eduardo Arnal, Víctor Artís García, Pedro Pablo Azpúrua, Oscar Benedetti Pietri, Miguel Bocco, Teolinda Bolívar Barreto, Gonzalo Castro Fariñas, Roberto Centeno, Salomón Cohén Levy, Juan Antonio Comerma Gutiérrez, Diego Ferrer Fernández, Gustavo Ferrero Tamayo, Celso Fortoul, Graziano Gasparini, Arévalo Guzmán Reyes, Joaquín Lira-Olivares, Freddy Leal Pinto, Víctor Maldonado Michelena, Eduardo Mendoza Goiticoa, Santos Michelena Carcaño, Roger Nava, Alberto Olivares, Ignacio Rodríguez Iturbe, Gustavo Rivas Mijares, Rodolfo Tellería y Santiago Vera Izquierdo.

COMITÉ DIRECTIVO

José Ochoa Iturbe: Presidente, Joaquín Benítez Maal: Vicepresidente, Alfredo Avella Guevara: Secretario, Franco Urbani Patat: Tesorero y Marianela Lafuente: Bibliotecaria.

COMISIÓN EDITORA

José Luis López: Presidente, Norly Belandria: Secretaria, Wagdi Naime: Editor Boletín, Franco Urbani, Rafael Isidro Quevedo Camacho, Alfonso Linares, Griselda Ferrara, Teresa Borges, Heriberto Echezuría, Jorge Baralt Torrijos, Juan Fernando Marrero, Edilberto Guevara, Cheryl Linarez, Frank Audemard y Yajaira Olivo.

CONSEJO ASESOR

Eduardo Buroz C., Manuel Torres Parra, Marianela Lafuente, José Ochoa, Rafael Dávila C., Patricia Ramos C., Miguel Padrón, Joaquín Benítez M., Belkis Echenique, José Manuel Martínez, Gonzalo Morales, Vivían Floríndez, Jesús Gómez, Gilberto Castreje, Alfredo Cilento S., José Alberto O., Orlando Marín C., Alfredo Avella G., Félix Arroyo, Julio César Ohep, Noel Mariño, Inírida Rodríguez, Oscar Grauer, Ricardo Cuberos, Jorge A. Martínez, Paolo Maragno, Asdrubal Romero, Carmelo Ecarri, Eduardo Páez Pumar y Rafael Lairet.

Diseño y Diagramación: Lic. Dilia Pestana

Depósito Legal: pp200103CA232

ISSN: 1317-6781

El *Boletín* está registrado en:



<http://bdigital2.ula.ve/bdigital/index.php/colecciones/revenicyt>

Código RVB019



<https://latindex.org/latindex/ficha/2513>

Los números anteriores pueden descargarse en <https://acading.org.ve/boletin-de-la-anih/>

Caracas – Venezuela

Enero-marzo, 2026

La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de la República Bolivariana de Venezuela, hace constar que las publicaciones que propicia, se realizan respetando el derecho constitucional a la libre expresión del pensamiento y, manifiesta que no se hace solidaria del contenido de las obras o trabajos publicados, ni de las ideas y opiniones que en ellos se emitan, las cuales son de exclusiva responsabilidad de los autores.

El *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*, ANIH, es una publicación trimestral de carácter científico y técnico dedicado a divulgar trabajos originales en la temática de la ingeniería, el hábitat y áreas afines, tanto de nivel nacional como internacional y es también un instrumento divulgativo de los asuntos oficiales de la institución.

Los interesados en publicar sus artículos deberán enviarlos al correo electrónico boletinanih@gmail.com siguiendo el formato de presentación indicado en las *Normas para los Autores*, que se publican al final de esta edición y también disponible en los siguientes enlaces, en español e inglés: <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/NORMAS PARA LOS AUTORES DE ARTICULOS PARA EL BOLETIN DE LA ANIH.pdf> <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS.pdf>

Todos los artículos que se publican en el Boletín son previamente sometidos a la revisión por pares con base en las *Normas de Arbitraje* disponibles en el siguiente enlace: <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/NORMAS PARA EL PROCESO DE ARBITRAJE-1.pdf>

ÍNDICE

BOLETÍN 70 ANIH

Enero-marzo 2026

PARTE I CIENTÍFICO-TÉCNICA

- Editorial 9

ARTÍCULOS

- Propuesta de un Índice de Calidad de Agua para la Amazonía venezolana. *Carlos Espinosa, Yajaira Olivo Carmona, Luis Jiménez Puyosa y Juan Carlos Amilibia* 12
- Propuesta de reforzamiento de puentes de concreto mediante técnicas de pretensión exterior. *Ronald Torres, María Luisa Díaz y Duilio Marcial*..... 21
- Cuevas, Cavernas y Grutas. Una conexión ritual, religiosa y artística con el mundo subterráneo. *Jhonny Casas*..... 30

NOTAS TÉCNICAS

- Granitos colgados: un término de uso práctico para el estudio de perfiles de meteorización en el sur del municipio Cedeño, Venezuela. *Noel Mariño Pardo y Carlos Eduardo Yáñez*..... 55

PARTE II VIDA DE LA ACADEMIA

OPINIONES DE ACADÉMICOS, COMISIONADOS E INVITADOS

- Entropía social o una sociedad negentrópica: Revisión del estado del arte. *Edgar Jaimes, Yalitzza Ramo, Neida Pineda y Enver Jaimes* 64
- El sistema de ciencia, tecnología e innovación en Venezuela: Parques Tecnológicos como estrategia y la experiencia de la Universidad de Los Andes. *Genry Vargas Contreras*..... 76
- Geopolítica y sostenibilidad minera: un análisis integral sobre tierras raras y minerales críticos en el contexto venezolano actual. *Noel Mariño Pardo*..... 82

PRONUNCIAMIENTOS, DECLARACIONES Y COMUNICACIONES DE LA ACADEMIA

- Declaración de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, y las aspiraciones de Venezuela sobre su transición a una democracia plena 84
- Informe del estado de la Inocuidad alimentaria en Venezuela. Propuesta de acciones. *Comisión Interacadémica de Sistemas Alimentarios y Nutrición (CISAN) de la ANIH y la ACFIMAN* 86
- Generar empleo de calidad para ampliar la inclusión social en las fases de recuperación, y a lo largo del desarrollo futuro. *Comisión de Desarrollo Nacional ANIH*..... 97

NOTICIAS E INFORMES DE EVENTOS AUSPICIADOS POR LA ANIH

- Corrosión y durabilidad en edificaciones existentes en el litoral venezolano (Trabajo elaborado como producto del foro desarrollado en la Comisión de Infraestructura de la ANIH). *Valentina Millano González, Andrés Torres Acosta y José Luis Beaupérthuy Urich. Editores: Oladis Troconis de Rincón, Carlos Quintini y Carlos Rodríguez Álvarez*..... 101

RESÚMENES DE TRABAJOS PRESENTADOS EN EVENTOS EXTERNOS O REVISTAS POR ACADÉMICOS Y COMISIONADOS

- Strength Parameter Estimation from Triaxial Data Using the Úcar Failure Criterion. *Norly Belandria, Luis E. Arlegui, Francisco Javier Torrijo y Roberto Úcar*..... 123
- Ingeniería, Patrimonio y Recursos: Síntesis de las Ponencias Presentadas en el XVIII Congreso Venezolano de Geofísica y las Jornadas de Minería, UCV. *Noel Mariño Pardo* 124

RECONOCIMIENTOS A ACADÉMICOS Y COMISIONADOS

- Acad. Jorge Baralt Torrijos. La Universidad Simón Bolívar, en reconocimiento a la destacada trayectoria y valiosas contribuciones académicas del profesor Jorge Baralt Torrijos, le otorgará la distinción honorífica de "Profesor Emérito", 2026..... 128
- Acad. Francisco Pimentel Malaussena. Premio Nacional de Cultura, Mención Arquitectura 2025, otorgado por el Ministerio del Poder Popular para la Cultura. 128
- Acad. Arnoldo José Gabaldón. Designado como Miembro Correspondiente Nacional de la Academia de Mérida, 2026..... 128
- Acad. Alejandro J. Müller. Reconocido en el World's Top 2% Scientists 2025..... 129
- Acad. Jonás Montilva Calderón. Elegido como presidente de la Academia de Mérida para el periodo 2026-2028..... 129
- Ing. Barlin Orlando Olivares Campos. Distinguido con la Medalla del Premio “Agustín de Betancourt y Molina” a Jóvenes Investigadores 2025, otorgado por la Real Academia de Ingeniería de España. 130
- Acad. Edilberto Guevara Pérez. Medalla del Consejo Departamental de Lima, 2025..... 130
- Acad. Edilberto Guevara Pérez. Reconocimiento por su destacada trayectoria profesional, aportes científicos y compromiso con la gestión sostenible de recursos hídricos, otorgado por la Comisión Organizadora del Congreso Nacional del Agua, Perú 2025. 131
- Acad. Edilberto Guevara Pérez. Reconocimiento a ingenieros de destacada trayectoria profesional, otorgado por Consejo Departamental de Lima, Capítulo de Ingeniería Agrícola, Perú, 2025. 131

RESEÑAS

- Recensión sobre el libro Geología de la Región Septentrional de Venezuela. Volumen 1. Evolución del conocimiento geológico y síntesis de los terrenos tectonoestratigráficos de Franco Urbani Patat (Editor). *Víctor Ramos* 133
- Entrega del cargo como presidente de la institución. Acad. Rafael Isidro Quevedo Camacho, Presidente ANIH (10 de febrero 2026) 138
- Reflexiones sobre la formación de ingenieros y las nuevas ingenierías: una visión desde la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Palabras pronunciadas por el académico Eduardo Buroz Castillo en el marco del Foro “Lineamientos Estratégicos para la Transformación Curricular de la Facultad de Ingeniería UCV” (26 de febrero 2026)..... 143

- Una semblanza del Dr. Edilberto Guevara Pérez. Palabras leídas por el Ing. Toribio Sebastián Santayana Vela, presidente del Capítulo de Ingeniería Agrícola, Colegio de Ingenieros del Perú, Centro Departamental Lima, 2025..... 148

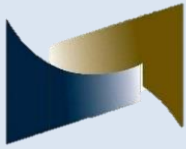
NOTAS DE DUELO

- Ing. Alfredo Álvarez e Ing. José Luís Alonso 151

SEMBLANZAS

- Luis Enrique Oberto. *Arturo Almandoz*..... 153

- Normas para los autores de artículos para el Boletín de la ANIH 154
- Instructions to authors 155



Academia Nacional
de la Ingeniería y el Hábitat

**ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA
Y EL HÁBITAT
BOLETÍN 70**

**PARTE I
REVISTA CIENTÍFICO-TÉCNICA**

EDITORIAL DEL BOLETÍN N° 70

Enero - marzo 2026

Ingeniería y Sociedad: Un Diálogo entre la Excelencia Técnica y el Compromiso Republicano

El presente número 70 del Boletín de la ANIH emerge en un momento de profunda trascendencia, donde la convergencia de los saberes técnicos y las reflexiones humanísticas se vuelve imperativa para el diseño del futuro. A través de sus páginas, el rigor de la investigación aplicada en áreas estratégicas como el ambiente y la infraestructura se entrelaza de forma natural con una visión sistémica de la realidad nacional y el fortalecimiento de nuestras instituciones. Esta entrega ofrece un registro de hallazgos científicos y también un testimonio del compromiso de la Academia por ofrecer soluciones sólidas y éticas que respondan a las aspiraciones de progreso y libertad de la sociedad venezolana.

Se inicia este recorrido con un cuerpo de cuatro contribuciones arbitradas que diagnostican realidades, proponen soluciones tangibles y rescatan la memoria de nuestro territorio. La primera contribución es la **“Propuesta de un índice de calidad de agua para la Amazonía venezolana”**. En este trabajo, Carlos Espinosa, Yajaira Olivo Carmona, Luis Jiménez Puyosa y Juan Carlos Amilibia asumen el objetivo de conceptualizar un índice (ICA-AM) adaptado específicamente a las condiciones de la región amazónica. A través de una rigurosa selección de 15 parámetros físico-químicos y biológicos, los autores concluyen en una herramienta metodológica que trasciende la visión puramente humana para abrazar una perspectiva ecocéntrica. El lector encontrará aquí una guía técnica esencial para la preservación de uno de los ecosistemas más estratégicos del planeta.

En el área de la infraestructura, Ronald Torres, María Luisa Díaz y Duilio Marcial presentan **“Propuesta de reforzamiento de puentes de concreto mediante técnicas de pretensión exterior”**. Ante el desafío crítico del envejecimiento vial, los autores evalúan experimentalmente una técnica que combina el postensado exterior con elementos metálicos. Los resultados demuestran un incremento en la capacidad resistente superior al 80%. Este artículo es una lectura de interés para quienes buscan soluciones de alto impacto, bajo costo y mínima interferencia operativa.

Por su parte, la investigación de Jhonny Casas, titulada **“Cuevas, Cavernas y Grutas. Una conexión ritual, religiosa y artística con el mundo subterráneo”**, ofrece una fascinante mirada transdisciplinaria. El objetivo del autor es desentrañar cómo estas formaciones geológicas han servido como nexos espirituales y artísticos para la humanidad. El autor concluye que estas cavidades funcionan

como auténticas "cápsulas del tiempo" que custodian la historia de las civilizaciones, invitando al lector a redescubrir el subsuelo como un patrimonio sagrado y cultural de inestimable valor.

Finalmente, en la sección de Notas Técnicas, Noel Mariño Pardo y Carlos Eduardo Yánez nos entregan **“Granitos colgados: un término de uso práctico para el estudio de perfiles de meteorización en el sur del municipio Cedeño, Venezuela”**. El objetivo central es formalizar una terminología práctica para describir los bolos residuales en el saprolito del Granito de Parguaza. Al analizar los mecanismos de meteorización esferoidal bajo condiciones tropicales, los autores concluyen que la adopción de este término facilita la comunicación técnica en la exploración minera y geotécnica.

Más allá de la sección arbitrada el Boletín expande su horizonte hacia las perspectivas del pensamiento sistémico, fundamentales para comprender la ingeniería y la sociedad como un todo indivisible. En la sección de opiniones del Boletín, la reflexión académica actúa como el eje que une la sociología, la gestión universitaria y la soberanía mineral, ofreciendo al lector una visión integral de los pilares que deben sostener nuestra reconstrucción nacional.

Se presenta un trabajo de extraordinaria profundidad intelectual: **“Entropía social o una sociedad negentrópica: Revisión del estado del arte”**, de Edgar Jaimes, Yalitza Ramos, Neida Pineda y Enver Jaimes. Aunque nace desde una cohorte sociológica, tiene relevancia para quienes planifican el hábitat y la infraestructura. El objetivo de los autores es analizar, bajo un enfoque lógico y reflexivo, cómo las sociedades pueden transitar del caos y la desorganización (entropía) hacia estados de orden, coherencia y funcionalidad (negentropía). Al contrastar con rigor los modelos de gobernanza en Venezuela de las últimas siete décadas, el estudio concluye que la salud de una nación depende de su capacidad para generar metaestabilidad a través de instituciones sólidas. El lector se encontrará ante una pieza de estudio magistralmente estructurada que invita a comprender la crisis no como un evento fortuito, sino como un proceso sistémico que exige una reconfiguración hacia la resiliencia social.

Seguidamente, Genry Vargas Contreras nos presenta **“El sistema de ciencia, tecnología e innovación en Venezuela: Parques Tecnológicos como estrategia y la experiencia de la Universidad de Los Andes”**. Este trabajo profundiza en la necesidad imperativa de consolidar un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología robusto y despolitizado. A través de la exitosa trayectoria de la Corporación Parque Tecnológico de Mérida, se concluye que la vinculación efectiva entre la universidad y el sector

productivo es el único motor real para un desarrollo sostenible, haciendo un llamado a consolidar un sistema de innovación basado en incentivos claros y seguridad jurídica.

Cerrando este ciclo de visiones estratégicas, Noel Mariño Pardo nos entrega un análisis de geopolítica de vanguardia titulado **“Geopolítica y sostenibilidad minera: un análisis integral sobre tierras raras y minerales críticos en el contexto venezolano actual”**. El trabajo tiene como meta informar y sensibilizar sobre la importancia estratégica de elementos como el litio, el cobre y el níquel, diferenciándolos con precisión científica de las tierras raras. El autor concluye que la transformación del potencial mineral del Escudo de Guayana en un activo de seguridad nacional depende estrictamente de una “gestión verde” y del rigor científico, situando a Venezuela en el mapa global de las energías limpias.

El Boletín otorga un lugar de especial relevancia a la voz oficial de la ANIH. Se presenta la **“Declaración de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, y las aspiraciones de Venezuela sobre su transición a una Democracia Plena”**. Este documento, nacido del consenso de la Junta de Individuos de Número, establece que la libertad es una condición técnica indispensable para el progreso nacional. La Academia exhorta a la sociedad civil a impulsar una transición democrática basada en el talento y el esfuerzo nacional. También se incluye el **“Informe del estado de la Inocuidad Alimentaria en Venezuela: Propuesta de acciones”**, un documento interacadémico que diagnostica las limitaciones actuales en la garantía de inocuidad y concluye con un plan de acciones concretas para recuperar los estándares de calidad alimentaria en el país.

En la sección de noticias e informes de eventos institucionales, se presenta el trabajo técnico-científico **“Corrosión y durabilidad en edificaciones existentes en el litoral venezolano”**. Este documento, nacido de un foro de la **Comisión de Infraestructura de la ANIH** en colaboración con ALCONPAT-Ve, presenta solidez metodológica y queda como una referencia de mucho interés. Contiene una revisión exhaustiva con el objeto de

diagnosticar la severa degradación que asola la infraestructura costera de Venezuela y concluye en la necesidad de implementar planes de mantenimiento preventivo y diseños orientados a la durabilidad

La sección de **Reseñas** de este número recoge cuatro interesantes discursos o recensiones. Se abre este bloque con la recensión de **Víctor Ramos** sobre el libro **“Geología de la Región Septentrional de Venezuela” (Volumen 1)**, editado por el académico Franco Urbani Patat, una obra monumental que marcará un antes y un después en la geología sudamericana. En el ámbito institucional, están las **“Palabras de Acad., Rafael Isidro Quevedo Camacho con motivo de la entrega del cargo como presidente de la ANIH”**, quien entrega una gestión fecunda y exhorta a la unidad nacional. Seguidamente, el Acad. **Eduardo Buroz Castillo** ofrece sus **“Reflexiones sobre la formación de ingenieros”**, concluyendo que la adaptación curricular es la aventura necesaria para las nuevas generaciones. Se cierra con una semblanza concisa del Acad. **Edilberto Guevara Pérez**, leída por el Ing. **Toribio Sebastián Santayana**, que celebra la trayectoria de un maestro cuya antorcha científica sigue iluminando la hidrología regional.

En definitiva, este Boletín 70 constituye una síntesis del valor que aporta el conocimiento académico a la resolución de los desafíos más urgentes del hábitat y la ciudadanía. La diversidad de los temas tratados —desde la geología profunda hasta la transición democrática— subraya que la ingeniería es, ante todo, una disciplina al servicio de la vida y la institucionalidad. Queremos expresar el más sincero agradecimiento a cada uno de los autores, árbitros y colaboradores cuyo esfuerzo y generosidad intelectual han hecho posible esta publicación. Es gracias a su dedicación que esta Academia, a través del Boletín, continúa cumpliendo su misión de orientar el porvenir nacional con la luz de la ciencia y del pensamiento crítico.

Wagdi Naime Yehia
Editor

ARTÍCULOS

PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA LA AMAZONÍA VENEZOLANA

Carlos F. ESPINOSA JIMÉNEZ¹, Yajaira OLIVO CARMONA²,
Luis JIMÉNEZ PUYOSA³, Juan Carlos AMILIBIA⁴

RESUMEN

Se presenta la conceptualización de un índice de calidad de agua para la Amazonía venezolana, basado en juicio de expertos, investigación documental y consultas a la inteligencia artificial, que contempla 15 parámetros. Para cada parámetro seleccionado se estableció una correspondencia entre una calificación cualitativa (excelente, buena, regular y deficiente) y los rangos de valores correspondientes del parámetro. Se definió además para cada parámetro una ponderación que representa la importancia del parámetro en la definición de la calidad del agua. Lo anterior se establece buscando un equilibrio entre los enfoques antropocéntrico y ecocéntrico de la calidad del agua, equilibrio necesario para lograr un enfoque que a la vez satisfaga los requerimientos ecosistémicos y los usos del agua requeridos por la sociedad. El modelo propuesto se basa en un promedio ponderado del valor de la función de transformación desarrollada y su contenido, para cada parámetro. Entre las conclusiones y recomendaciones finales destacan la necesidad de incluir en el ICA propuesto parámetros de calidad del agua representativos de actividades antrópicas propias de la zona y estudiar sobre el efecto de enmascaramiento por dilución que producen los grandes caudales de los ríos de la Amazonia venezolana.

ABSTRACT

Proposal for a water quality index for the Venezuelan amazon

Conceptualization of a water quality index for the Venezuelan Amazon is presented, based on expert judgment, documentary research, and consultations with artificial intelligence. The index includes 15 parameters. For each selected parameter, a correspondence was established between a qualitative rating (excellent, good, fair, and deficient) and the corresponding ranges of parameter values. A weighting was also defined for each parameter, representing its importance in defining water quality. This was done to find a balance between the anthropocentric and ecocentric approaches to water quality, a necessary equilibrium to achieve an approach that satisfies both ecosystemic requirements and the water uses needed by society. The proposed model is based on a weighted average of the developed transformation function value and its established weighting value for each parameter. Among the final conclusions and recommendations, we highlight the need to include in the proposed ICA water quality parameters representative of anthropogenic activities specific to the area and to study the masking effect caused by dilution produced by the large flows of the rivers of the Venezuelan Amazon.

Palabras clave: Venezuela, Amazonía venezolana, índice de calidad de agua, calidad de agua en la Amazonía, conceptualización de un índice de calidad de agua.

Keywords: Venezuela, Venezuelan Amazon, water quality index, water quality in the Amazon, conceptualization of a water quality index.

Introducción

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y de la biósfera del planeta en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus

propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar, sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella. Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones,

¹ Profesor Investigador Titular (J) CIDIAT-ULA. Miembro Correspondiente por estado Trujillo y miembro de la Comisión de Ambiente de la ANIH-VE. Miembro Correspondiente estatal de la Academia de Mérida. Correo-e: caesji@ula.ve

² Ingeniero Químico y *Magíster Scientiae* en Planificación y Desarrollo de los Recursos Aguas y Tierras por la Universidad de Los Andes. *Magíster Scientiarum* en Gerencia Ambiental por la UNEFA. Profesor Agregado del CIDIAT - ULA. Miembro de la Comisión de Ambiente de la ANIH-VE. Correo-e: olivocyajaira@ula.ve

³ Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y *Magíster Scientiae* en Gestión de los Recursos Naturales Renovables y Ambiente por la Universidad de Los Andes de Venezuela

⁴ Licenciado en Biología y *Magíster Scientiarum* en Ecología por la Universidad Central de Venezuela.

complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso. Debido a que importantes y numerosas fuentes de agua con fines de consumo humano y otros usos beneficiosos son de origen superficial, y a la importancia que tiene el agua como solvente universal, la contaminación de los ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos superficiales es un problema cada vez más grave, debido a que estos se usan como receptores finales de residuales domésticos e industriales, tanto en áreas urbanas como rurales, incluyendo áreas protegidas por legislación ambiental. Estas descargas son las principales responsables de la alteración de la calidad de las aguas naturales y sus ecosistemas, que en algunos casos llegan a estar tan contaminados que es muy difícil su depuración y recuperación. (Olivo, 2022), (Rheingheimer, 1987), (Schnoor, 1996), (Tchobanoglous *et al.*, 1987), (Zuñiga, 1996), (Lester *et al.*, 1999) y (Bitton, 1994).

La calidad del agua es el término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua en función del uso. BAEZA (2016) afirma que, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos internacionales, el término calidad del agua “se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano”.

En el capítulo II del Decreto 883 (1995), se define la calidad de un cuerpo de agua como la “caracterización física, química y biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre y demás seres vivos” (Art. 2). Al respecto, ESPINOSA (2022), señala que “calidad del agua” en genérico, es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que le confieren una particularidad y una constitución peculiar al agua, y que, determina el uso que se le puede destinar. ESPINOSA (2025) y ARANGUREN (2025) en sus ponencias en el Primer Simposio Venezolano sobre Calidad del Agua manifiestan la necesidad de armonizar el concepto de “calidad del agua” como un compromiso entre la salud de los ecosistemas acuáticos y los usos del agua requeridos por el hombre. En otras palabras, lograr un compromiso entre los clásicos enfoques antropocéntrico y ecocéntrico, viendo al hombre como parte de los ecosistemas.

El agua es esencial para el desarrollo de todas las actividades humanas, sin embargo, en líneas generales, se habla de usos consuntivos o extractivos, y de usos no consuntivos o no extractivos del agua. En el primer caso, se refiere al hecho de sacar el recurso agua de su fuente, utilizarlo fuera de allí y en muchos casos no retornarlo a la misma fuente de la que procedió: uso doméstico y municipal, agricultura y ganadería, industrial y generación de energía (térmica, nuclear). Los usos no consuntivos hacen referencia a los usos no extractivos del agua, es decir, se relaciona con los procesos de conservación de los cuerpos de agua y su disfrute (recreación, navegación, conservación de la biota), por lo que usualmente la calidad del recurso no presenta mayores alteraciones. A nivel mundial el agua extraída es usada según: uso doméstico (12%), uso agrícola y agropecuario (70%) y uso industrial (18%). En

Venezuela, estas proporciones de uso se mantienen dentro de esos rangos. Como consecuencia de estos usos, el agua disminuye su espectro de calidad dado que incorpora materiales y elementos que afectan sus características físicas, químicas y biológicas, lo que puede disminuir su viabilidad de uso aguas abajo y así mismo afectar la salud de los ecosistemas acuáticos. De allí que se hace necesario definir, de manera específica, los rangos o límites máximos permisibles de estos materiales, sustancias y elementos nocivos que se incorporan al agua. ESPINOSA (2022).

FERNÁNDEZ, *et al.* (2005) señalan que un índice de calidad de agua

consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información... [ya que los usuarios finales del índice] podrán rápidamente tener una idea clara de la situación que expresa el índice como contaminación excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción. (p. 27)

Según Guillén, Teck, Kohlmann y Yeomans (2012) citados por CASTRO *et al.* (2014), el Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un valor cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100%.

El ICA es un indicador compuesto que integra información de varios parámetros de calidad del agua y presenta diferentes metodologías según su autor. Este índice es una herramienta matemática para la calidad y puede ser utilizado para transformar grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una escala de medición única.

Venezuela es un país que cuenta con una legislación robusta en materia ambiental, y, los aspectos relacionados con calidad del agua se encuentran normados desde el año 1995. Aun cuando este conjunto de normas (Decreto 883, Resolución N° SG-018-98, Ley de Aguas y su Reglamento, entre otras), procura velar por la calidad del agua de los cuerpos hídricos, no se ha definido un ICA nacional o para alguna región del país.

Conforme a reflexiones del Primer Simposio Venezolano sobre Calidad del Agua, realizado los días 18 y 19 de octubre del 2024 de manera virtual, Venezuela no ha logrado desarrollar un índice de Calidad de Agua (ICA) adaptado a las condiciones propias de sus ecosistemas acuáticos (ESPINOSA, 2025). El ICA es una herramienta fundamental para la planificación, la conservación de los ecosistemas

acuáticos y el aprovechamiento de los recursos hídricos de una nación.

La Amazonia venezolana comprende los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro. Es un vasto territorio que está protegido bajo diversas categorías de Áreas Naturales Protegidas. En la Amazonía venezolana se localizan importantes y únicos ecosistemas y además allí se encuentran las mayores reservas de agua, de metales preciosos y minerales estratégicos. Esta realidad ha generado conflictos de intereses que pugnan entre la conservación de los ecosistemas y la explotación de recursos minerales, forestales y de la flora y la fauna. En esta región viven 21 pueblos indígenas que han ocupado este territorio desde tiempos ancestrales y se localizan las estructuras geológicas más antiguas del continente americano.

El marco general de contextualización de esta investigación son las actividades que realiza la Red Amazónica de Información Socio Ambiental Georreferenciada (RAISG) en Venezuela, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En Venezuela en particular, son las actividades de PROVITA AC en el marco de la articulación con la RAISG. La conceptualización se enmarcó en la Amazonía venezolana, buscando el necesario equilibrio entre los enfoques ecocéntrico y antropocéntrico, lo cual permite una visión ecosistémica. Lo anterior significa lograr una conceptualización armonizada de la calidad del agua que requieren los ecosistemas acuáticos y los usos potenciales del agua.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un Índice de Calidad de Agua para la Amazonía venezolana, buscando armonizar la calidad del agua que requieren los ecosistemas acuáticos y los usos potenciales del agua. Esta herramienta sin dudas será un gran apoyo en la gestión del recurso hídrico en la Amazonía venezolana, la gran reserva hídrica de Venezuela.

Metodología para la formulación del ICA de la Amazonía venezolana

Para el caso que ocupa la presente investigación, se desarrolló un ICA paramétrico basado en un promedio ponderado entre

los pesos de cada parámetro considerado y los valores de las funciones de transformación establecidas para cada uno de ellos. Para lo cual, se desarrollaron las siguientes etapas:

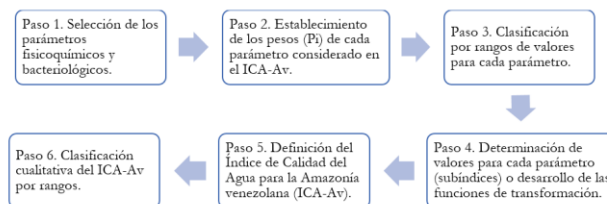


Figura 1. Metodología de formulación del ICA para la Amazonía venezolana.

Fuente: Elaboración propia.

La implementación del paso 2 (Establecimiento de los pesos (P_i) de cada parámetro considerado), del paso 3 (Clasificación por rangos de valores para cada parámetro), del paso 4 (Desarrollo de las funciones de transformación) y del paso 6 (Clasificación cualitativa del ICA-Av por rangos) de la metodología, se basó primero en la realización de investigación documental, seguido de consultas con inteligencia artificial y posteriormente con la validación mediante juicio de quince (15) expertos, a través de consenso.

Paso 1. Selección de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

La selección de los 15 parámetros del ICA-Av respondió a un análisis técnico exhaustivo que incluyó criterios de la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG). La inclusión de indicadores como el pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales obedece a su capacidad para reflejar tanto el equilibrio natural como el impacto de actividades antrópicas y de asentamientos humanos en la región.

La Tabla 1 presenta los parámetros que contempla el ICA-Av, así como su justificación.

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua y su justificación, contemplados por el ICA.

Nº	Parámetro	Justificación
Fisicoquímicos		
1	pH	Mide el grado de acidez o de alcalinidad del agua. Gran cantidad de fenómenos físicos, químicos, biológicos y bioquímicos en los ecosistemas son influenciados por el pH.
2	Conductividad Eléctrica (CE)	Indicador de los iones disueltos en el agua. Se asocia a la salinidad de las aguas, y a la agricultura como actividad antrópica.
3	Oxígeno Disuelto (OD)	El contenido de oxígeno disuelto es vital para la ictiofauna y los demás seres vivos aerobios estrictos en un ecosistema acuático. Es además un indicador indirecto del contenido de materia orgánica en el agua.
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Indicadores básicos de materia orgánica biodegradable (DBO), químicamente oxidable (DQO) y materia en suspensión (SST).
5	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	

6	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	
7	Aceites y Grasas (minerales)	Los aceites y grasas minerales son indicadores de actividad antrópica (motores de combustión interna, uso de combustibles y lubricantes, entre otros), así como de la actividad petrolera (maquinaria y por derrames).
8	Aceites y Grasas (orgánicos)	Los aceites y grasas orgánicos son biodegradables y se originan de actividades como la elaboración de alimentos para consumo humano y beneficio de animales para consumo. Aceites y grasas flotando en la superficie del agua afectan el contenido de OD en la columna de agua. Algunos aceites y grasas contienen tóxicos que pueden afectar la salud de los ecosistemas.
9	Turbidez	Influye en la penetración de la luz en los cuerpos de agua y, por lo tanto, puede afectar o favorecer a los productores primarios, lo cual incide en la salud del ecosistema.
10	Diferencia esperada entre la temperatura máxima y mínima del agua (ΔT).	La temperatura influye en la cinética microbiana y en el contenido de oxígeno disuelto (OD) en los ecosistemas. Este parámetro representa la amplitud de la variación entre la máxima y mínima temperatura del agua esperada en el ecosistema.
Químicos inorgánicos		
11	Nitritos (NO_2) y Nitratos (NO_3) (*)	Indicadores de actividad antrópica, en este caso agricultura, minería y vertidos industriales. Son nutrientes básicos precursores de la eutrofización de cuerpos
12	Sulfatos (SO_4)	lénticos de agua, toxicidad en plantas, y afectan la osmorregulación de invertebrados
13	Fósforo Total (P-Total)	y peces de agua dulce.
Microbiológicos		
14	Coliformes Totales	Indicador biológico de contaminación. Es la prueba presuntiva de contaminación por desechos fisiológicos humanos y de animales superiores de sangre caliente.
15	Coliformes Fecales	Indicador biológico de contaminación. Es la prueba confirmativa de contaminación por desechos fisiológicos humanos y de animales superiores de sangre caliente.

Fuente: Elaboración propia.

(*) Se considera en el ICA propuesto la suma de los Nitritos (NO_2) más los Nitratos (NO_3), no por separado. Por esta razón el número de parámetros se reduce a 15 parámetros ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$).

Paso 2. Establecimiento de los pesos (P_i) de cada parámetro considerado en el ICA-Av.

Contemplando los parámetros considerados en la formulación del ICA-Av, mediante investigación documental, consultas con inteligencia artificial y su posterior validación mediante juicio de expertos, se establecieron los pesos (P_i) de cada parámetro, los cuales se presentan en la Tabla 2, en una escala creciente de 1 a 10 en orden de importancia e influencia en la calidad del agua.

En términos operativos, el índice funciona a través de dos componentes principales: los pesos de ponderación (P_i) y las funciones de transformación (Q_i). A cada parámetro se le otorgó un peso en una escala del 1 al 10, donde los valores más altos denotan una mayor incidencia en la calidad sanitaria y ecológica.

El proceso de validación incluyó el juicio de expertos para asegurar que los pesos asignados correspondieran a la realidad ambiental de la Amazonía venezolana.

Tabla 2. Peso (P_i) de cada parámetro contemplado en la formulación del ICA-Av.

Parámetro	Peso	Parámetro	Peso	Parámetro	Peso
pH	9	SST	7	$\text{NO}_2 + \text{NO}_3$	7
CE	5	Aceites y grasas minerales	6	SO_4	4
OD	10	Aceites y grasas orgánicas	5	P total	7
DBO	9	Turbidez	8	Coliformes Totales	3
DQO	8	Incremento de Temperatura del agua (ΔT)	2	Coliformes Fecales	10

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Clasificación por rangos de valores para cada parámetro.

Basado en investigación documental, consultas con inteligencia artificial y su posterior validación mediante juicio

de expertos, se establecieron los rangos de valores de cada parámetro correspondientes a su clasificación cualitativa, los cuales se presentan en la Tabla 3. Esta información permitió el desarrollo de las funciones de transformación.

PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA
LA AMAZONÍA VENEZOLANA

Tabla 3. Rangos de valores de cada parámetro correspondientes a su clasificación cualitativa

Nº	Parámetro	Unidades	Buena	Regular	Deficiente	Mala
1	pH		6,5 a 7,5	6,0 a 6,4 7,6 a 8,0	5,5 a 5,9 8,1 a 8,5	<5,5 >8,5
2	CE	µS/cm	10 a 100	101 a 300	301 a 700	>700
3	Oxígeno Disuelto	% saturación	85 a 100	70 a 84	50 a 69	0 a 49
4	DBO	mg/l	<2	2 a 4	4,1 a 8	>8
5	DQO	mg/l	<5	5 a 15	15,1 a 30	>30
6	SST	mg/l	<25	25 a 50	51 a 100	>100
7	A y G minerales	mg/l	<0,1	0,1 a 0,49	0,5 a 1,0	>1,0
8	A y G orgánicas	mg/l	<1	1 a 4	4,1 a 8	>8
9	Turbidez	UNT	<5	5 a 15	15,1 a 50	>50
10	Incremento de Temperatura ΔT	°C	±2	±3 a 5	±6 a 8	>±8
11	NO ₂ +NO ₃	mg/l	<0,2	0,2 a 1,0	1,1 a 5,0	>5
12	SO ₄	mg/l	<25	25 a 50	51 a 100	>100
13	P Total	mg/l	<0,02	0,02 a 0,10	0,11 a 0,5	>0,5
14	Coliformes Totales	NMP/100ml	<10	10 a 100	101 a 1000	>1000
15	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	1 a 10	11 a 100	>100

Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Determinación de valores para cada parámetro (subíndices) o desarrollo de las funciones de transformación

Para la determinación de los valores para cada parámetro o subíndice, se procedió a emplear el método de conversión del parámetro en un número adimensional por medio de diagramas de calibración o funciones de transformación. En estas funciones de transformación se indica la correlación entre el parámetro y su valor en la escala de calidad seleccionada (0 – 100), donde 0 es el peor escenario de calidad del agua y 100 representa un valor óptimo o excelente de calidad para el parámetro analizado.

Por su parte, las funciones de transformación permitieron normalizar los datos de calidad del agua en una escala común

de 0 a 100, eliminando la disparidad de magnitudes entre variables químicas y biológicas.

Con base en la Tabla 3, mediante investigación documental, consultas con inteligencia artificial y su posterior validación mediante juicio de expertos, se formuló para cada parámetro del ICA-Av una función de transformación, la cual permite normalizar la magnitud de cada parámetro expresado en sus respectivas unidades, en una escala adimensional de cero (0) a cien (100). El Apéndice 1 contiene las funciones de transformación generadas para cada uno de los parámetros del ICA-Av. La Tabla 4 presenta las ecuaciones de las funciones de transformación (Q_i) para cada parámetro considerado. En el Apéndice 1 se presentan las Funciones de Transformación de cada uno de los parámetros considerados para la formulación del ICA-Av.

Tabla 4. Ecuaciones de las funciones de transformación (Q_i) para cada parámetro considerado en el ICA propuesto.

Nº	Parámetro	Unidades	Función de transformación	R ²
1	pH		En la gráfica correspondiente	n/a
2	CE	µS/cm	$Q_2 = 96,516 e^{-0,001x}$	0,9839
3	Oxígeno Disuelto	mg/l	$Q_3 = \% \text{ saturación}$	n/a
4	DBO	mg/l	$Q_4 = 100,23 e^{-0,087x}$	0,9992
5	DQO	mg/l	$Q_5 = 97,81 e^{-0,022x}$	0,9923
6	SST	mg/l	$Q_6 = 100,23 e^{-0,007x}$	0,9992
7	A y G minerales	mg/l	$Q_7 = 95,771 e^{-0,65x}$	0,9700
8	A y G orgánicas	mg/l	$Q_8 = 96,543 e^{-0,082x}$	0,9875
9	Turbidez	UNT	$Q_9 = 92,485 e^{-0,013x}$	0,9451
10	Incremento de Temperatura ΔT	°C	$Q_{10} = 99,176 - 0,0954 x^2 - 5,4317x$	0,9934
11	NO ₂ +NO ₃	mg/l	$Q_{11} = 88,986 e^{-0,12x}$	0,8911
12	SO ₄	mg/l	$Q_{12} = 100,23 e^{-0,007x}$	0,9992
13	P Total	mg/l	$Q_{13} = 88,986 e^{-1,203x}$	0,8911
14	Coliformes Totales	NMP/100ml	$Q_{14} = 86,299 e^{-0,0006x}$	0,8293
15	Coliformes Fecales	NMP/100ml	$Q_{15} = 86,299 e^{-0,006x}$	0,8293

Fuente: Elaboración propia.

Paso 5. Definición del Índice de Calidad del Agua para la Amazonía venezolana (ICA-Av)

La arquitectura del Índice de Calidad de Agua para la Amazonía venezolana (ICA-Av) se estructuró mediante un modelo paramétrico de promedio ponderado. Esta metodología permite la integración de variables con distintas unidades de medida en un valor adimensional único, facilitando una evaluación integral del estado del recurso hídrico.

Lo anterior indica que la ecuación básica del ICA es:

$$ICA = \frac{\sum_1^n (Q_i * P_i)}{\sum_1^n P_i}$$

Donde:

Q_i : es el valor de la función de transformación del parámetro i .

P_i : es el valor de ponderación del parámetro i .

n : es el número de parámetros considerados.

A diferencia de otros índices genéricos, el ICA-Av considera avalado mediante juicio de expertos, las particularidades hidrológicas y ecológicas de los ecosistemas amazónicos venezolanos.

Paso 6. Clasificación cualitativa del ICA-Av por rangos

Con base en los parámetros considerados, mediante investigación documental, consultas con inteligencia artificial y su posterior validación mediante juicio de expertos, se estableció la clasificación cualitativa del ICA-Av por intervalos o rangos, la cual se muestra en la Tabla 5.

La interpretación de los resultados se organiza en cuatro rangos cualitativos: Buena (85-100), Regular (70-84), Deficiente (50-69) y Mala (0-49). Este sistema de categorización no solo simplifica la comunicación técnica, sino que, tal como sostiene ESPINOSA (2025), se constituye en un mecanismo esencial de alerta temprana para la protección de la biodiversidad en un territorio con una alta vulnerabilidad ambiental como la Amazonía venezolana.

Tabla 5. Clasificación cualitativa del ICA-Av por intervalos o rangos.

Clasificación cualitativa del ICA	Intervalo o rango
Buena	85 a 100
Regular	70 a 84
Deficiente	50 a 69
Mala	0 a 49

Fuente: Elaboración propia con base al resultado del juicio de expertos.

Resultados y discusión

Como se puede observar en la Tabla 1 la justificación de los parámetros contemplados por sí misma establece un compromiso entre la calidad del agua que requieren los ecosistemas y los usos antrópicos potenciales del recurso.

En la Tabla 2 se muestra que los mayores pesos corresponden al oxígeno disuelto (OD) y a los coliformes fecales. El primero es vital para los ecosistemas acuáticos y el segundo constituye la prueba confirmativa de contaminación por desechos fisiológicos que restringe el uso del agua en abastecimiento humano y en agricultura.

En segundo lugar con 9 el pH y la DBO; el pH se relaciona con muchos procesos bioquímicos y fisicoquímicos de los ecosistemas acuáticos y la DBO que ejerce una demanda de oxígeno en el ecosistema y afecta el OD.

La DQO y la turbidez con peso 8. La DQO representa materia orgánica oxidable químicamente. La turbidez influye en la penetración de la luz solar en los ecosistemas acuáticos, afectando a los productores primarios y el balance de oxígeno disuelto.

Los SST y los nutrientes básicos con peso 7. Los SST representan sólidos suspendidos en la columna de agua que influyen en la turbidez. Los nutrientes básicos (N y P) representados por los NO_2 , NO_3 y los Ptotales son indicadores de contaminación agrícola y urbana y potencian la eutrofización de ecosistemas acuáticos lénticos.

Aceites y grasas minerales con 6 y los aceites y grasas orgánicos con 5. Los aceites y grasas minerales para fines prácticos no son biodegradables, afectando la calidad de los ecosistemas y restringiendo el uso de sus aguas. Los aceites y grasas orgánicos son biodegradables pero de igual manera afectan los ecosistemas y restringen los usos del agua.

La conductividad eléctrica (CE) con 5 se asocia con el contenido de iones en el agua, que a su vez reflejan contaminación por actividad agrícola y representa la salinidad total.

Finalmente los sulfatos con peso 4 (indicadores de vertidos de drenajes ácidos de minas, uso de fertilizantes y vertidos industriales), los coliformes totales con peso 3 y la variación de la temperatura del agua con peso 2 que considera poco efecto en este parámetro por su localización geográfica de la Amazonía venezolana.

La Tabla 3 presenta los rangos de valores de cada parámetro correspondientes a la clasificación cualitativa establecida (Buena, Regular, Deficiente y Mala calidad). Como ejemplo ilustrativo se explica el parámetro pH que considera buena calidad del agua valores cercanos al neutro ($pH=7$) en este caso entre 6,5 y 7,5. En la medida que el pH se ubica hacia las zonas ácida y alcalina se va clasificando como regular, deficiente y mala calidad. Procedimiento similar se aplica para los demás parámetros considerando sus particularidades.

Con base en la Tabla 3 se presenta la Tabla 4 Ecuaciones de las funciones de transformación (Q_i) para cada parámetro considerado en el ICA propuesto. En la misma se aprecia la buena correlación lograda (R^2) en las funciones de transformación generadas.

La determinación de los pesos de ponderación (P_i) para los 15 parámetros que integran el ICA-Av revela una jerarquización orientada a la protección de procesos biológicos críticos y la salud humana en entornos de selva tropical. Como se detalla en la Tabla 2, el modelo otorga una carga relativa superior al Oxígeno Disuelto y a los Coliformes Fecales. Esta decisión técnica se fundamenta en que, en ríos de baja conductividad y alta carga de materia orgánica natural como los amazónicos, estas variables actúan como indicadores sensibles de desequilibrio. Asimismo, la inclusión de hidrocarburos (aceites y grasas) responde a la necesidad de cuantificar impactos derivados de la minería y el tráfico de barcas, factores que los índices genéricos suelen subestimar.

Los quince (15) parámetros seleccionados indican que la configuración paramétrica del índice no representa únicamente un ejercicio estadístico, sino una herramienta de gestión diseñada para subsanar las carencias en el monitoreo ambiental. La metodología adoptada permite que el sistema de alerta sea preventivo; al ajustar las funciones de transformación para que penalicen con mayor rigor el incremento de temperatura o la caída de oxígeno, se protege la biodiversidad acuática que es extremadamente sensible a cambios térmicos por deforestación de riberas. Este enfoque guarda coherencia con las observaciones de ESPINOSA (2025), quien destaca que la gestión de aguas en zonas prístinas requiere herramientas de alta sensibilidad a fin de evitar daños irreversibles. Estas herramientas se reflejan técnicamente en dos componentes fundamentales del ICA-Av: los Pesos de Ponderación (P_i) y las Funciones de Transformación (Q_i).

En conclusión, la escala cualitativa diseñada presentada en la Tabla 5 —desde Buena hasta Mala— traduce la complejidad fisicoquímica a un formato comprensible para la toma de decisiones institucionales. El ICA-Av no intenta ser un índice universal, sino una herramienta técnica adaptada para las condiciones hidroquímicas particulares de la Amazonía venezolana, garantizando que el monitoreo sea un reflejo fiel de la integridad ecológica de estos cuerpos de agua.

Del análisis de los resultados y su discusión se evidencia que la metodología del ICA propuesta busca un equilibrio entre la salud de los ecosistemas (enfoque ecocéntrico) y los usos beneficiosos del agua (enfoque antropocéntrico). Históricamente parte de la información existente sobre calidad del agua en Venezuela se orienta a muestrear parámetros de calidad de agua requeridos para la operación de plantas potabilizadoras (enfoque antropocéntrico).

Conclusiones y recomendaciones

La consolidación de esta primera versión del Índice de Calidad de Agua para la Amazonía venezolana (ICA-Av) representa un avance significativo en la estandarización del monitoreo ambiental regional. Al integrar 15 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos propuestos por la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG), el índice logra un consenso técnico que facilita la comparabilidad de datos a escala transfronteriza, permitiendo

una lectura uniforme de las presiones ambientales sobre los ecosistemas acuáticos del sur de Venezuela.

Se recomienda investigar en los ríos de la Amazonía venezolana el efecto de "enmascaramiento por dilución" de los contaminantes vertidos debido a los extraordinarios caudales de la cuenca amazónica. Las descargas contaminantes suelen ser subestimadas, ya que la masa de agua reduce las concentraciones a niveles difíciles de detectar en puntos alejados de la fuente. Esta situación, sumada a la dificultad logística para realizar muestreos en las inmediaciones de las descargas, justifica la adopción de una metodología de promedio ponderado. Esta estructura permite que, en el futuro, la inclusión de nuevos parámetros representativos de actividades antrópicas —como metales pesados o trazas de hidrocarburos— penalice drásticamente el índice, clasificando el agua como "Mala" incluso si el resto de los parámetros se mantienen estables.

El ICA-Av posee una naturaleza evolutiva. La ejecución de sucesivas campañas de muestreo no solo proveerá de datos para validar el modelo, sino que permitirá el ajuste de los rangos normalizados de cada parámetro. Este proceso de retroalimentación es indispensable para incrementar la precisión del instrumento y asegurar que las funciones de transformación respondan fielmente a la dinámica hidroquímica de los ríos de aguas blancas, negras y mixtas presentes en la región.

Se recomienda la necesidad de realizar estudios geoquímicos que permitan establecer la "línea base" de las cuencas amazónicas. Sin una caracterización de las concentraciones naturales de referencia, resulta complejo distinguir entre la presencia geogénica de ciertos elementos y el aporte derivado de actividades antrópicas. Conocer el estado prístino de estas aguas es el primer paso para una gestión ambiental responsable y científicamente sustentada.

Finalmente, se exhorta a la comunidad académica y a los organismos de gestión a implementar el ICA-Av de manera paralela con otros índices de calidad de agua convencionales una vez publicado este trabajo. La comparación sistemática de resultados bajo una misma base de datos permitirá corroborar la mayor sensibilidad del modelo propuesto y consolidar su uso como un estándar técnico para salvaguardar la Amazonía venezolana.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG) y a PROVITA AC, por el apoyo brindado en esta investigación.

Referencias Bibliográficas consultadas

ARANGUREN A. 2025. *La calidad del agua bajo el enfoque ecocéntrico*. Memorias del Primer Simposio Venezolano sobre Calidad del Agua. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, N° 67: 265-280. Caracas, Venezuela.

Disponible en:

<https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2025/07/Memorias-del-Primer-Simposio-Venezolano-sobre-Calidad-del-Agua.pdf>

BAEZA GÓMEZ E. 2016. *Calidad del agua*. Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, BCN.

Disponible

en:

<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

BITTON G. 1994. *Wastewater microbiology*. Wiley-Liss. NY, USA.

CASTRO M., ALMEIDA J., FERRER J. y DÍAZ D. 2014. *Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global*. Ingeniería Solidaria, vol. 10, n.º 17: 111-124.

ESPINOSA C. 2022. *Protección del recurso hídrico*. Apuntes de clase. Maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables, CIDIAT – ULA.

ESPINOSA C. 2025. *Índice de calidad del agua*. Memorias del Primer Simposio Venezolano sobre Calidad del Agua. Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, N° 67: 265-280. Caracas, Venezuela.

Disponible en:

<https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2025/07/Memorias-del-Primer-Simposio-Venezolano-sobre-Calidad-del-Agua.pdf>

FERNÁNDEZ, N., et al. 2005. *Los índices de calidad de agua (ICA) como herramientas de gestión*. Revista Ciencia e Ingeniería, 26(2), 43-49.

LESTER J. N. y BIRKETT. 1999. *Microbiology and Chemistry for Environmental Scientists and Engineers*. 2nd Edition. E & FN SPON. Taylor and Francis Group. NY, USA.

OLIVO Y. 2022. *Protección del recurso hídrico*. Apuntes de clase. Maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables, CIDIAT – ULA.

REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1995. *Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos*. Gaceta Oficial Extraordinaria 5.021. Decreto N° 883. Caracas.

REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1998. *Normas sanitarias para la calidad del agua potable*. Resolución N° SG-018-98. Gaceta Oficial N° 36.395. Caracas.

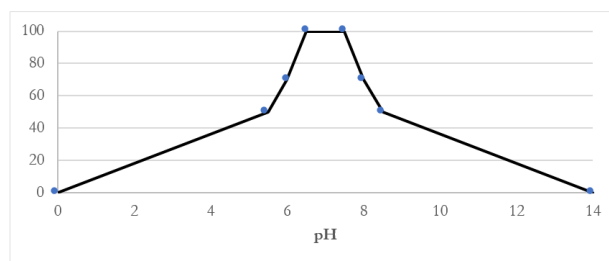
RHEINHEIMER G. 1987. *Microbiología de las aguas*. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.

SCHNOOR J. 1996. *Environmental Modeling: fate and transport of pollutants in water, air and soil*. John Wiley & Sons, INC. NY, USA.

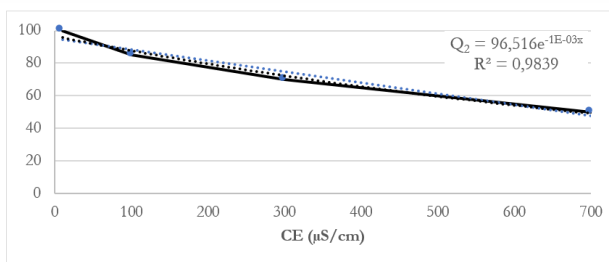
TCHOBANOGLOUS G. y SCHROEDER E. 1987. *Water Quality: Characteristics, modeling and modification*. Addison Wesley Publishing Company, Inc. USA.

ZÚÑIGA M. 1996. *Contaminación de corrientes acuáticas*. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

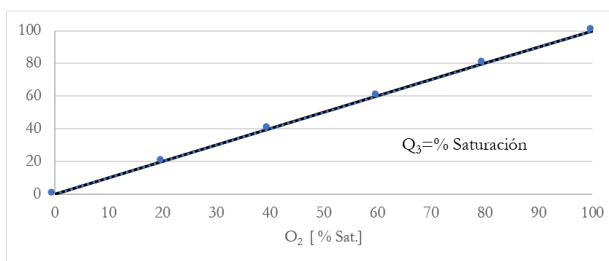
APÉNDICE 1



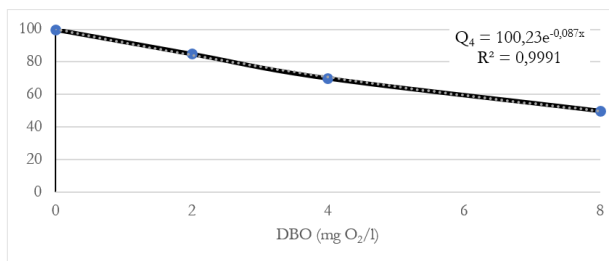
1. Función de transformación: pH



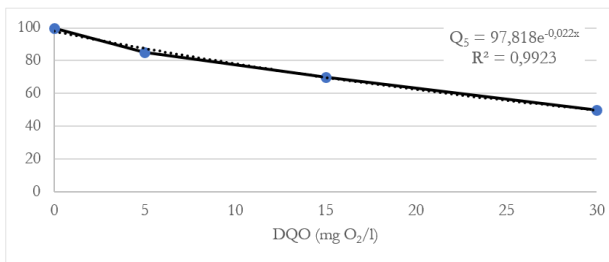
2. Función de transformación: Conductividad Eléctrica



3. Función de transformación: Oxígeno Disuelto

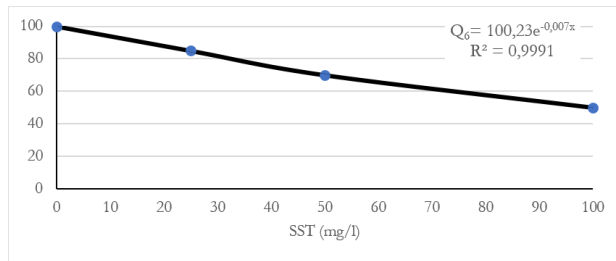


4. Función de transformación: Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO

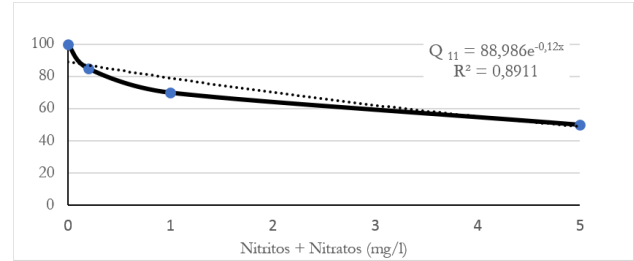


5. Función de transformación: Demanda Química de Oxígeno, DQO

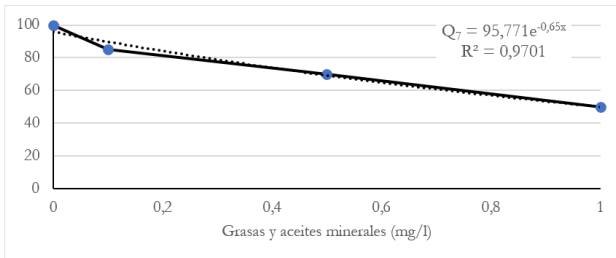
PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PARA
LA AMAZONÍA VENEZOLANA



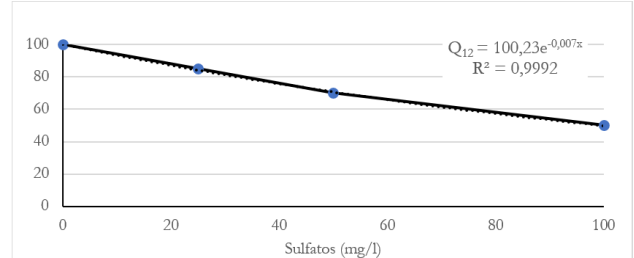
6. Función de transformación: Sólidos Suspendedos Totales, SST



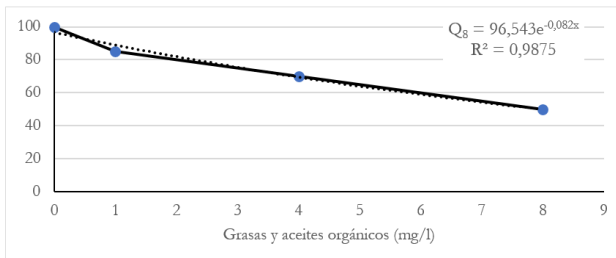
11. Función de transformación: Nitritos y Nitratos, NO_2+NO_3



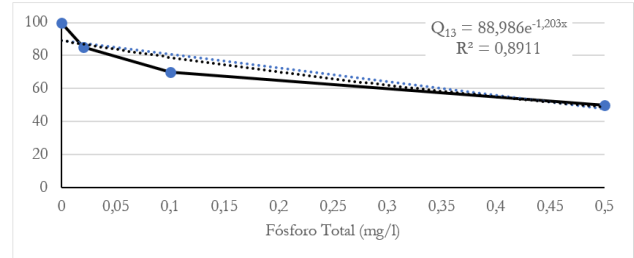
7. Función de transformación: Aceites y Grasas Minerales



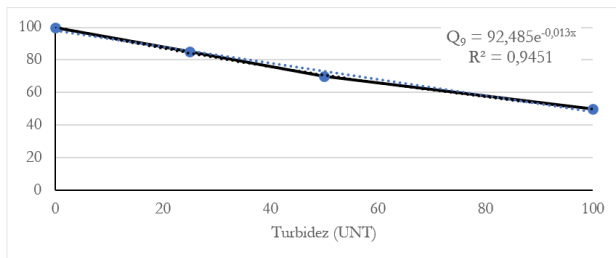
12. Función de transformación: Sulfatos, SO_4



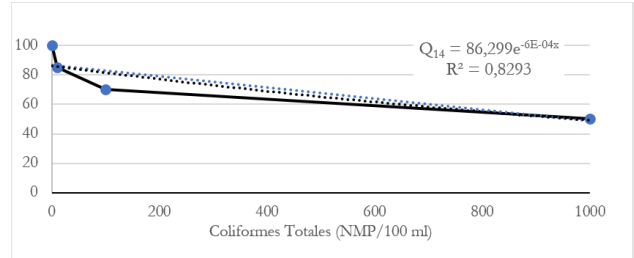
8. Función de transformación: Aceites y Grasas Orgánicas



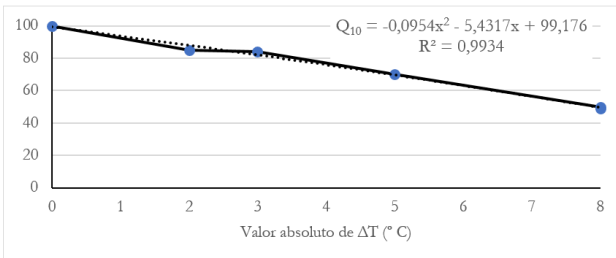
13. Función de transformación: Fósforo Total



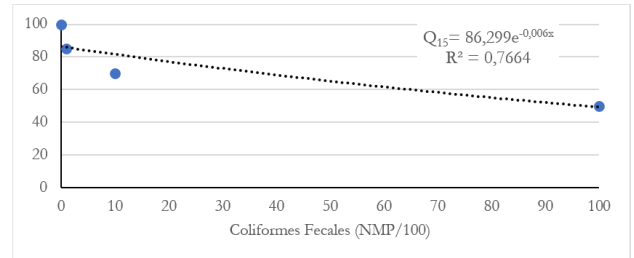
9. Función de transformación: Turbidez



14. Función de transformación: Coliformes Totales



10. Función de transformación: Incremento de la Temperatura, ΔT



15. Función de transformación: Coliformes Fecales

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE PUENTES DE CONCRETO MEDIANTE TÉCNICAS DE PRETENSIÓN EXTERIOR

Ronald TORRES¹, María Luisa DÍAZ¹, Duilio MARCIAL¹

RESUMEN

El envejecimiento de las infraestructuras y el incremento de las cargas vehiculares, que a menudo superan las previsiones de diseño, representan un desafío crítico para la gestión de puentes de concreto a nivel nacional e internacional. Este trabajo propone y evalúa experimentalmente una técnica de reforzamiento para tableros de puentes, basada en la combinación de pretensado exterior y la adición de elementos metálicos. El objetivo principal es restaurar y aumentar la capacidad portante de estructuras dañadas o deficientes, de manera eficiente y con mínima interferencia al tráfico. La metodología consistió en la construcción de un modelo a escala real de un tablero típico, compuesto por viguetas pretensadas y losa de concreto. Este modelo fue sometido a un proceso de envejecimiento acelerado mediante cargas cíclicas que inducían un estado de fisuración controlado, simulando el daño por servicio. Posteriormente, se reparó y reforzó aplicando un sistema de pretensado exterior con una fuerza efectiva de 28 toneladas, complementado con rigidizadores y desviadores metálicos. Los resultados de los ensayos de flexión hasta la rotura demostraron un incremento en el momento resistente último mayor al 80% en comparación con el modelo sin reforzar, superando ampliamente el objetivo inicial del 33%. Se concluye que la técnica propuesta es altamente efectiva para recuperar y mejorar sustancialmente la capacidad de carga de tableros de puentes, ofreciendo una solución viable y de rápida ejecución para su adaptación a las exigencias de los modernos trenes de carga.

ABSTRACT

Proposal for reinforcement of concrete bridges using external pretension techniques

The aging of infrastructure and the increase in vehicular loads, which often exceed design forecasts, represent a critical challenge for the management of concrete bridges both nationally and internationally. This study proposes and experimentally evaluates a strengthening technique for bridge decks, based on the combination of external prestressing and the addition of metal elements. The main objective is to restore and enhance the load-bearing capacity of damaged or deficient structures efficiently and with minimal traffic disruption. The methodology involved constructing a full-scale model of a typical deck, consisting of prestressed girders and a concrete slab. This model was subjected to an accelerated aging process through cyclic loads that induced a controlled cracking state, simulating in-service damage. Subsequently, it was repaired and strengthened by applying an external prestressing system with an effective force of 28 tons, complemented by metal stiffeners and deviators. The results of the bending tests up to failure demonstrated an increase in the ultimate resisting moment of more than 80% compared to the unreinforced model, significantly exceeding the initial target of 33%. It is concluded that the proposed technique is highly effective in recovering and substantially improving the load capacity of bridge decks, offering a viable and rapidly executable solution for adapting them to the demands of modern freight trains.

Palabras Clave: Puentes, reforzamiento de puentes, pretensado exterior, postensado, patología de puentes, reparación estructural.

Keywords: Bridges, bridge strengthening, external prestressing, post-tensioning, bridge pathology, structural repair.

INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de las infraestructuras de puentes construidas en el siglo XX, particularmente después de la mitad del siglo pasado, ha creado un desafío global para los gestores de infraestructura. Se estima que más del 50% de los puentes en países de altos ingresos han superado la mitad de su vida útil

de diseño. A este desafío se suma el incremento significativo en el volumen y peso de los vehículos de carga, cuyas solicitaciones actuales a menudo exceden las previsiones de las normativas de diseño originales. Esta combinación de factores, deterioro material, obsolescencia normativa y aumento de cargas, compromete la capacidad portante, la funcionalidad y la seguridad de un gran número de estructuras a nivel mundial.

¹ Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), Universidad Central de Venezuela. Correo-e.: ronald.imme@gmail.com

Casos emblemáticos de colapsos, como el puente Polcevera en Italia (2017) o el puente Carola en Alemania (2024), subrayan las graves consecuencias de no gestionar adecuadamente la degradación y las pérdidas de pretensado en estructuras de concreto.

Frente a esta problemática, la comunidad técnica internacional ha centrado sus esfuerzos en desarrollar métodos de evaluación y rehabilitación que sean efectivos, sostenibles y mínimamente intrusivos. Dentro de las técnicas de reforzamiento, el pretensado exterior ha resurgido como una alternativa particularmente atractiva. Originalmente concebida para el fortalecimiento de puentes, esta técnica consiste en la disposición de tendones no adheridos por fuera de la sección de concreto, anclados en los extremos de la pieza y, en muchos casos, guiados por desviadores intermedios. Sus ventajas son múltiples: permite ejecutar el refuerzo con mínima interrupción del tráfico, facilita la inspección y eventual sustitución de los tendones, reduce las pérdidas por fricción y puede aplicarse sin aumentar significativamente el peso muerto de la estructura. Ejemplos recientes de su aplicación exitosa incluyen el refuerzo del Victoria Bridge en Brisbane, Australia, donde se utilizaron tendones de postensado externo para extender la vida útil de la estructura y permitir el paso de vehículos de metro más pesados.

La necesidad de este tipo de intervenciones se ve acentuada por la evidencia experimental del daño que las cargas cíclicas pesadas inducen en elementos de tablero. Investigaciones recientes demuestran que el daño acumulado por cargas vehiculares tiene una influencia significativa en el comportamiento a fatiga de las losas de puentes, y que la aplicación de pretensado puede mitigar estos efectos al compensar las tensiones de fisuración. Asimismo, se ha observado que la capacidad a cortante de vigas de puentes pretensadas puede ser significativamente mayor que la estimada por normativas convencionales, lo que abre la puerta a optimizar las intervenciones de refuerzo mediante modelos analíticos más precisos.

A pesar de los avances tecnológicos y de la creciente popularidad del pretensado exterior, persisten limitaciones importantes a la hora de proyectar y verificar este tipo de refuerzos en estructuras existentes. Uno de los principales desafíos reside en la incertidumbre asociada al cálculo del grado de confiabilidad de las reparaciones, particularmente en lo que respecta a la variación de los esfuerzos después de las pérdidas diferidas, la capacidad de deformación restablecida y, en consecuencia, la nueva ductilidad del elemento reforzado. Un aspecto crítico en este proceso es el diseño y comportamiento de los elementos añadidos, desviadores y anclajes, cuya correcta funcionalidad es primordial para la efectividad del sistema. En estructuras en servicio, la selección de la ubicación óptima y la adaptación del diseño de estos componentes al espacio disponible representa un reto de ingeniería mayor.

Esta problemática, común a muchos países, ha sido documentada por diversos autores a nivel internacional. Trabajos como los de Tilly (2002) en el Reino Unido sobre la

gestión de estructuras postensadas, Chatelain et al. (1991) en Francia sobre reparación de puentes de hormigón pretensado, Petrangeli (1996) en Italia acerca de la experiencia con pretensado externo, y Radomski (1996) en Polonia sobre el fortalecimiento de puentes, sentaron las bases del conocimiento en esta área. Sin embargo, la evolución de los materiales, los métodos de análisis y las exigencias de carga justifican la necesidad de continuar investigando y validando experimentalmente las técnicas de reforzamiento, Abdulsahib, W. S., Ali, H. M., & Mahmoud, A. S. (2024).

El presente trabajo aborda esta necesidad mediante una investigación experimental que tiene como objetivo principal evaluar la efectividad de una técnica combinada de reforzamiento para tableros de puentes de concreto, basada en la aplicación de pretensado exterior y la adición de elementos metálicos. A través de un modelo de laboratorio sometido a un proceso de envejecimiento acelerado y posterior refuerzo, se busca cuantificar el incremento en la capacidad de carga, analizar la interacción entre los elementos existentes y los añadidos, y extraer conclusiones prácticas sobre el diseño de anclajes y desviadores que permitan optimizar futuras intervenciones en estructuras reales.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló siguiendo un enfoque experimental controlado, con el objetivo de evaluar cuantitativamente la efectividad de una técnica combinada de reforzamiento mediante pretensado exterior y elementos metálicos. La metodología se estructuró en cuatro fases principales: (1) caracterización de materiales y elementos constitutivos, (2) construcción y descripción del prototipo, (3) simulación del daño por envejecimiento acelerado mediante cargas cíclicas, y (4) aplicación del sistema de refuerzo y evaluación de su desempeño hasta la rotura. Este enfoque metodológico sigue las recomendaciones de estudios experimentales previos sobre reforzamiento de estructuras de concreto, donde se prioriza la reproducibilidad y el control de variables.

Caracterización de Materiales y Elementos Prefabricados

Para la construcción del modelo de tablero, se utilizaron viguetas pretensadas prefabricadas, donadas por la empresa Sistensa, C.A., fabricadas con concreto de alta resistencia inicial y acero de pretensado de baja relajación. Previo al montaje del modelo, se procedió a la caracterización mecánica de estas viguetas mediante un ensayo de flexión a escala real (identificado como Ensayo 0). Este ensayo se realizó sobre una vigueta simplemente apoyada con una luz libre de 5,6 m, sometida a una carga concentrada aplicada en el centro del tramo, siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C78/C78M-22 para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto en elementos prefabricados.

El montaje del ensayo, mostrado esquemáticamente en la Figura 1, permitió obtener no solo los valores máximos de

momento flector, sino también generar zonas de cortante constante entre los apoyos y el punto de aplicación de la carga. Durante el ensayo, se registraron los momentos de agrietamiento y de rotura, así como la evolución del patrón de fisuración. El momento de agrietamiento se identificó con la aparición de la primera fisura visible, correspondiente a un valor de 9,8 ton·m. El momento de rotura se definió, según el criterio de la Norma COVENIN 1753-2006 para estructuras

de concreto armado, como el instante en que se observó el inicio del aplastamiento del concreto en la zona comprimida bajo la carga, acompañado de una profusión de grietas de tracción que alcanzaban dicha zona, registrándose un valor de 19,6 ton·m. La carga máxima aplicada durante el ensayo alcanzó los 24,9 ton·m, superando el momento de rotura teórico y proporcionando información sobre la reserva de resistencia y la ductilidad del elemento.



Figura 1. Vista de la prensa y de la vigueta antes de ser ensayada. Ensayo 0.

Diseño y Construcción del Prototipo de Tablero

Una vez caracterizadas las viguetas, se procedió al diseño y construcción de un modelo de tablero a escala real que reprodujera un sistema estructural típico de puentes: vigas prefabricadas que soportan una losa de concreto armado colaborante. El prototipo, cuyas dimensiones y detalles constructivos se presentan en las Figuras 2 y 3, consistió en dos viguetas pretensadas (las mismas que las caracterizadas) conectadas por una losa de concreto armado de 10 cm de espesor.

La losa se construyó utilizando una lámina de acero de 5 mm de espesor como encofrado perdido en la base, la cual se dejó permanentemente para actuar también como refuerzo adicional, siguiendo la filosofía de las losas mixtas acero-concreto ampliamente estudiadas en la literatura. Las caras laterales del encofrado se retiraron después del fraguado del concreto. El armado de la losa se dispuso en dos direcciones (malla ortogonal), utilizando cabillas corrugadas de acero de diámetro 1/2" (12,7 mm), con una separación que garantizara el comportamiento en dos direcciones y el control de la fisuración por retracción, de acuerdo con los requisitos de la normativa ACI 318 (2019) para losas armadas en dos direcciones. El concreto utilizado fue premezclado, con una resistencia a la compresión especificada de 233 kgf/cm², determinada mediante ensayos de probetas cilíndricas a los 28 días según la norma ASTM C39.

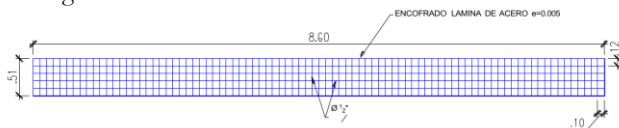


Figura 2. Modelo de Tablero de un Puente. Ensayo: 1,2 y 3.

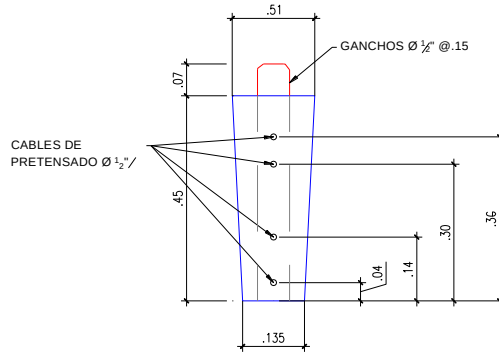


Figura 3. Sección transversal de Tablero de Puente. Ensayo: 1,2 y 3.

Simulación del Daño por Envejecimiento Acelerado

Para simular el deterioro acumulado por una estructura durante su vida útil, el prototipo fue sometido a un proceso de envejecimiento acelerado mediante la aplicación de ciclos de carga repetidos. Este procedimiento se fundamenta en los principios de la mecánica del daño acumulado, donde la aplicación de cargas por debajo de la rotura induce una degradación progresiva de la rigidez y la aparición de fisuración controlada.

El modelo se sometió a tres ciclos de carga (Ensayos 1, 2 y 3) en una configuración de flexión con cargas iguales aplicadas simétricamente (Figura 4). Esta disposición genera una zona central de momento flector constante y dos zonas laterales de cortante constante, permitiendo analizar el comportamiento del tablero bajo diferentes estados tensionales simultáneamente. En cada ciclo, se incursionó deliberadamente en la zona no lineal del comportamiento del material, produciendo agrietamiento pero evitando daños estructurales

significativos que pudieran comprometer la integridad del modelo para las fases posteriores de refuerzo. Este enfoque de "daño controlado" es consistente con metodologías experimentales utilizadas en estudios de rehabilitación de puentes.

Durante todos los ensayos, las deformaciones verticales (flechas) se midieron mediante parejas de flexímetros ubicados a lo largo del modelo, siguiendo un esquema de instrumentación que garantizara la detección de posibles desplazamientos laterales o momentos torsores parásitos. Los flexímetros se retiraban cuando las deformaciones alcanzaban niveles que pudieran dañarlos. Para cada nivel de carga, se registró meticulosamente la aparición de grietas, marcando sobre el modelo su ubicación, longitud y la carga correspondiente, lo que permitió controlar el avance del deterioro y verificar que las grietas de flexión no alcanzaran prematuramente la zona de compresión.

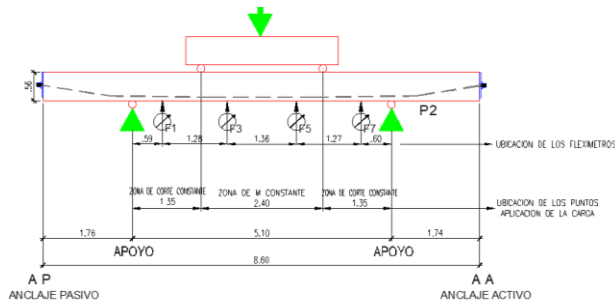


Figura 4. Ensayo del modelo del Tablero de puente. Esquema del ensayo.

Sistema de Reforzamiento Mediante Pretensado Exterior

Una vez completado el proceso de envejecimiento acelerado, se procedió a la fase de reforzamiento. El objetivo era incrementar la capacidad resistente del prototipo en al menos un 33% mediante la aplicación de un sistema de pretensado exterior combinado con elementos metálicos. La configuración final del refuerzo, desarrollada tras dos iteraciones preliminares (Ensayos 4 y 5) que evidenciaron problemas de deformación excesiva en los anclajes pasivos, consistió en:

- **Cierre de la sección:** Se colocaron planchas de acero de 6 mm de espesor en seis secciones del modelo para cerrar la sección transversal en forma de U (Figura 5). Estas planchas se fijaron al concreto de las vigas mediante cuatro tornillos de alta resistencia por sección, insertados en perforaciones realizadas en el concreto con ramplús metálicos expansivos. Este sistema de fijación sigue los principios de las conexiones mecánicas en estructuras mixtas, garantizando la transferencia de esfuerzos entre el concreto y el acero añadido.

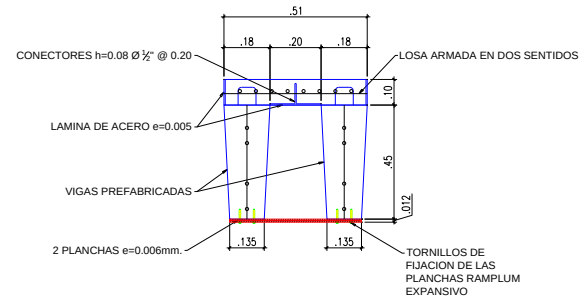


Figura 5. Sección transversal reforzada de Tablero de Puente (m).

- **Desviadores y rigidizadores transversales:** En cuatro secciones transversales, se instalaron planchas de acero rigidizadoras que actuaban como desviadores de los cables de pretensado (Figura 6). En los extremos, estas planchas funcionaban como tapas de cerramiento del modelo. Los agujeros de las planchas por donde pasaban los cables se mecanizaron con un acabado liso y redondeado para evitar concentraciones de tensiones y daños por fricción o corte en los tendones, siguiendo las recomendaciones de la PTI (Post-Tensioning Institute) para el diseño de desviadores en sistemas de pretensado exterior. La fijación de estas planchas se realizó mediante cordones de soldadura en el tope y la base, complementados con ángulos auxiliares soldados que actuaban como rigidizadores y facilitaban la colocación.

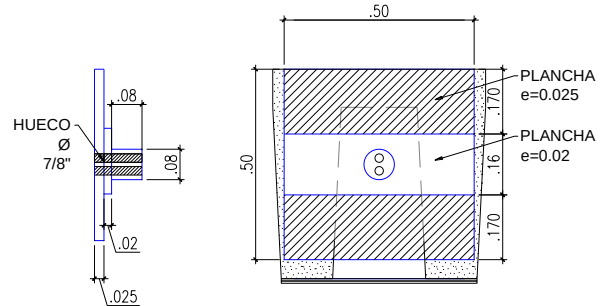


Figura 6. Sección transversal reforzada con plancha de anclaje en tablero de Puente (m).

- **Anclajes extremos:** Los anclajes de los cables se dispusieron sobre las caras extremas del conjunto, utilizando tapas fijadas con ángulos metálicos y pasadores soldados. Sobre esta plancha base se soldó una segunda plancha de menor tamaño para distribuir las concentraciones de tensiones generadas por el dispositivo de anclaje de los cables, un detalle crucial para evitar fallas locales por aplastamiento del concreto.
- **Tendones de pretensado:** Se dispusieron dos torones de pretensado, diseñados para una tensión máxima efectiva de 28 toneladas. Para monitorizar el comportamiento de los cables durante los ensayos, se instrumentó uno de ellos con un extensómetro, permitiendo registrar las variaciones de longitud y, mediante relaciones constitutivas, deducir las variaciones de tensión a lo largo del proceso de carga.

Procedimiento de Ensayo y Toma de Datos

Una vez implementado el sistema de refuerzo, el prototipo fue sometido a dos ensayos finales (Ensayos 6 y 7) bajo la misma configuración de carga simétrica mostrada en la Figura 4. En el Ensayo 6, la carga se aplicó hasta superar el objetivo de momento resistente aspirado. En el Ensayo 7, se decidió llevar el modelo hasta la rotura para determinar la capacidad última del sistema reforzado. En ambos ensayos, se mantuvo el mismo protocolo de medición de deformaciones, registro de fisuración y monitorización de la variación de tensión en los tendones, con el fin de evaluar el comportamiento integral de la estructura reforzada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento del Modelo sin Reforzar (Ensayos 0-3)

El ensayo de caracterización (Ensayo 0) de la vigueta individual proporcionó los parámetros base para evaluar el efecto del refuerzo. El momento de agrietamiento se registró en 9,8 ton·m, mientras que el momento de rotura, definido por el inicio del aplastamiento del concreto en la zona de compresión y la profusión de grietas de tracción, fue de 19,6 ton·m. La carga máxima aplicada alcanzó los 24,9 ton·m, evidenciando una reserva de resistencia post-rotura del 27% aproximadamente, característica de elementos con armadura de pretensado adecuadamente confinada. Este comportamiento dúctil es esencial para garantizar un margen de seguridad antes del colapso, tal como lo exigen las normativas modernas de diseño sísmico y de puentes.

En los ensayos de envejecimiento acelerado (Ensayos 1, 2 y 3), el prototipo de tablero fue sometido a ciclos de carga que incursionaron en el rango no lineal. Durante estos ciclos, se observó la aparición progresiva de fisuras por flexión en la zona central de momento constante, así como fisuras por cortante en las zonas laterales. La evolución del patrón de fisuración (Figura 7) mostró una distribución uniforme de grietas de flexión con separaciones entre 15 y 25 cm, indicando una buena adherencia entre el acero de pretensado y el concreto, así como una adecuada transferencia de tensiones en la interfaz viga-losa. La apertura máxima de fisuras bajo la carga máxima de cada ciclo se mantuvo por debajo de 0,3 mm, cumpliendo con los límites de durabilidad establecidos para ambientes moderadamente agresivos según el ACI 224R-01. Este control de la fisuración es fundamental para preservar la integridad de las armaduras y prevenir la corrosión durante la vida útil de la estructura.

Al final del tercer ciclo, se observó una reducción en la rigidez global del modelo del orden del 15% respecto al primer ciclo, cuantificada mediante la pendiente de la curva momento-deformación en el rango elástico. Esta degradación de rigidez es consistente con los modelos de daño acumulado por fatiga en estructuras de concreto, donde la microfisuración progresiva reduce el módulo de elasticidad efectivo del material. Sin embargo, no se evidenció una pérdida significativa de capacidad resistente última, lo que confirma que el daño

inducido fue controlado y representativo del deterioro por servicio, sin comprometer la integridad del modelo para las fases posteriores de refuerzo.

Comportamiento del Sistema de Refuerzo (Ensayos 4-5)

Las primeras iteraciones del sistema de pretensado exterior (Ensayos 4 y 5) con una fuerza de 20 toneladas revelaron limitaciones importantes en el diseño de los anclajes. Durante la aplicación de la carga, se detectó una deformación excesiva en el anclaje pasivo, evidenciada por desplazamientos relativos entre la placa de anclaje y la superficie de concreto del orden de 3 a 5 mm. Esta deformación, atribuible a una concentración de tensiones localizada y a una posible insuficiencia en la rigidez del dispositivo de anclaje, provocó una pérdida de tensión en los tendones y comprometió la efectividad del sistema de refuerzo.

Este hallazgo experimental es consistente con las advertencias de la literatura especializada, que señala el diseño de los anclajes y desviadores como uno de los aspectos más críticos en sistemas de pretensado exterior. La PTI (2023) enfatiza que los anclajes deben ser capaces de transferir la totalidad de la fuerza de pretensado al concreto sin exceder las tensiones admisibles del material, y deben ser diseñados para acomodar las rotaciones y desplazamientos previstos sin desarrollar deformaciones plásticas. La respuesta adoptada en esta investigación, la detención del ensayo y la modificación del sistema de anclaje, demuestra la importancia de un proceso iterativo en el desarrollo de técnicas de refuerzo, donde la validación experimental permite identificar y corregir deficiencias que los modelos analíticos podrían no predecir adecuadamente.

Comportamiento del Modelo Reforzado (Ensayos 6-7)

Una vez implementadas las modificaciones en el sistema de anclaje y desviadores, y con una fuerza de pretensado incrementada a 28 toneladas, se procedió a los ensayos finales. Los resultados obtenidos superaron ampliamente las expectativas iniciales.

- **Ensayo 6:** La carga máxima aplicada alcanzó las 72,2 toneladas, correspondiente a un momento flector máximo de 48,7 ton·m. Este valor representa un incremento del 84% respecto al momento de rotura del modelo sin reforzar 26,5 ton·m, estimado a partir del Ensayo 0 considerando la contribución de la losa). El ensayo se detuvo en este nivel, no por falla del elemento, sino porque ya se había superado holgadamente el objetivo de incremento del 33% y porque las deformaciones observadas (flecha central superior a $L/50$, aproximadamente 112 mm) y la extensión de las fisuras de flexión, que casi alcanzaban la losa superior, sugerían que se estaba próximos a la capacidad última del sistema.
- **Ensayo 7:** En este ensayo, se decidió llevar el modelo hasta la rotura para determinar la capacidad última real del sistema reforzado. El momento máximo alcanzado

fue de 50,3 ton·m, lo que supone un incremento del 90% respecto al modelo sin reforzar. La rotura se inició por la aparición de una grieta longitudinal en el concreto a lo largo de uno de los tornillos de fijación de las planchas inferiores que soportan las guías de los cables (Figura 7). Esta grieta, indicativa de una falla local por tracción en el concreto debido a la concentración de tensiones alrededor del anclaje mecánico, provocó la detención del ensayo antes de alcanzar la falla por flexión pura. Simultáneamente, las grietas de flexión en la zona central alcanzaron la fibra superior de compresión, señal inequívoca de que el agotamiento de la sección era inminente.

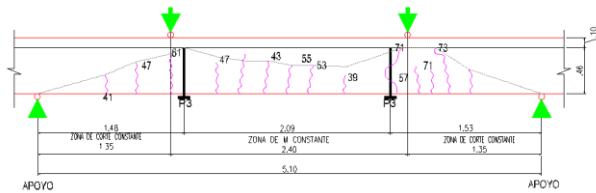


Figura 7. Esquema de agrietamiento del ensayo 7 (m).

Análisis de las Curvas Momento-Deformación

La Figura 8 presenta las curvas momento-deformación (flecha central) para los ensayos representativos. El análisis de estas curvas revela aspectos fundamentales del comportamiento estructural:

- **Incremento de Rigidez:** En los primeros estadios de carga, la curva del modelo reforzado (Ensayo 7) presenta una pendiente inicial ligeramente superior a la del modelo sin reforzar, indicando que el pretensado exterior contribuye a cerrar las fisuras existentes y a aumentar la rigidez elástica de la sección. Este efecto ha sido documentado por otros investigadores, quienes observan que el pretensado exterior restaura parcialmente la rigidez perdida por el agrietamiento.
- **Comportamiento Post-agrietamiento:** Una vez superado el momento de agrietamiento (aproximadamente 12 ton·m en el modelo reforzado), la pendiente de la curva se reduce, pero de manera menos pronunciada que en el modelo sin reforzar. Esto evidencia que el pretensado exterior controla efectivamente la apertura de fisuras y mantiene una rigidez post-agrietamiento superior, lo que se traduce en menores deformaciones para un mismo nivel de carga de servicio.
- **Ductilidad y Capacidad de Deformación:** A pesar del incremento significativo en la capacidad resistente, el modelo reforzado mantuvo una ductilidad aceptable, con una flecha última del orden de $L/40$ (140 mm) antes de la falla localizada en el anclaje. Esta combinación de alta resistencia y ductilidad moderada es característica de los sistemas de pretensado exterior bien diseñados, donde los tendones no adheridos permiten cierta deformación antes de la falla.

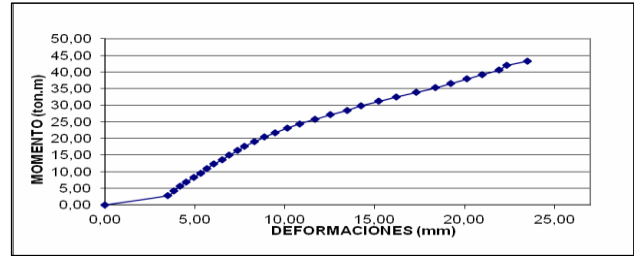


Figura 8. Grafico Momento-Deformación del ensayo 7.

Influencia del Pretensado en el Comportamiento a Cortante

Un aspecto adicional observado durante los ensayos fue la mejora significativa en el comportamiento a cortante del modelo reforzado. La aplicación del pretensado exterior genera un estado de compresión biaxial en el alma de las vigas, lo que retrasa la aparición de fisuras por cortante y modifica su inclinación. En el Ensayo 7, las fisuras por cortante en las zonas laterales aparecieron para niveles de carga superiores a los del modelo sin reforzar, y su inclinación respecto al eje longitudinal de la viga fue menor (aproximadamente 25° - 30° frente a los 35° - 45° observados en el Ensayo 3). Este fenómeno es coherente con los principios de la mecánica del concreto estructural, donde la componente vertical de la fuerza de pretensado (cuando los cables tienen trayectorias poligonales) y el estado de compresión longitudinal contribuyen a aumentar la resistencia a cortante del concreto.

Investigaciones recientes han cuantificado este efecto, demostrando que el pretensado exterior puede incrementar la capacidad a cortante entre un 20% y un 40%, dependiendo de la configuración de los tendones y la geometría de la sección. En el presente estudio, aunque no se midió directamente la capacidad a cortante última, la evidencia cualitativa del patrón de fisuración y la ausencia de fallas frágiles por cortante hasta momentos cercanos a la rotura sugieren que el incremento en la resistencia a cortante fue sustancial.

Limitaciones del Sistema de Refuerzo

A pesar de los excelentes resultados obtenidos, el estudio también reveló limitaciones importantes del sistema propuesto:

- **Concentración de Tensiones en Anclajes y Desviadores:** La falla final del Ensayo 7, iniciada por una grieta alrededor de un tornillo de fijación, evidencia que los puntos de conexión entre los elementos metálicos añadidos y el concreto existente constituyen las zonas más vulnerables del sistema. Este hallazgo subraya la necesidad de un diseño cuidadoso de estos detalles, con especial atención a la distribución de tensiones y a la posible interacción entre esfuerzos de tracción locales y el estado tensional global.
- **Fuerza de Pretensado Limitada por los Elementos Metálicos:** Es lógico pensar que incrementar la fuerza de pretensado por encima de las 28 toneladas empleadas podría haber generado ganancias aún mayores en

capacidad resistente. Sin embargo, como se demostró en los Ensayos 4 y 5, el límite superior de la fuerza aplicable está determinado por la capacidad de los anclajes y desviadores, no por la resistencia de la sección de concreto. Por tanto, optimizar el diseño de estos componentes es la clave para maximizar la efectividad del sistema.

- **Pérdidas de Pretensado a Largo Plazo:** El estudio experimental no abordó las pérdidas diferidas de pretensado (por fluencia, retracción y relajación) que ocurren a lo largo del tiempo. Investigaciones previas indican que estas pérdidas pueden ser significativas en sistemas de pretensado exterior, especialmente si los tendones son largos y están expuestos a variaciones ambientales. Sería necesario complementar este trabajo con estudios analíticos o monitorizaciones a largo plazo para cuantificar este efecto.

Comparación con la Literatura y Alcance de los Resultados

Los incrementos de capacidad del 84-90% obtenidos en esta investigación superan los rangos típicamente reportados en la literatura para sistemas de pretensado exterior, que suelen oscilar entre el 20% y el 50%. Esta diferencia puede atribuirse a varios factores: (a) la combinación sinérgica del pretensado exterior con el cerramiento metálico de la sección, que aumenta el brazo mecánico interno y confina el núcleo de concreto; (b) el estado de daño moderado del modelo antes del refuerzo, que permitió una movilización efectiva del sistema; y (c) la configuración específica de los desviadores, que optimiza la trayectoria de los tendones y maximiza la excentricidad.

Resultados comparables han sido reportados por investigaciones que combinan pretensado exterior con otros sistemas de refuerzo, como las láminas de fibra de carbono (FRP). Por ejemplo, estudios recientes han demostrado incrementos de hasta el 70% en vigas de concreto reforzadas con una combinación de pretensado exterior y FRP. La combinación propuesta en este trabajo, pretensado exterior más cerramiento metálico, ofrece la ventaja adicional de ser completamente desmontable e inspeccionable, lo que facilita el mantenimiento futuro y la eventual sustitución de componentes.

CONCLUSIONES

La presente investigación experimental evaluó la efectividad de una técnica combinada de reforzamiento para tableros de puentes de concreto, basada en la aplicación de pretensado exterior y la adición de elementos metálicos. A partir de los resultados obtenidos y su discusión, se derivan las siguientes conclusiones:

Hallazgos Principales

- **Efectividad del Sistema de Refuerzo:** La técnica propuesta demostró ser altamente efectiva para

incrementar la capacidad portante de tableros de puentes dañados. Los ensayos hasta la rotura evidenciaron un incremento en el momento resistente último del 84% (Ensayo 6) y del 90% (Ensayo 7) respecto al modelo sin reforzar. Este resultado supera ampliamente el objetivo inicial del 33% y se sitúa por encima de los incrementos típicamente reportados en la literatura para sistemas de pretensado exterior, que oscilan entre el 20% y el 50%. La combinación sinérgica del pretensado exterior con el cerramiento metálico de la sección explica, en gran medida, esta notable mejora.

- **Recuperación y Mejora de la Rigidez:** El pretensado exterior no solo incrementó la capacidad última, sino que también contribuyó a recuperar parcialmente la rigidez perdida durante el proceso de envejecimiento acelerado. En los primeros estadios de carga, la pendiente de la curva momento-deformación del modelo reforzado fue superior a la del modelo sin reforzar, indicando un cierre efectivo de las fisuras preexistentes. Este fenómeno es consistente con investigaciones previas que demuestran que el pretensado exterior restaura la rigidez elástica de elementos fisurados, mejorando su comportamiento en condiciones de servicio.
- **Mejora del Comportamiento a Cortante:** Se observó una mejora cualitativa significativa en la respuesta a cortante del modelo reforzado. La aparición de fisuras por cortante se retrasó y su inclinación respecto al eje longitudinal de la viga disminuyó, evidenciando el efecto benéfico del estado de compresión biaxial inducido por el pretensado. Este hallazgo es coherente con los principios de la mecánica del concreto estructural y con estudios recientes que cuantifican incrementos en la capacidad a cortante entre el 20% y el 40% en elementos pretensados exteriormente.
- **Importancia Crítica de Anclajes y Desviadores:** Los ensayos demostraron que el diseño de los anclajes y desviadores es el factor más crítico para el éxito del sistema de refuerzo. Las primeras iteraciones (Ensayos 4 y 5) fallaron por deformación excesiva de los anclajes, y la rotura final del Ensayo 7 se inició por una concentración de tensiones alrededor de un tornillo de fijación. Estos hallazgos confirman las advertencias de la literatura especializada, que señala estos componentes como los elementos más vulnerables en sistemas de pretensado exterior. La fuerza máxima de pretensado aplicable está limitada por la capacidad de estos dispositivos, no por la resistencia de la sección de concreto.
- **Comportamiento Dúctil del Sistema Reforzado:** A pesar del significativo incremento en la capacidad resistente, el modelo reforzado mantuvo un comportamiento dúctil aceptable, con deformaciones últimas del orden de $L/40$ antes de la falla localizada. Esta combinación de alta resistencia y ductilidad moderada es característica de los sistemas con tendones no adheridos, donde la deformación de los tendones puede acomodarse sin pérdida brusca de capacidad.
- **Independencia de la Historia de Carga:** Se confirmó

que la resistencia nominal última tras el reforzamiento es independiente del daño previo acumulado, siempre que no exista una degradación severa del concreto por corrosión o aplastamiento. Esto posiciona a la técnica como una solución robusta para puentes con historial de sobrecargas desconocidas

Contribuciones del Estudio

- **Validación Experimental de una Técnica Combinada:** Este trabajo proporciona evidencia experimental robusta sobre la efectividad de combinar pretensado exterior con elementos metálicos de cerramiento y rigidización. La técnica propuesta ofrece una solución viable para el reforzamiento de puentes existentes, con ventajas significativas en términos de rapidez de ejecución, mínima interferencia con el tráfico y capacidad de inspección y mantenimiento futuro.
- **Cuantificación del Incremento de Capacidad:** Se ha cuantificado, mediante ensayos controlados hasta la rotura, el incremento de capacidad alcanzable con esta técnica (84-90%), proporcionando a los ingenieros prácticos un rango de referencia para el diseño de intervenciones similares.
- **Identificación de Puntos Críticos de Diseño:** El estudio ha identificado y documentado experimentalmente los puntos críticos en el diseño del sistema (anclajes, desviadores, conexiones mecánicas), ofreciendo lecciones valiosas para optimizar futuras aplicaciones.

Limitaciones del Estudio

- **Condiciones de Laboratorio:** El estudio se realizó en condiciones controladas de laboratorio, con un modelo a escala real pero simplificado respecto a la complejidad de un puente real (continuidad, apoyos, cargas dinámicas, efectos térmicos, etc.). La extrapolación de estos resultados a estructuras reales debe realizarse con cautela.
- **Fuerza de Pretensado Limitada:** Como se mencionó, la fuerza de pretensado aplicada (28 toneladas) estuvo limitada por la capacidad de los anclajes y desviadores diseñados. Es posible que con un diseño optimizado de estos componentes se pudieran alcanzar fuerzas mayores y, consecuentemente, incrementos de capacidad aún superiores.
- **Pérdidas Diferidas no Evaluadas:** El estudio experimental no abordó las pérdidas de pretensado a largo plazo debidas a fluencia, retracción y relajación. Investigaciones previas indican que estas pérdidas pueden ser significativas en sistemas de pretensado exterior, especialmente en tendones largos y expuestos.
- **Comportamiento a Fatiga no Evaluado:** Aunque se aplicaron ciclos de carga para simular el envejecimiento, no se realizó un estudio específico de fatiga a largo plazo. El comportamiento bajo cargas repetitivas durante millones de ciclos, típico de puentes, no fue evaluado y merece atención en futuras investigaciones.

Recomendaciones para Investigaciones Futuras

- **Optimización del Diseño de Anclajes y Desviadores:** Se requiere investigación adicional enfocada específicamente en el diseño óptimo de anclajes y desviadores, incluyendo estudios paramétricos sobre geometría, detalles de conexión y distribución de tensiones. El uso de modelos de elementos finitos (MEF) calibrados con resultados experimentales podría ser una herramienta valiosa en este sentido.
- **Estudios de Comportamiento a Largo Plazo:** Sería recomendable realizar estudios de monitorización a largo plazo en prototipos instrumentados para cuantificar las pérdidas diferidas de pretensado y evaluar la evolución del comportamiento estructural bajo condiciones ambientales reales.

Conclusión Final

La investigación demuestra, de manera concluyente, que el reforzamiento de tableros de puentes de concreto mediante pretensado exterior combinado con elementos metálicos es una técnica viable, efectiva y eficiente. Los incrementos de capacidad del orden del 90% obtenidos experimentalmente avalan su aplicación en estructuras reales que requieran ser adaptadas a las exigencias de los modernos trenes de carga. El éxito de la técnica depende críticamente de un diseño cuidadoso de los anclajes y desviadores, así como de una correcta instrumentación y control durante el proceso de ejecución. Con las optimizaciones adecuadas y la consideración de las limitaciones identificadas, esta técnica puede convertirse en una herramienta estándar en el arsenal de los ingenieros estructurales dedicados a la rehabilitación y gestión de infraestructuras de puentes.

REFERENCIAS

- Abdulsahib, W. S., Ali, H. M., & Mahmoud, A. S. (2024). External prestressing technique for reinforced concrete member strengthening: A review study. AIP Conference Proceedings, *3009*(1), 030004.
- ACI Committee 224. (2001). *Control of cracking in concrete structures (ACI 224R-01)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary*. American Concrete Institute.
- ASTM International. (2021). *ASTM C39/C39M-21: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM International.
- ASTM International. (2022). *ASTM C78/C78M-22: Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*. ASTM International.
- Chatelain, J., Godart, B., & Duchene, J. L. (1991). *La reparación de puentes de hormigón pretensado. Métodos y ejemplos*. En I Simposio Nacional sobre conservación, rehabilitación y gestión de Puentes. Madrid.
- COVENIN. (2006). *Norma Venezolana COVENIN 1753-2006: Proyecto y construcción de obras en concreto

- estructural*. Fondonorma.
- Petrangeli, M. P. (1996). *External prestressing for bridge repair: The italian experience*. En Recent Advances in Bridge Engineering. Barcelona.
- Post-Tensioning Institute. (2023). *PTI M50.1-23: Specifications for grouting of post-tensioned structures*. Post-Tensioning Institute.
- Radomski, W. (1996). *Application of external prestressing for strengthening of bridge structures in Poland*. En Recent advances in bridge engineering. Barcelona.
- Tilly, G. P. (2002). *Performance and management of post-tensioned structures*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures & Buildings, *152*(1), 3-12.

CUEVAS, CAVERNAS Y GRUTAS

Una conexión ritual, religiosa y artística con el mundo subterráneo

Jhonny Edgar CASAS¹

RESUMEN

Las cuevas, cavernas y grutas han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la civilización humana a lo largo de miles de años. Han proporcionado, desde su origen, refugio y protección contra los elementos, luego evolucionaron para ser utilizadas como lugares de enterramiento y ritos espirituales. Las cuevas han constituido un elemento fundamental en muchas religiones del mundo como lugares de culto, meditación, conexión con el inframundo, transformación espiritual y muerte/resurrección. Cada religión tiene su propia relación con las cuevas, pero todas reconocen el poder y la importancia de estos espacios naturales. Uno de los usos culturales más extendidos y que más visitantes ha atraído y atrae a las cuevas y grutas son los ritos religiosos. Muchas cavidades en el mundo se utilizan como lugares de culto o capillas, y como centros de peregrinación. Las cuevas, en diversas partes del mundo, son sitios de gran valor por sí mismas, o por lo que conservan en su interior. Es por ello que se consideran una parte importante del patrimonio de una región. Funcionan como una especie de cápsula del tiempo que protege y mantiene en excelente estado una parte crucial de la historia natural (elementos geológicos y paleontológicos) y humana (arqueológicos) de un determinado lugar. En las últimas décadas, las cuevas, cavernas y grutas también tienen importancia cultural. Se han utilizado como espacios para el arte, la música, obras de teatro, así como para mostrar al público el maravilloso mundo subterráneo y todas las formas que se han desarrollado en su interior, a lo largo de miles, cientos de miles y millones de años.

ABSTRACT

Caves, Caverns and Grottoes

A ritual, religious, and artistic connection with the underground world

Caves, caverns, and grottos have played a fundamental role in the development of human civilization over thousands of years. Since their origins, they have provided shelter and protection from the elements, later evolving to be used as burial sites and spiritual rites. Caves have played an important role in many world religions as places of worship, meditation, connection to the underworld, spiritual transformation, and death/resurrection. Each religion has its own relationship with caves, but all recognize the power and importance of these natural spaces. One of the most widespread cultural uses, and one that has attracted the most visitors, is religious rites. Many caves in the world are used as places of religious worship or chapels, and as pilgrimage centers. Caves, in various parts of the world, are sites of great value in themselves, or for what they hold within, which is why they are considered an important part of a region's heritage. They function as a kind of time capsule, protecting and maintaining in excellent condition a crucial part of the natural (geological and paleontological) and human (archaeological) history of a given place. In recent decades, caves, caverns and grottos have also gained cultural significance. They have been used as spaces for art, music, and theater, as well as to showcase the wonderful underground world and all the forms that have developed within them over thousands, hundreds of thousands, and millions of years.

Palabras clave: espeleología, arqueología, religión, ritos, inframundo, arte parietal.

Keywords: speleology, archaeology, religion, rites, underworld, parietal art.

INTRODUCCIÓN

Para los seres humanos, el interior de la Tierra siempre se ha percibido como el límite entre lo mágico y lo desconocido. Nuestros antecesores utilizaron originalmente las cuevas y cavernas como refugios, dejando impresa su huella mediante pinturas y grabados. Civilizaciones más recientes, como la

egipcia, hindú, griega y la maya, lo denominaban el inframundo, asignándoles una interpretación religiosa.

En Grecia, cuna de la cultura occidental, las cavernas no escaparon al significado mágico bajo el cual fueron concebidas por aquellos seres humanos que aún estaban descubriendo su mundo, utilizando los recursos de la naturaleza para entender

¹ MSc. Geología, McMaster Univ, Canadá. Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica (UCV). Correo-e: icasas@geologist.com

su propia existencia. Para los helenos, estos sitios representaron lugares sagrados, en donde muchas veces se situaban templos y oráculos. Las grutas surgían en su imaginación como residencia de poderosos dioses, bellas ninfas y seres monstruosos.

El mundo subterráneo ha sido ligado a diversos mitos, como por ejemplo el de origen griego, donde sitúan en las entrañas terrestres al inframundo, reino de Hades, el señor de los infiernos. El perro del dios Hades, Cerbero o Cancerbero, era un monstruo de tres cabezas que vigilaba la entrada de dicho reino subterráneo asegurándose de que los muertos no salieran y que los vivos no pudieran entrar. Para el mundo heleno, el fin de la vida nunca significó una manera de ascender a la gloria como en otras culturas, pues esa solo estaba reservada para dioses y héroes; sin embargo, la muerte era el camino de retorno hacia los orígenes primigenios del ser, al penetrar nuevamente a las entrañas de Gea, «la madre tierra», principio y fin de la existencia.

De la misma manera que los griegos, los romanos, árabes y cristianos, veían en las cuevas un mundo mágico, alrededor del cual giraban leyendas y mitos. Es común descubrir acerca de rituales que se han realizado históricamente en cuevas, en distintas partes del mundo, o incluso sacrificios en forma de ofrendas a dioses, como lo hacían los sacerdotes de la civilización maya para pedir, por ejemplo que lloviera.

Analizando el concepto y la definición de cueva, caverna, cavidad o gruta, podemos decir que la palabra cueva es una forma arcaica del latín «cavus» (excavado, cóncavo, vacío). Físicamente, se considera como cueva a toda oquedad natural en el subsuelo, accesible o no, sin importar sus dimensiones, disposición, origen o litología involucrada. Habitualmente, corresponden al resultado de algún tipo de disolución o erosión por corrientes de agua, aunque también existen cavidades en hielo, y otras generadas durante flujos de lava, incluso, pero menos común, una combinación de estos factores. En el origen de las cavidades suele coincidir una combinación de factores, mediante procesos de espeleogénesis que involucran actividad química, física, geológica, tectónica, así como influencias de tipo atmosférico. Se reconocen principalmente varias tipologías que las definen: cuevas kársticas, cuevas en areniscas, cuevas volcánicas, cuevas de hielo y cuevas marinas.

Se entiende por cuevas o sistemas kársticos, el conjunto de cavidades, o sistemas de drenajes, formados por conductos que se extienden de forma continua, desde los puntos de entrada de las aguas superficiales a una red subterránea, hasta los puntos de salida denominados manantiales. Las cuevas kársticas son formaciones geológicas creadas principalmente por la disolución de rocas carbonáticas que son relativamente solubles, como la caliza, el mármol, la dolomita y las margas.

En el caso de las rocas carbonáticas, muchas están formadas fundamentalmente por antiguos depósitos de microorganismos, algas, crustáceos, y otros seres que fijaban el calcio, generando un sustrato que luego se convirtió en roca.

Al emerger estos estratos por encima de la línea costera, la acción de las aguas de lluvia ligeramente ácidas, debido tanto a la presencia de CO_2 en la atmósfera, como otros ácidos orgánicos del suelo, genera una serie de fenómenos de disolución tanto superficiales como subterráneos (Figura 1). Todas estas formas han recibido el nombre genérico de kársticas, por el nombre de su localidad tipo.

Así, el término karst, a veces traducido al castellano como carso, denomina históricamente a un relieve muy particular en la región italo-eslovena de Kras. Este relieve, originado por un proceso químico que sufre la roca carbonática, trae como consecuencia inicial, un desarrollo rocoso muy particular, caracterizado por la abundancia de diminutos espacios vacíos, desde diaclasas hasta microfisuras. La génesis del karst se basa en las reacciones químicas que producen la disolución y la precipitación de sales de calcio, en presencia de agua y CO_2 , que progresivamente van ampliando los conductos naturales dentro de los macizos, formando posteriormente en su interior, los llamados salones, pozos y galerías (ROBLEDO *et al.* 2020).

La evolución del concepto de espeleología comenzó con un incipiente conocimiento científico y geológico, a partir del reconocimiento sistemático de las cavernas, originado en Francia, por iniciativa del abogado francés Édouard-Alfred Martell (1859-1938), un apasionado de las ciencias naturales y la geografía, quien adoptó el vocablo espeleología, originalmente enunciado por el prehistoriador Émile Rivière (1835-1922). Años después, en 1893, el concepto de karst fue introducido por el geógrafo serbio, especialista en geomorfología, Jovan Cvijić (1865-1929) en su tesis doctoral «Das Karstphänomen» (1893), cuya traducción es «El fenómeno kárstico» (GUNN 2004). El proceso básico de disolución, es decir la karstificación, que originalmente se había aplicado únicamente a las rocas calizas, se extendió a otras rocas solubles como la dolomía o el yeso, y posteriormente una serie de disciplinas científicas adicionales amplió el concepto a lo que hoy conocemos como «ciencias del karst».

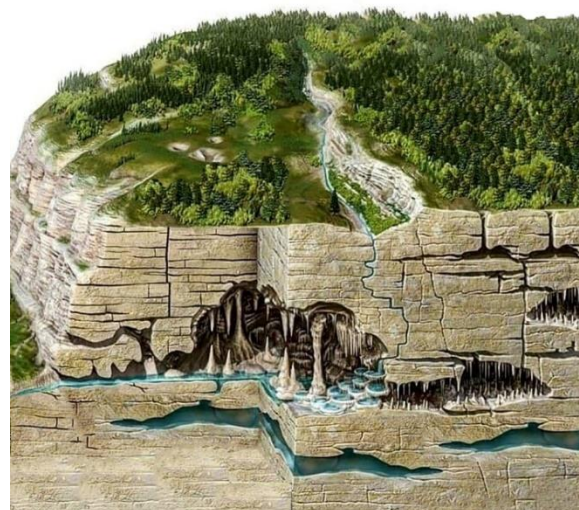


Figura 1. Modelo conceptual del desarrollo de formas kársticas.
Fuente: Modificado de Dariusz Andrulonis (Varsovia, Polonia).

Comprender las cuevas y el karst es importante porque el 10 % de la superficie terrestre está ocupado por paisaje kárstico y hasta una cuarta parte de la población mundial depende del agua proveniente de las zonas kársticas. Aunque es más abundante en regiones húmedas con presencia de rocas carbonatadas, el terreno kárstico se presenta en ambientes tanto templados, tropicales, alpinos como polares. Las características kársticas varían en escala, desde microscópicas hasta sistemas de drenaje completos y ecosistemas que cubren cientos de kilómetros cuadrados, formando extensas mesetas kársticas.

EL MUNDO SUBTERRÁNEO

El karst ocupa actualmente un lugar destacado en el ámbito de las Ciencias de la Tierra, debido a que en la última parte del siglo XX y lo que ha transcurrido del siglo XXI, la evolución en el estudio de este fenómeno en diferentes líneas de investigación ha sido exponencial. Aunque en sus inicios el karst contemplaba únicamente la investigación de las formas de disolución superficiales, en la actualidad ya es un concepto integral y, por tanto, engloba formas y procesos tanto en la superficie como en el subsuelo (ROBLEDO *et al.* 2020).

Es significativo destacar que el karst, más allá del paisaje o de la ciencia, forma parte de la historia de la humanidad, de la cultura, la literatura, la pintura y de la identidad territorial de muchas regiones del planeta; y con el correr de los siglos, ha dado lugar a un sinfín de leyendas, mitos y teorías, publicándose desde hace centurias, memorables libros como, por ejemplo, el «Mundus subterraneus quo universae denique naturae divitiae», publicado en 1665, por el naturalista Athanasius Kircher (1602-1680), sacerdote jesuita alemán, políglota, erudito, estudioso orientalista, y uno de los científicos más destacados de la época barroca. La obra (Figura 2), parte de su experiencia como explorador de las cuevas del volcán Vesubio, cerca de Nápoles, y de las cuevas de Maredocle, en Palermo, Italia.

Kircher creó una serie de mapas como parte del libro, basados en sus teorías sobre el mundo que se encontraba bajo sus pies. En particular, creía en la existencia de un complejo e interconectado sistema con corredores subterráneos, por el cual el fuego viajaba desde el núcleo de la Tierra hasta su superficie, abriéndose paso a través de las erupciones volcánicas.

Según Kircher, el fuego, o pirofilacia (casas de fuego), no era lo único que circulaba por el subsuelo. También existían hidrofilacias (casas de agua), que interactuaban con el «ignis centralis» o núcleo central, y se desplazaban a través de canales y lagos (Figura 3). Kircher no solo era conocido por sus teorías geológicas, ya que entre sus otros logros se incluyen teoría musical, magnetismo, medicina, biología, y como curiosidad, el cartografiado de la mítica isla de la Atlántida, así como estudios pioneros en egiptología.

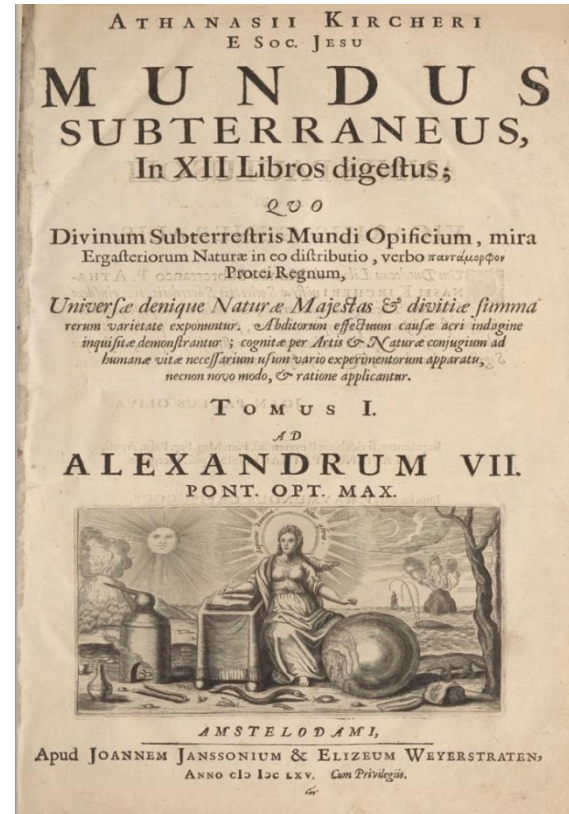


Figura 2. Portada del libro *Mundus subterraneus* de Athanasius Kircher, publicado en 1665.

Fuente: <https://archive.org/details/athanasiikircher12kirc/page/n7/mode/2up>

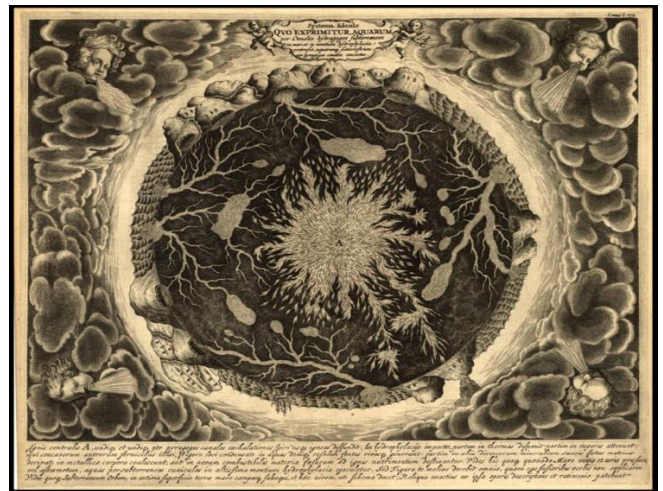


Figura 3. Concepto del «Ignis Centralis» o interior de la Tierra por Athanasius Kircher («Mundus subterraneus»), que muestra las «casas de fuego» y las «casas de agua» interconectadas en el interior de la Tierra. Fuente: <https://archive.org/details/athanasiikircher12kirc/page/n7/mode/2up>

En América, los relatos mitológicos indígenas dieron paso al interés de los primeros cronistas en las cuevas subterráneas del Nuevo Mundo, como el catalán Fray Ramón Pané (segunda mitad del siglo XV), monje de la Orden de San Jerónimo, quien

acompañó a Cristóbal Colón (1451-1506) en su segundo viaje a las Indias y fue autor del primer libro escrito en América, titulado «Relación acerca de las antigüedades de los indios». En esa relación, Fray Pané en el capítulo I, describe los mitos de los indígenas que habitaban la Española (hoy día ocupada por República Dominicana y Haití), donde menciona la creencia de que la gente que pobló originalmente la isla, salió de una cueva llamada Cacibayagua (PANÉ s. f.). Otra mención destacada debe hacerse a Fray Bernardino de Sahagún (1499-1590), quien, en el actual México, reseñó la importancia de las cavernas y sus distintas morfologías en el denominado «Códice Florentino», que recopila enciclopédicamente los saberes prehispánicos y las tradiciones legendarias o religiosas vinculadas a las cavernas, relatadas por sus informantes náhuatl o aztecas (URBANI y URBANI 2024). Otro cronista importante de mencionar es el Padre José de Acosta (1540-1600), científico jesuita, protoantropólogo y naturalista español que desempeñó importantes misiones en América a partir de 1571, y que debe su fama de observador sagaz y lúcido expositor a la «Historia natural y moral de las Indias», obra publicada en Sevilla en 1590.



Figura 4. Cueva de El Guácharo. Fuente: Fotografía de Rafael Carreño, (Sociedad Venezolana de Espeleología).

Posteriormente, el interés por las cuevas alcanza importancia secular, representada por la obra del famoso naturalista prusiano Alexander von Humboldt (1769-1859), con su exploración y descripción en 1799 de la cueva de El Guácharo en Venezuela (Figura 4). Humboldt exploraría la cueva hasta una profundidad de 472 metros, en compañía del botánico

francés Aimé Bonpland (1773-1858) (LAGARDE y CRESPO 2003). El científico la describió como «una joya escénica, geológica y biológica [...] No he visto caverna alguna en ambos continentes que tenga una estructura tan uniforme y regular».

Tanto la expedición de Humboldt como una efectuada por el geógrafo italiano Agustín Codazzi (1793-1859) en 1835, despertaron el interés científico de los europeos por lo que, entre los años 1843 y 1892, la caverna fue visitada por científicos de la talla de los botánicos Karl Moritz (1797-1866), Hermann Karsten (1817-1908) y Nikolaus Funck (1767-1857), el ornitólogo Antón Goering (1836-1905) y el pintor alemán Ferdinand Bellermann (1814-1889), quien levanta el primer plano de la cueva (URBANI 1999, LAGARDE y CRESPO 2003).

En el plano espeleológico, fueron muchos los aventureros que iniciaron los primeros contactos con la exploración del mundo subterráneo a lo largo de los siglos. Sin embargo, la investigación verdaderamente científica de las cuevas comenzó a desarrollarse durante la segunda mitad del siglo XIX. Fue el científico francés, Édouard Alfred Martel (1859-1938), considerado el padre de la espeleología moderna, a quien se le atribuye su nacimiento como ciencia. En 1888, explorando el abismo de Bramabiau (Gard, Francia), Martel (Figura 5), dio el primer paso en lo que hoy se conoce como espeleología moderna. Se adentró con algunos compañeros en una cueva atravesada por el arroyo Bonheur (felicidad) y reaparecieron más lejos, en Bramabiau (bramido del buey). Esta primera gran expedición llegó a recorrer dos kilómetros de galerías de dicha cavidad. Ese mismo año, Martel exploró con el mismo equipo la Gruta de Dargilan, bordeando las gargantas del río Jonte (Lozère, Francia) a lo largo de un kilómetro y medio (ROBLEDO *et al.* 2020).

Desde 1888 hasta 1893, Martel visitó y enumeró más de 230 cuevas y grutas en Europa. Reconoció más de 250 kilómetros de galerías, de las que realizó levantamientos y descripciones muy precisas. En 1895, amplió su campo de investigación y organizó expediciones en Irlanda e Inglaterra. Descubrió el lago subterráneo de Marble Arch en Irlanda del Norte, uno de los sistemas kársticos más importante de Europa. Ese mismo año, fundó en Francia la Sociedad de Espeleología (ROBERTS 1947; ROBLEDO *et al.* 2020), la primera organización dedicada exclusivamente al estudio de cuevas.

Martel fue pionero también en la exploración de cavidades en España, ya que, en 1896, fue invitado por el archiduque Luis Salvator (1847-1915), primo del emperador austríaco Francisco José (1830-1916). Con su compañero Louis Armand, y el cartógrafo M. F. Will, exploraron el subsuelo de la isla de Mallorca (Balears), una región rica en formaciones kársticas. En las cuevas del Drach, cerca de Porto Cristo, descubrió el lago subterráneo más grande de la época, que se bautizó con su nombre (ROBERTS 1947).

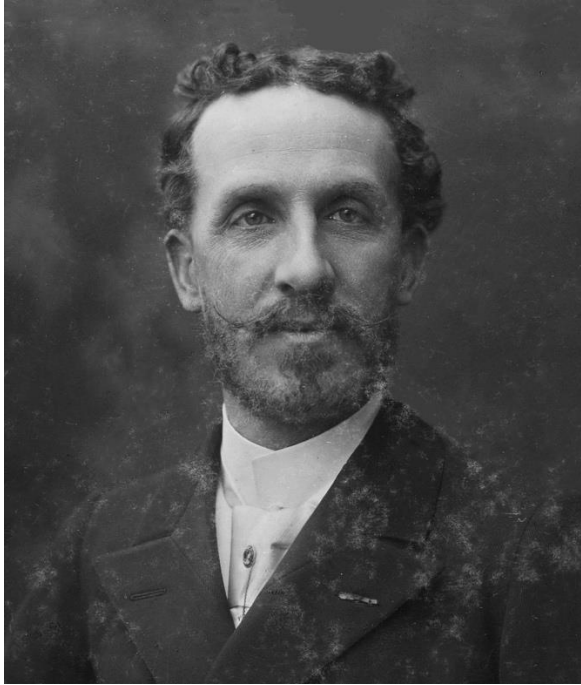


Figura 5. Retrato de Édouard Alfred Martel.
Fuente:[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%89douard-Alfred_Martel#/media/Archivo:%C3%89douard-Alfred_Martel_\(Nadar\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%89douard-Alfred_Martel#/media/Archivo:%C3%89douard-Alfred_Martel_(Nadar).jpg)

EN UN LUGAR DE LA REGIÓN ITALO-ESLOVENA

Se le llama karst, relieve cárstico, relieve kárstico, carso o carsto (de la voz alemana Karst o Kras, que corresponde a la región italo-eslovena de Carso) a una forma de relieve originada por la meteorización química de ciertas rocas como el yeso, la dolomita y la caliza, las cuales están formadas por minerales solubles en agua. La primera investigación científica de un relieve kárstico, que se conoce hoy como karst clásico, tuvo lugar en esa región de Eslovenia. El nombre proviene del paleoeuropeo «karra», que quiere decir piedra, y «carusardius» en latín. No obstante, desde el año 1177 se encuentran registros de una forma variante, también de origen esloveno, llamada «grast» (ROBLEDO et al. 2020). En 1689, Johann Weikhard von Valvasor (1641-1693), quien fue miembro de la Royal Society de Londres y precursor del estudio del karst en Eslovenia, utilizó dicho término para referirse a las corrientes subterráneas de los ríos, al describir el lago Cerknica (el más grande de los lagos intermitentes europeos), ubicado en la región suroccidental de Eslovenia.

A finales del siglo XIX, Jovan Cvijić (1865-1927), geógrafo, etnólogo y académico serbio, hizo avanzar enormemente el conocimiento de las regiones kársticas, tanto así que llegó a ser conocido como el «padre de la geomorfología kárstica». La antes mencionada tesis doctoral de Cvijić, denominada «Das Karstphänomen» (El fenómeno kárstico), publicada en 1893, trató principalmente de las regiones kársticas de los Balcanes y describió formas del relieve como poljes y dolinas. Posteriormente, estudios relacionados con la hidrología

kárstica surgieron como disciplina en Francia a finales de los años 1950. Debemos recordar que, durante muchas décadas, las actividades de los exploradores de cuevas, hoy llamados espeleólogos, habían sido consideradas más como un deporte que como una ciencia, por lo que las cuevas kársticas subterráneas y sus cursos de agua asociados, estuvieron poco estudiados desde una perspectiva puramente científica.

También dentro de Eslovenia, en la zona sur-central, merece ser mencionada una obra de finales del siglo XVI, que combinó lo natural con lo artificial, mezclando un entorno geológico de tipo kárstico con la construcción de un curioso castillo, dando lugar a una joya medieval. El majestuoso castillo de Predjama («Predjamski grad» en esloveno) se consideró en la época, la puerta de entrada al mundo del karst (Figura 6). Predjama es una obra renacentista, considerada una de las fortalezas más grandes del mundo, construida en la boca de un complejo de cuevas de unos 14 kilómetros. Detrás del castillo se encuentra una gran cavidad, denominada «La cueva debajo del Castillo de Predjama», que hizo posible no solo el emplazamiento de dicha fortaleza, sino que permitiera a sus habitantes tener una retaguardia segura por donde escapar ante cualquier ataque, dando a la construcción una enorme ventaja estratégica, con respecto a cualquier enemigo (CASTILLO DE PREDJAMA 2025).



Figura 6. Vista del Castillo de Predjama (Eslovenia), construido parcialmente al abrigo de la entrada de la cueva. Fuente:
https://es.wikipedia.org/wiki/Castillo_de_Predjama#/media/Archivo:H%C3%B6hlenburg_Predjama_in_Slovenien.jpg

EL APROVECHAMIENTO PATRIMONIAL DE LAS CUEVAS Y GRUTAS

Las cuevas en diversas partes del mundo, son sitios de gran valor por sí mismas, o por lo que conservan en su interior. Es por ello que se consideran una parte importante del patrimonio de una región. Funcionan como una especie de cápsula del tiempo que protege y mantiene en excelente estado, una parte crucial de la historia natural (elementos geológicos y

paleontológicos) y humana (arqueológicos y artísticos) de un determinado lugar.

Hoy en día, las cavidades que contienen restos paleontológicos y arqueológicos son especialmente importantes. Su valor radica en que nos ofrecen un profundo conocimiento sobre nuestros ancestros, sus formas de vida y, en definitiva, sobre la evolución humana. En los últimos años, el estudio de la paleontología y la arqueología dentro de las cuevas, ha cobrado una relevancia enorme, convirtiéndose en uno de los aspectos más significativos al investigar estos entornos subterráneos.

Se han descubierto muchísimas cuevas en diferentes continentes que han sido clave para entender la evolución humana, gracias al hallazgo e investigación de restos de homínidos o sus utensilios. Existen numerosas cuevas, por ejemplo, en Sudáfrica, China e Indonesia, y por supuesto, en el continente europeo, que son de gran interés para diversas ramas de la ciencia (ROBLEDO *et al.* 2020).

En España, el más notable es el conjunto de cuevas de Atapuerca (Burgos); siendo dicho yacimiento Patrimonio de la Humanidad. Aquí, cuevas de rocas carbonáticas han revelado fósiles del *Homo antecessor*, con al menos 800 000 años de antigüedad (CASADO 2024), así como homínidos de 1,2 millones de años, los más antiguos jamás descubiertos en Europa. Las cuevas estuvieron habitadas continuamente durante milenios, ofreciendo hoy día a los arqueólogos un tesoro de hallazgos, así como fascinantes pistas sobre la evolución y la vida cotidiana de los primeros ancestros humanos en Europa.

El arte parietal, con especial énfasis en pinturas rupestres como las de Altamira en España y Lascaux en Francia, es otro de los elementos patrimoniales más valorados, como lo son, en general, todas las cuevas con arte paleolítico, del resto de la península ibérica y del sur de Francia (GRÖNEN 2012). Esta región es relevante para el estudio de estas evidencias ancestrales porque durante el Cuaternario, la región quedó fuera de la cobertura glacial continental, especialmente en el Pleistoceno, por lo que las cuevas ubicadas en los piedemontes, se mantuvieron accesibles fuera del manto congelado.

LAS CUEVAS COMO LUGAR DE REFUGIO Y MAGIA DE LOS ANCESTROS HUMANOS

En el Paleolítico, muy probablemente se creía en la existencia de espíritus que favorecían la caza, la fertilidad y evitaban la enfermedad y la muerte. La supervivencia de los primeros homínidos dependía de la caza mayor y de la recolección de frutos, es decir, de seres y ofrendas concedidas por la madre naturaleza. Para garantizar su existencia celebraban rituales en el interior de las cuevas como culto a la fertilidad y a la diosa madre de la naturaleza.

Enclavado en la ondulada campiña, desde el suroeste de Francia hasta la costa norte de España, se encuentra un tesoro de artefactos y arte dejados por los primeros humanos hace

decenas de miles de años. Estas civilizaciones de la Edad de Piedra ocuparon desde la impresionante región de Dordogne, pasando por el País Vasco francés y español, hasta la región de Cantabria, donde se pueden encontrar yacimientos prehistóricos declarados Patrimonio de la Humanidad. En esta región se conservan en numerosas cuevas, algunas de las obras de arte más antiguas del mundo, desde las famosas cuevas de El Castillo, Tito Bustillo, Nerja, Rouffignac, Chauvet o Cosquer, donde puede admirarse la enorme destreza artística y la sensibilidad de nuestros antepasados.

En la región de Dordogne, Francia, abundan también los vestigios de la presencia humana, específicamente en el Valle del Vézère, también conocido como «valle de la prehistoria», declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Presenta un interés excepcional desde el punto de vista etnológico, antropológico y estético, donde unos 150 yacimientos prehistóricos, así como más de 25 cuevas decoradas, se esconden entre las colinas boscosas.

Las pinturas rupestres

Se localizan en las paredes y techos de las cuevas y en solapas o abrigos de las rocas más grandes; de ahí su nombre: arte rupestre o parietal. Se aprovechaba la oscuridad del interior de estas cuevas para celebrar rituales y cultos a la fertilidad. Estos espacios fueron decorados con pinturas que representan animales, como los bisontes y ciervos de la Cueva de Altamira (Santander). Esta constituye el ejemplo más representativo de la zona franco-cántabra, destacando por la naturalidad de sus figuras, logradas gracias al uso de colores rojizos y negros (policromía). Además, se aprovechaban los salientes de la superficie rocosa para conseguir una mayor sensación de tridimensionalidad.

Otras manifestaciones artísticas de estas cuevas santuario de la zona franco-cántabra son los caballos de la Cueva de Tito Bustillo o los ciervos monocromos de La Pasiega. Hay que destacar también la representación de escenas de caza o de la vida cotidiana con figuras humanas más alargadas, expresivas, que probablemente trataban de dar la sensación de movimiento. Quizá el mejor ejemplo de la pintura rupestre levantina sea la escena de danza hallada en la Cueva del Cogull (Lleida), que destaca por su esquematismo, monocromía y marcado movimiento (Figura 7).

La técnica de este arte se basó en el uso de pigmentos minerales (sobre todo carbón vegetal), aglutinados con grasa animal para mejorar su aplicación en la superficie rupestre, ya sea con pinceles de pelo animal, con plumas, con los dedos o bien con la técnica del soplado. En cualquier caso, estos restos atestiguan el uso humano del hábitat cavernario, con un asentamiento estacional y la creencia en el más allá a través de ritos de magia que dan culto a la fertilidad, y con ritos funerarios para sus difuntos.

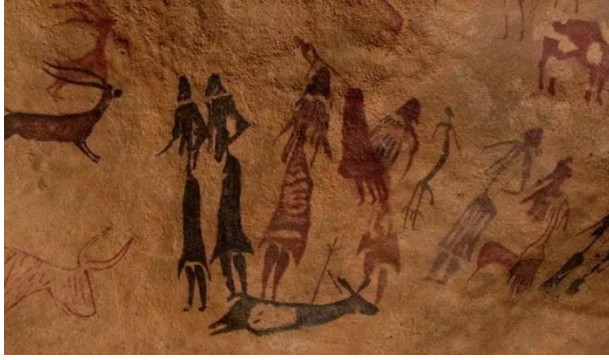


Figura 7. Representación de danza ritual vinculada a la fertilidad, perteneciente al conjunto rupestre La Roca dels Moros, Cueva del Cogull. Fuente: <https://patrimoni.gencat.cat/es/monumentos/monumentos/el-cogull>

Algunas de las cuevas más importantes donde se han encontrado increíbles muestras de arte rupestre son:

Cueva de Lascaux: Es un sistema de cuevas en Dordoña (Francia) en donde se han descubierto significativas muestras del arte rupestre y paleolítico. Lascaux es uno de los yacimientos de arte prehistórico más famosos del mundo, y fue descubierto accidentalmente por jóvenes locales en 1940. Contiene unas 600 pinturas y 1500 grabados repartidos en varias salas (Figura 8). Pertenecen al Paleolítico Superior, en concreto al Magdaleniense antiguo o Solutrense final, aproximadamente entre 17 000 y 15 000 a. C. (STEVENSON 2022).

Entre 1948 y 1963, casi un millón de visitantes descendieron a la cueva de Lascaux. Sin embargo, el dióxido de carbono, el aumento de temperatura y humedad alteraron el estado de las paredes a lo largo de los años, con incremento de la corrosión, además del crecimiento descontrolado de algas y hongos que amenazaron la conservación de las pictografías. En 1963, André Malraux, entonces ministro de Cultura, tomó la decisión de cerrar la cueva para su conservación, creándose la nueva Lascaux IV, inaugurada en 2016, como una réplica exacta del yacimiento. Otras cavernas, como la de Altamira, también adoptaron el desvío del espeleoturismo hacia una neocueva artificial.

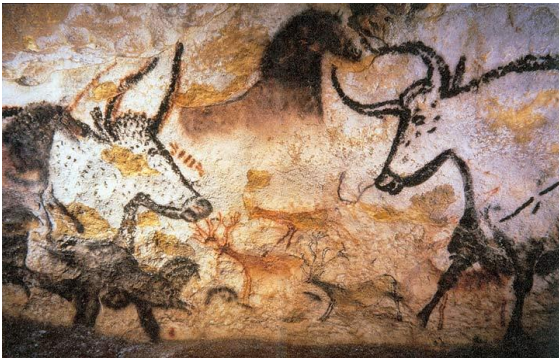


Figura 8. Uros, caballos y ciervos pintados en el techo de la cueva de Lascaux. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Cueva_de_Lascaux#/media/Archivo:Lascaux_painting.jpg

Las Grutas de Gargas: En el suroeste de Francia, y en el corazón de los Pirineos centrales, se encuentran las Grutas de Gargas. Esta cueva contiene importantes ejemplos de arte mural del Paleolítico, incluyendo grabados de imágenes de animales y numerosas imágenes de manos negativas realizadas por la técnica de la plantilla (Figura 9). Las imágenes de las manos son de color rojo (ocre) o negro (óxido de manganeso) por el uso de una combinación de óxido de hierro y de manganeso mezclada con grasa animal y untada o pulverizada alrededor de la mano contra la pared. Su arte rupestre es del período Paleolítico Superior, distribuyéndose a lo largo de un periodo prolongado, entre 25 000 y 28 000 años antes del presente (FOUCHER *et al.* 2022).



Figura 9. Panel de manos. Gruta de Gargas.

Fuente: <https://arqueologiacognitiva.blogspot.com/2014/11/las-manos-paleoliticas-la-cueva-de.html>

Cuevas de El Castillo: El arte más antiguo se ha encontrado en las cuevas de Puente Viesgo (El Castillo, Pasiega, cueva de las Monedas y cueva de las Chimeneas), ubicadas en Cantabria, España. En particular, la sala de El Castillo, alberga pinturas que datan de al menos 40 800 años, posiblemente realizadas por neandertales (GRÖENE 2011). La cueva de El Castillo es la más importante, tanto por el propio yacimiento en su vestíbulo, como por las manifestaciones artísticas que contiene.

Existen representaciones de cabras, toros, bisontes, ciervas y manos humanas en negativo, silueteadas en tonalidades rojas, además de otras figuras simbólicas esquemáticas y alineaciones de puntos rojos, cuyo significado es aún desconocido. En el fondo de la cueva aparece un elefante, manifestación muy rara en la cornisa cantábrica (CUEVAS PREHISTÓRICAS s. f.).

Cueva de El Pendo: Descubierta a finales del siglo XIX en la región de Cantabria, en ella aún hoy día se siguen realizando importantes descubrimientos, incluyendo evidencia de un asentamiento neandertal permanente. Se desarrolla sobre calizas arrecifales en una de las zonas kársticas costeras más importantes de Cantabria (CUEVA EL PENDO s. f.).

La cueva contiene una serie de pinturas que representan unas 24 figuras de animales, incluyendo caballos y cabras monteses, que datan de la fase arcaica del arte paleolítico. El famoso «friso de las pinturas», un panel de 25 metros de largo y visible desde cualquier parte de la sala principal, contiene, como un cuadro de grandes proporciones situado en la pared preferente de un gran salón en el cual probablemente muchas de sus obras contiguas se realizaron en diferentes épocas, una veintena de figuras pintadas en color rojo. Destacan las ciervas, con doce ejemplares, acompañadas de una cabra, un caballo, dos zoomorfos indeterminados y varias formas de signos (como puntos, discos y líneas) que generalmente se localizan segregados por los paneles en los que se localizan los cuadrúpedos.

Cuevas de Altamira: Es una cavidad natural en la que se conserva uno de los ciclos pictóricos y artísticos más importantes de la prehistoria. Se sitúa en la región central de Cantabria (España), a unos 158 metros sobre el nivel del mar, en la parte superior de un karst de origen plioceno. Su estructura geológica está formada por estratos casi horizontales de calcarenitas de hasta un metro de espesor, separados por finas capas de arcillas (GEOLOGÍA DE ALTAMIRA s. f.). No obstante, apenas quedan señales de la circulación subterránea del agua, ya que su formación se debe a desplomes del techo y compactación del subsuelo.

Desde su descubrimiento en 1868 por Modesto Cubillas, y su posterior estudio por Marcelino Sanz de Sautuola (1831-1888), ha sido excavada y estudiada por los principales prehistoriadores de cada una de las épocas, una vez que se admitió su atribución al Paleolítico. Las pinturas y grabados de la cueva, pertenecen principalmente a los períodos Magdaleniense y Solutrense, y al comienzo del Auriniaciense, esto último según pruebas más recientes utilizando series de uranio, que han arrojado una edad mínima para las figuras de caballos pintados en rojo, entre 22 600 y 32 000 años. De esta forma se puede asegurar que la cueva se utilizó durante varios períodos, sumando unos 22 000 años de ocupación, desde hace unos 36 500 hasta hace alrededor de 15 000 años (Paleolítico superior), cuando la entrada principal de la cueva quedó sellada por procesos geológicos de colmatación y por un derrumbe (GEOLOGÍA DE ALTAMIRA s. f.).

En cuanto a su techo de motivos policromos, ha recibido calificativos como «Capilla Sixtina» del arte rupestre, representando la manifestación más extraordinaria del arte paleolítico. El animal más representado es el bisonte (Figura 10). Hay dieciséis figuras policromas y una en negro, de diversos tamaños, posturas y técnicas pictóricas. Junto a estos bisontes, hay caballos, ciervos y jabalíes. Las representaciones rupestres de Altamira podrían ser imágenes que confirmaban el significado religioso, ritos de fertilidad, ceremonias para propiciar la caza, magia simpática, simbología sexual, totemismo, o podría interpretarse como la confrontación entre dos clanes representados por la cierva y el bisonte. Parte de las pinturas se encuentran en sitios de complicado acceso y, por lo tanto, de difícil exhibición.

Las preocupaciones por la alteración del microclima dentro de la cueva, y el amplio número de personas que deseaban ver la misma, con un largo periodo de más de un año de espera para acceder a ella, hicieron plantearse la necesidad de construir una réplica. Desde 2001, junto a la cueva, se levantó el Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira. En su interior destaca la denominada Neocueva, una reproducción completamente fiel a la original y muy similar a como se encontraba hace unos 15 000 años. En ella se puede contemplar la reproducción de las famosas pinturas del «gran techo de la cueva» (GEOLOGÍA DE ALTAMIRA s. f.). En esta reproducción se utilizaron las mismas técnicas de dibujo, grabado y pintura que debieron emplear los artistas paleolíticos, obtenidas a partir de ejercicios de antropología experimental.

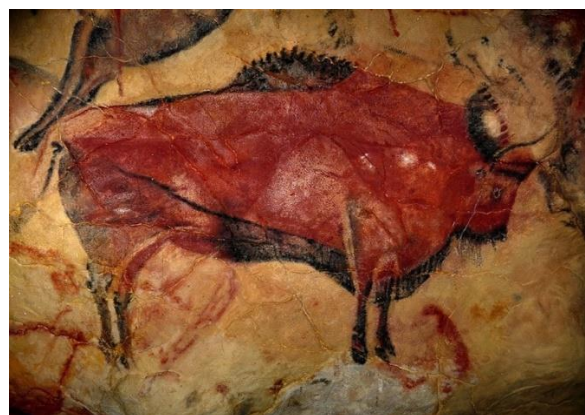


Figura 10. Bisonte pintado en la Cueva de Altamira.

Fuente: <https://www.worldhistory.org/uploads/images/3537.jpg?v=1745655736-0>

La Cueva del Tesoro: Por último, vale la pena mencionar otra cavidad importante, pero esta vez ubicada más hacia la región del Mediterráneo. Es la denominada «Cueva del Tesoro» en el Rincón de la Victoria», situada a unos 10 kilómetros de la ciudad de Málaga. Esta cueva cuenta con las huellas de manos humanas más antiguas del Mediterráneo ibérico, impresas en las paredes durante un período entre 70 000 y 35 000 años antes del presente. De las 44 cavidades naturales que se han documentado en el gran acantilado carbonático de El Cantal, once estuvieron habitadas durante el Paleolítico. Estudios científicos recientes en dichas cuevas, confirmaron su ocupación humana por más de 40 000 años (CUEVA DEL TESORO 2025),

La Cueva del Tesoro es al parecer, la única cueva originalmente submarina de Europa y una de las tres que se conocen en el mundo. Se formó como una cueva submarina hace millones de años, emergiendo luego a la superficie, donde las filtraciones de agua dulce y ríos subterráneos, la fueron modelando durante miles de años, dando origen a estalactitas y estalagmitas como en las cuevas de origen terrestre. Por lo tanto, no solo se ha convertido en la única cueva de origen submarino de Europa (CUEVA DEL TESORO 2025), sino que cuenta con la peculiaridad de tener formas relacionadas

tanto con cuevas marinas como con cuevas terrestres, lo que la convierte en una verdadera singularidad.

La cueva de Kapova: Emplazada en el corazón de los bosques de la república rusa de Bashkortostán, en los Urales meridionales, se denominada «Shulgan-Tash» en lenguaje bashkiriano local. Siendo uno de los testimonios del arte rupestre paleolítico más importantes de la Europa oriental. La cueva de Kapova constituye un singular enclave que fue incluido en el año 2025, en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Situada a más de 4000 kilómetros de distancia de los principales centros pictóricos de las provincias franco-cantábricas, Kapova emerge como una isla cultural que reconfiguró el mapa simbólico del Paleolítico superior (RUIZ *et al.* 2020). Este descubrimiento resultó extraordinario, ya que era la primera vez que se documentaba arte parietal paleolítico, fuera del ámbito atlántico europeo.

Los análisis de radiocarbono, las dataciones U/Th sobre depósitos de calcita y las evidencias arqueológicas más sólidas, sitúan la ejecución de las pinturas de Shulgan-Tash entre los 19 600 y los 16 000 años antes del presente (RUIZ *et al.* 2020), al final del último máximo glacial, un período en el que las condiciones del permafrost o gelisuelo, obligaron a las comunidades humanas a sobrevivir en un entorno hostil.

Las representaciones zoomórficas se componen mayoritariamente de mamuts (9), caballos (8), rinocerontes (2), un bisonte y un único camello, todas descubiertas en el 2017 tras limpiar una costra de carbonato de calcio. De hecho, se trata del único camello documentado en el arte paleolítico europeo (Figura 11). Aunque escasas, se han encontrado tentativamente cinco figuras antropomórficas (RUIZ *et al.* 2020). Uno de los rasgos más sorprendentes del conjunto es el dinamismo de las figuras. A excepción de tres animales y un humano, todas las representaciones muestran animación, así como trazas de movimientos complejos, como el trote o la carga. Un caso notable lo representa una hembra de mamut que parece embestir mientras protege a su cría. También los dos rinocerontes del mismo panel, adoptan posturas agresivas, con el cuerpo bajo y el cuerno proyectado hacia adelante en posición de carga.



Figura 11. Representación de un camello junto a una figura geométrica.
Fuente: <https://www.prensa-latina.cu/2025/07/13/pinturas-rupestres-de-bashkortostan-en-la-lista-de-patrimonio-mundial/>

En términos técnicos, casi todas las pinturas se realizaron con ocre rojo diluido, aunque existen algunas excepciones ejecutadas en negro, muy probablemente, con carbón vegetal (RUIZ *et al.* 2020). La cueva de Kapova constituye una expresión cultural compleja, rica y diferenciada, que amplía la comprensión de la diversidad simbólica de las sociedades del Paleolítico superior.

EL SIGNIFICADO Y USO DE LAS CUEVAS EN DISTINTAS RELIGIONES

Las cuevas han desempeñado un papel importante en muchas religiones del mundo como lugares de culto, meditación, significado espiritual, refugio, conexión con el inframundo, transformación espiritual y muerte/resurrección. Cada religión tiene su propia relación con las cuevas, pero todas reconocen el poder y la importancia de estos espacios naturales. Uno de los usos culturales más extendidos y que más visitantes ha atraído y atrae a las cuevas y grutas son los ritos religiosos. Muchas cavidades en el mundo se han utilizado, y aún se utilizan, como templos o capillas, y como centros de peregrinación.

Budismo

Las cuevas son lugares de gran significado en el budismo, ya que simbolizan la meditación, la soledad, la protección y el refugio para los monjes, especialmente en sus inicios. Se dice que el propio Buda meditó en cuevas durante su búsqueda de la iluminación. De hecho, muchos de los sitios budistas más importantes de la India, como Ellora y Ajanta (MAYANS 2022), son templos rupestres, al igual que las grutas de Longmen y Yungang en China. Estas cuevas se utilizaban para la meditación, la oración y como lugares de culto.

Islamismo

Aunque en menor medida que en otras religiones, las cuevas también tienen un significado especial en el islam. Hira es una cueva situada a 3,2 kilómetros de La Meca, ubicada en la montaña llamada Jabal al-Nour, en la actual Arabia Saudita. La cueva tiene apenas unos 4 metros de largo y 1,60 metros de ancho. Alrededor de 5000 musulmanes suben a la cueva de Hira a diario, a ver el lugar donde según sus creencias, Mahoma recibió la primera revelación del Corán (TARIK 2000).

Hinduismo

Las cuevas tienen una larga historia en el hinduismo y se consideran espacios sagrados. El ejemplo más famoso es la cueva de Amarnath en Jammu y Cachemira, India. Se cree que esta cueva es el hogar del dios Shiva, y un importante lugar de peregrinación para los hindúes. Además, muchas otras cuevas en toda la India están asociadas con diversos dioses y diosas, y se consideran lugares de poder espiritual.

Otra de las más destacadas, incluso a nivel mundial, es la cueva de Batu en Malasia (Figura 12). La cual recibe en torno a los 2 millones de visitantes al año, concentrados en épocas puntuales, y asociadas al culto religioso. Durante el festival hindú de Thaipusam, una procesión finaliza en las cuevas de

Batu, donde se dejan ofrendas para Lord Murugan (BATU CAVES s. f.), también conocido como Skanda, Subrahmanya o Shanmukha, quien es el dios hindú de la guerra, y el que dirige las huestes del dios Shiva contra los ejércitos de los demonios.



Figura 12. Imagen de la Cueva de Batu (Malasia), con el templo de Murugan en su interior. Fuente: <https://www.malaysia.travel/explore/batu-caves>

Cristianismo

Numerosas cuevas se han utilizado como lugares de culto y refugio en el cristianismo. Uno de los ejemplos más famosos es la Cueva o Gruta de la Natividad situada bajo la Basílica de la Natividad en Belén (Cisjordania), considerada el sitio exacto del nacimiento de Jesús de Nazareth. Actualmente, es un importante lugar de peregrinación para todos los cristianos del mundo.

Las cuevas tienen una rica historia en el cristianismo, además de que muchos ermitaños primitivos cristianos vivieron en cuevas, como una forma de aislarse del mundo y centrarse en su vida espiritual. La veneración de santos cristianos en cuevas es un tema con raíces históricas y simbólicas. Las cuevas, como lugares de refugio y revelación, han sido asociadas con la vida y obra de varios santos, especialmente en los primeros tiempos del cristianismo. La Virgen María, por ejemplo, es a menudo representada en cuevas, simbolizando la tierra fértil y el útero que dio a luz al niño Jesús (MOLINA 2006).

El simbolismo de las cuevas está atado a:

- Refugio y protección: Las cuevas ofrecían un lugar de seguridad para los primeros cristianos perseguidos, así como un espacio para la oración y la contemplación.
- Lugar de revelación: Se cree que varios santos tuvieron visiones o experiencias místicas en cuevas, lo que refuerza la idea de que son lugares de conexión con lo divino.
- Simbolismo de la resurrección: La cueva es también un símbolo de muerte y, al mismo tiempo, de renacimiento, ya que la resurrección de Jesucristo ocurrió en una cueva.

CUEVAS SANTAS EN ESPAÑA

La veneración de santos en cuevas es una tradición cristiana muy arraigada sobre todo en España, y que se basa en el simbolismo de estos lugares como refugio, revelación y resurrección. Varios santos, a través de la historia, han tenido

experiencias significativas en cuevas, y estas siguen siendo lugares de peregrinación y oración para muchos creyentes. Algunos de los más grandes santos de la Iglesia católica, huyeron de las comodidades del mundo y buscaron refugio en cuevas. Estas cuevas, en muchos casos, son lugares de peregrinación y oración, donde los creyentes buscan la intercesión de los santos.

La lista de santos es larga e incluye a San Benito, San Antonio de Egipto, San Jerónimo, San Juan Crisóstomo, por citar algunos, e incluso a San Francisco de Asís durante ciertos periodos de su vida en las cuevas de Monte Subasio, unas estrechas grutas de piedra, denominadas «celle carceri» (celdas de prisión), como se las conocía en la época, y que se conservan casi intactas, impresionando al visitante por su emplazamiento (SPOTO 2007). San Ignacio de Loyola tuvo una visión en la cueva La Storta, cerca de Roma, lo cual fue un evento importante en su vida y en la fundación de la Compañía de Jesús. Además, las cuevas también fueron una elección espiritual, recordando al ermitaño más famoso del Antiguo Testamento, el profeta Elías, el cual cuando vivió en una cueva, alegó haber encontrado la presencia de Dios. Para muchos santos, las cuevas fueron inicialmente una opción práctica y segura. En toda Europa, Tierra Santa y África del Norte, las cuevas son una característica natural del paisaje, que muchos de estos santos aprovecharon.

Numerosos ejemplos se podrían citar a lo largo y ancho de la geografía española, donde se concentra un gran número de cuevas santas. Las peculiaridades que esconden algunas de ellas no solo las han convertido en un lugar de peregrinaje para los más creyentes, sino también en importantes puntos de interés turístico. Las historias, milagros, apariciones, tallas y reliquias que aguardan tras sus rocas, hacen de estas grutas unos emplazamientos que una buena parte de la población aun hoy en día visita. Solo algunas de las más importantes se citan a continuación:

Santa Cueva de Covadonga

La Cueva de Covadonga (Figura 13), es una gruta ubicada en el monte Auseva, ubicado en el concejo de Cangas de Onís, Asturias. La leyenda narra que en esta gruta se adoraba a la Virgen María, y es el lugar donde se refugió el rey Don Pelayo con sus tropas, suponiendo la primera victoria de un contingente cristiano rebelde contra las fuerzas sarracenas que ocupaban la península ibérica.

Pelayo esperó a los musulmanes en un lugar estratégico: el angosto valle de Cangas en los Picos de Europa, cuyo fondo cierra el monte Auseva. Las crónicas sugieren que la Virgen María intercedió por los cristianos cuando un desprendimiento de rocas provocó numerosas bajas entre los sarracenos, siendo entonces atribuido al milagro de la Virgen de Covadonga. La emboscada, la ayuda divina y la muerte del líder sarraceno Al Qama, provocaron que los musulmanes se retirasen (JIMENEZ 2025). El posible enfrentamiento se produjo en la cueva de Covadonga, en el año 722 (718 para otros historiadores), y se saldó con la completa derrota de los sarracenos. Don Pelayo consolidó su poder y estableció el

primer reino cristiano independiente en la península ibérica desde la invasión musulmana. Este evento se ha marcado en la historiografía tradicional como el inicio de la reconquista (SANTA CUEVA DE COVADONGA 2025), haya sucedido realmente o no la mencionada batalla (CORRAL 2024). Covadonga, por tanto, ha tenido una gran trascendencia como «mito fundacional», además de haber convertido a la región, en un importante lugar de peregrinaje religioso.

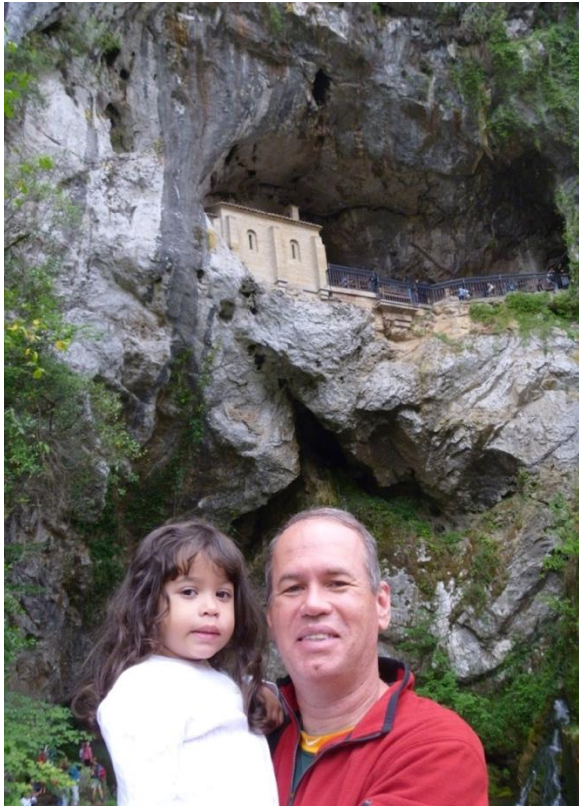


Figura 13. El autor y su hija Alexia, frente a la Santa Cueva de Covadonga, más arriba.

La primera construcción se llevó a cabo en tiempos de Alfonso I el Católico, quien, para conmemorar la victoria de Don Pelayo en Covadonga, mandó erigir una capilla dedicada a la Virgen María. Además, se alzaron otras dos para San Juan Bautista y San Andrés. La cueva estaba recubierta de madera, pero en el siglo XVIII, un incendio destruyó la talla original de la Virgen, y la actual talla es del siglo XVI (VELAZQUEZ 2025). El sepulcro del rey Don Pelayo, fundador del reino de Asturias, que contiene un sarcófago hecho en piedra, puede ser visto también dentro de la Santa Cueva de Covadonga.

Santas Cuevas de la Abadía del Sacromonte

Las Cuevas del Sacromonte en Granada nacen como consecuencia del descubrimiento de las reliquias de los mártires cristianos San Cecilio y sus seguidores, San Hisicio y San Patricio. En su origen, estos fueron hornos de cal utilizados por los romanos. A finales del siglo XVI, entre 1595 y 1597, se realizaron las primeras excavaciones en las que los restos del santo fueron descubiertos, apareciendo un conjunto de cuevas (Las Santas Cuevas), decoradas con círculos, estrellas, flores y

el escudo del fundador. Posteriormente se reforzaron y valoraron aquellas grutas donde se tuvo constancia de que habían sido el lugar de martirio. La lámina sepulcral encontrada en esta localización narra el tormento sufrido por San Cecilio, obispo de Ilíberis y discípulo de Santiago Apóstol (LA ABADIA DE SACROMONTE 2021).

Santuario de la Cueva Santa de Altura

Este santuario (Figura 14), se encuentra ubicado en Castellón, y es parte de uno de los más emblemáticos símbolos tradicionales, culturales, históricos y religiosos del Arciprestazgo de Segorbe. Esta gruta kárstica, de unos 20 metros de profundidad, alberga una advocación mariana con el título de la «Virgen de la Cueva Santa», patrona de la diócesis de Segorbe-Castellón, y patrona además de los espeleólogos (SANTUARIO DE NUESTRA SEÑORA LA VIRGEN DE LA CUEVA SANTA s. f.). Se le atribuyen numerosos milagros, entre los que se encuentra la creación del manantial del Berro de la Villa de Altura. La cueva en sí es relativamente pequeña, alcanzando solo unos 100 metros de profundidad.



Figura 14. Santuario de la Cueva Santa. Fuente: <https://www.comunitatvalenciana.com/es/castello-castellon/altura/monumentos/santuario-de-nuestra-senora-la-virgen-de-la-cueva-santa>

Santa Cueva de Montserrat

La Santa Cueva o «Santa Cova» es un importante lugar de peregrinación religiosa, situado en el Monasterio de Montserrat de Barcelona. Esta gruta es el lugar donde se encontró la imagen de la Virgen en el año 880, originando su culto y consagración como patrona de Cataluña. Se accede a ella a través del llamado «Camino de la Santa Cueva», que está excavado en la montaña y fue construido entre los años 1691 y 1704 (MONSERRAT MONASTERY s. f.).

Cueva Penitencial de Santo Domingo de Guzmán

Esta cueva se sitúa en Segovia, en las afueras de la ciudad y próxima al río Eresma. Durante siglos, esta gruta fue un lugar de peregrinaje para los cristianos. Santo Domingo de Guzmán se hospedó en ella por unos meses a finales del año 1218, entregándose a la predicación durante el día, y a la oración y penitencia durante la noche. Su estancia en Segovia coincidió con una época de sequía que tenía desanimados a los agricultores. Ante la situación, elevó una oración a Dios

implorando la lluvia. Algo que, al suceder rápidamente, hizo que los segovianos le consideraran su santo y protector. En agradecimiento a este, se construyó en el lugar, el primer convento de la Orden de los Frailes Predicadores (MORALES 2013).

ALGUNOS EJEMPLOS DE CUEVAS, ASOCIADAS CON RITOS O RELIGIONES EN OTRAS PARTES DEL MUNDO

GRECIA (CRETA)

Cuevas minoicas de la Edad del Bronce: Creta posee más de 3000 cuevas, muchas de ellas vinculadas a los dioses de la mitología griega y a cultos a diosas, practicados por los minoicos, una civilización de la Edad del Bronce que perduró del 2600 al 1100 a. C. La tradición señala que una de las más conocidas es la caverna del Dicte o cueva de Dikteon. La mitología sostiene que Rhea abandonó a su marido Cronos en razón de su inclinación a devorar a sus propios hijos; para dar a luz a Zeus en la intimidad de la cueva. Zeus, en su tierna infancia habría sido dejado ahí al cuidado de unos seres demoníacos denominados curetes, protectores de Zeus (CERUTI 2013).

La entrada a la importante cueva de Dicte, se encuentra localizada a 1000 metros sobre las laderas de una montaña conocida como Monte Dikti, en las cercanías de la villa de Psychro. La cueva penetra profundamente en el substrato carbonático de la montaña, conduciendo a cámaras con estalactitas y estalagmitas, que culminan en un pequeño lago. La cueva, albergaba un santuario del periodo minoico antiguo, que estuvo en uso aproximadamente desde el 2800 hasta el 2300 a. C., aunque los hallazgos más destacados son del minoico medio (hacia el 1800 a. C.), y según los estudios, permaneció en uso ininterrumpidamente hasta el siglo VII a. C. También se han hallado huellas de presencia humana durante la época romana. En las excavaciones de esta cueva, se ha encontrado una mesa de piedra para ofrendas, ubicada en una antecámara, abundantes figuras antropomórficas y zoomórficas. Entre las ofrendas destacan, cerámicas, sellos de metal, espadas votivas y joyas de oro (CERUTI 2013).

FRANCIA

La gruta de Massabielle: También denominada como «la gruta de Lourdes» (Figura 15), es una cueva conocida por ser un lugar de peregrinaje católico, ubicada en la ciudad de Lourdes (Altos Pirineos, Francia). La gruta de Massabielle tiene apenas 3,80 metros de altura, 9,50 metros de profundidad y 9,85 metros de ancho, y es parte de una grieta en la pared de una roca, de 27 metros de altura.

En ella fue donde Bernadette Soubirous (1844-1879), afirmó haber presenciado dieciocho apariciones de la Virgen María en el año 1858 y donde, bajo las indicaciones de la misma Virgen, descubrió una fuente de agua considerada milagrosa hoy día por los fieles católicos. Lourdes recibe alrededor de 4 a 6 millones de peregrinos y turistas cada año. Este lugar es considerado el santuario cristiano más visitado del mundo.



Figura 15. Gruta de Lourdes. En su parte interior brota un pequeño manantial considerado milagroso por los millones de peregrinos que visitan el lugar. Foto del autor.

EGIPTO

La Iglesia de la Cueva: Miles de cristianos evangélicos se reúnen cada semana en una cueva para participar de los cultos de adoración y exaltar el nombre de Jesucristo. La Iglesia de la Cueva, Monasterio de San Simón o también conocida como la Iglesia de la Virgen María y Simón el Curtidor (Figura 16), se encuentra dentro del monte Mokattam, en la ciudad de Zabbaleen, ubicada en la orilla este del río Nilo (El Cairo). La iglesia recibe su nombre de Simón el Curtidor, un santo copto que vivió en la cueva, durante el siglo X d. C. (MONASTERIO DE SAN SIMÓN s. f.).

La historia de la Iglesia de la Cueva se remonta al viaje de la Sagrada Familia a Egipto, y fue expandida o excavada dentro de la cueva original en el siglo X d.C. durante el reinado del califa fatimí Al Muizz. La Iglesia de la Cueva es una obra de arte notable, adornada con esculturas y tallas que representan historias bíblicas, como el nacimiento de Jesús y la resurrección de Lázaro. Esta iglesia es una de las más grandes de Egipto, Oriente Medio y el mundo, con capacidad para 20 000 personas (MONASTERIO DE SAN SIMÓN s. f.), lo que la convierte en un importante monumento religioso e histórico (Figura 16).

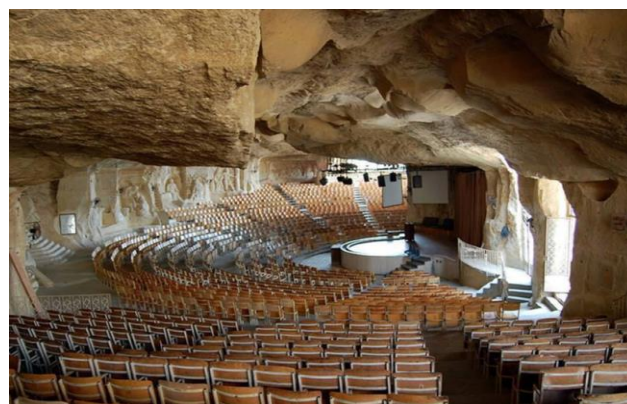


Figura 16. Iglesia de la Cueva.

Fuente: <https://www.unviajemilaventuras.com/monasterio-de-san-simon-la-joya-del-cairo-escondida-entre-montanas-de-basura/>

ETIOPÍA

Sof Omar Caves: Estas cuevas son las más largas de Etiopía, con 15,1 kilómetros de longitud, siendo la cueva más larga de África continental, con más de 40 entradas y salidas. Desde hace mucho tiempo es un centro religioso y sagrado, tanto para el islam como para la religión tradicional local animista. Se dice que Alá reveló la apertura de este sistema de cuevas de rocas carbonáticas, al sij Sof Omar en el siglo XII. El sij y sus seguidores usaron la cueva como mezquita, un propósito para el que era completamente idónea, ya que la erosión había creado columnas, contrafuertes, cúpulas, bóvedas y pilares: una maravilla arquitectónica natural que los musulmanes locales aún utilizan como lugar de reunión (HOLQA SOF OMAER s. f.).

ITALIA

Cuevas del Monte Sant'Angelo: Aquí se encuentra el Santuario de San Miguel Arcángel, La leyenda cristiana sostiene que este santuario en una cueva del monte Sant'Angelo, fue escogido por el arcángel Miguel, mientras se le apareció al obispo de Siponto en el 490 d. C., ordenándole que dedicara el lugar al culto cristiano y prometiendo: «donde las rocas se abran de par en par, los pecados de los hombres serán perdonados». Se dice que San Miguel dejó un altar, un paño rojo y su huella en la piedra para marcar el lugar. El Santuario de San Miguel Arcángel (Figura 17), en el Monte Sant'Angelo, junto con la cueva, es uno de los dos santuarios cristianos más importantes en el Gargano (Apulia), y uno de los más importantes de Europa. Este santuario se encuentra en el cruce de tres caminos de peregrinación medievales: la Vía Francígena, el Camino de Santiago y el Camino de San Miguel (CRISTOFORI 2019).



Figura 17. Santuario de San Miguel Arcángel, dentro de las cuevas del Monte Sant'Angelo. Fuente: https://www.getyourguide.com/peschicci-12049/apulia-monte-sant-angelo-tour-with-guide-1208833/?ranking_uid=77fc1740-23df-45d0-a2b5-35658bd7722

Grutas Pertosa-Auletta: Un ejemplo muy significativo de cuevas utilizadas por miles de años, llegando incluso a usarse en el periodo helenístico, romano y medieval, lo constituyen las grutas de Pertosa-Auletta (Figura 18). Situadas en el macizo de los Montes Alburnos, en la provincia de Salerno, estas grutas son reconocidas por su singularidad geológica y arqueológica. Están enclavadas en el geoparque del Cilento, Vallo di Diano, y son además, únicas en Italia por otro motivo: en ellas, es

posible navegar por un río subterráneo, el río Negro. Además, alberga el único asentamiento palafítico subterráneo conocido en Europa, que data del II milenio a. C.. Un descubrimiento reciente volvió a poner en el mapa este singular yacimiento arqueológico, gracias a un misterioso santuario del siglo IV a. C. hallado durante la campaña de excavación del 2025 (COUTO 2025).

Las grutas de Pertosa-Auletta han sido testigos de una prolongada interacción humana que se extiende a lo largo de milenios. Los primeros indicios de actividad de comunidades humanas en estas cuevas se remontan al Neolítico, hace aproximadamente 8000 años (COUTO 2025). Durante este período, las comunidades prehistóricas comenzaron a utilizarlas como refugio y espacio para múltiples actividades cotidianas.



Figura 18. Imagen de la gruta Pertosa-Auletta.

Fuente: <https://fondazionemida.com/grotte-pertosa-auletta>

Durante la época helenística (siglos IV-I a. C.), las grutas adquirieron una nueva dimensión en lo que respecta a su uso. Se han encontrado evidencias de que estas cuevas fueron empleadas con fines religiosos y ceremoniales. El reciente descubrimiento del mencionado santuario helenístico en el interior de las grutas, refuerza la hipótesis de que este espacio subterráneo desempeñó un papel significativo en las prácticas culturales de las civilizaciones antiguas de la región (COUTO 2025). Este hallazgo, por tanto, sugiere que las cuevas no solo servían como refugio o espacio habitacional, sino también como lugar de culto y rituales religiosos. Se han encontrado también testimonios de la era romana que indican una adaptación del espacio, para realizar en él actividades relacionadas con el culto. Es posible que el espacio también se hubiese usado como lugar de retiro espiritual. La reutilización de las cuevas en diferentes periodos históricos demuestra su persistente importancia en la vida cultural y religiosa de las comunidades locales.

En la Edad Media, las grutas mantuvieron su relevancia, adaptándose a las necesidades y creencias de las comunidades de la época. Se han encontrado indicios de que las grutas de Pertosa-Auletta sirvieron de eremitorios o lugares de retiro monástico, lo que refleja la continuidad de su uso como espacios sagrados y de contemplación (COUTO 2025). Esta continuidad en la ocupación y uso de las grutas a lo largo de diferentes épocas históricas europeas, refleja aspectos

culturales y sociales de las comunidades que ocuparon las grutas.

MESOAMÉRICA Y LA ENTRADA AL MUNDO SUBTERRÁNEO

Para los pueblos Prehispánicos, las cuevas tuvieron una pluralidad de significados: refugio, sitio de habitación, boca o vientre de la tierra, inframundo, morada de los dioses del agua y los de la muerte, recinto funerario, lugar de ritos, observatorio astronómico e incluso de canteras para extracción de materiales.

Por ejemplo, las cuevas se describen a menudo como entradas al inframundo acuático maya. Para los grupos indígenas mesoamericanos, la vida y la muerte se dan en zonas liminales o de transición, entre este mundo y el inframundo. Las cuevas se asociaban tanto con la vida como con la muerte. Cuando algo emergía del inframundo, estaba vivo, y cuando descendía a él, moría. Las cuevas también fueron consideradas lugares de nacimiento, donde los humanos y sus ancestros nacían y vivían.

MÉXICO

En el México prehispánico, las oquedades naturales (cuevas, grutas, túneles o abrigos rocosos) estuvieron muy ligadas a la religión y a la mitología. Varios mitos, por ejemplo, refieren la creación del Sol y de la Luna haciéndolos surgir de una caverna.

Las cuevas suelen asociarse con procesos de transformación. Los mayas de Yucatán también creían que el sol y la luna nacían en el inframundo. En el cenote X-Cotón, una figura de piedra representa a un humano haciendo una ofrenda, con la piel de un jaguar y el rostro humano asomando por su boca. Además de rituales de agua y sacrificios, el cenote pudo haber sido utilizado para transformaciones «wayob». Este vocablo es el plural de «way», una palabra maya con un significado básico de «dormir», pero que en el maya yucateco es un término que denota específicamente al nagual, es decir, una persona que puede convertirse en un animal mientras duerme para causar daño, o bien se refiere al resultado de la transformación en sí misma (MAYA CAVE SITES 2025).

Los productos agrícolas son ofrendas comunes en las cuevas. Los mayas modernos creen que el maíz se originó bajo tierra, una idea quizás expresada por las representaciones clásicas del «Dios del Maíz», emergiendo del inframundo. Esta creencia otorgaba a las cuevas el poder de dar vida, ya que los relatos del Popul Vuh (nombre de una recopilación bilingüe de narraciones míticas, legendarias e históricas del pueblo maya), indicaban que los humanos estaban hechos de masa de maíz. Las plantas domesticadas halladas en cuevas de tierras bajas probablemente se utilizaban en rituales para deidades relacionadas con la fertilidad agrícola (MAYA CAVE SITES 2025).

Los sacrificios humanos ofrecidos a los dioses vinculados a las cuevas también eran usuales. Estos sacrificios se realizaban dentro de la caverna, o el cuerpo del sacrificado se depositaba en ella posteriormente. Arqueólogos han demostrado que en

Yucatán era común sacrificar a niños. Ejemplos de estos mismos sacrificios se han encontrado en cuevas selladas, ubicadas en áreas cercanas a Yucatán, como la denominada El Duende, en el Petén guatemalteco.

Cenote del Sacrificio de Chichén Itzá: Chichén Itzá es un sitio arqueológico muy conocido, localizado en Yucatán; y más después de haber sido seleccionada su pirámide de Kukulcán, como una de las nuevas siete maravillas del mundo, el 7 de julio de 2007. Tal conjunto arqueológico, consiste en una ciudad o un centro ceremonial que pasó por diversas épocas constructivas e influencias de los distintos pueblos que la ocuparon y que la impulsaron desde su fundación. Vestigio importante de la civilización maya, las construcciones principales que ahí perduran corresponden al periodo denominado Clásico Tardío o Postclásico Temprano (800-1100 d. C.).

La pirámide o templo de Kukulcán (Figura 19), también conocido con el nombre de «El Castillo», es el más importante y reconocido edificio construido en Chichén Itzá durante el siglo XII d. C. por los mayas itzáes en su capital. En esta construcción, se rindió culto a la entidad maya Kukulcán (serpiente emplumada), razón por la cual se pueden apreciar motivos serpentinos en la decoración arquitectónica.



Figura 19. Pirámide o Templo de Kukulcán, Chichén Itzá. El autor y su hija Alexia, como escala.

A corta distancia del templo de Kukulcán, a unos 600 metros, se encuentra un cenote sagrado o «Cenote del Sacrificio de Chichén Itzá», el cual fue y continúa siendo considerado, uno de los lugares más importantes de peregrinación de la cultura maya, donde durante cientos de años acudieron personas de lugares muy distantes de Centroamérica.

Como todos los cenotes, el de Chichén Itzá (Figura 20), es un pozo abierto de formación natural en roca caliza, cuyo diámetro de norte a sur es de 50 metros y de este a oeste, de 60 metros, con unos 15 metros de profundidad. Como parte del culto ofrecido al dios del agua, los mayas prehispánicos realizaban ofrendas ceremoniales, arrojando al pozo numerosos objetos preciosos. Luego, introdujeron la práctica de los sacrificios humanos, donde las víctimas eran guerreros, niños y doncellas, que eran arrojados al fondo del cenote. Hasta la fecha, se han encontrado más de 200 cuerpos, joyas,

cerámicas y piezas de oro como parte de los hallazgos arqueológicos en el cenote (CENOTE SAGRADO CHICHÉN ITZÁ s. f.). Hasta el día de hoy, el Cenote del Sacrificio de Chichén Itzá es uno de los cenotes que más tributos y sacrificios ha albergado en su interior.

Los mayas contemporáneos aún utilizan productos agrícolas en sus rituales, así como el jade, el cual es una ofrenda frecuente en muchas cuevas. La mayor parte del jade ha sido hallado por arqueólogos, dentro del «Cenote del Sacrificio». Ofrendas de metal, son comunes durante el período postclásico, y sus mayores colecciones provienen del mencionado cenote. La leyenda de que el «Señor de la Tierra» guardaba grandes riquezas en su cueva podría provenir de esta tradición oral.

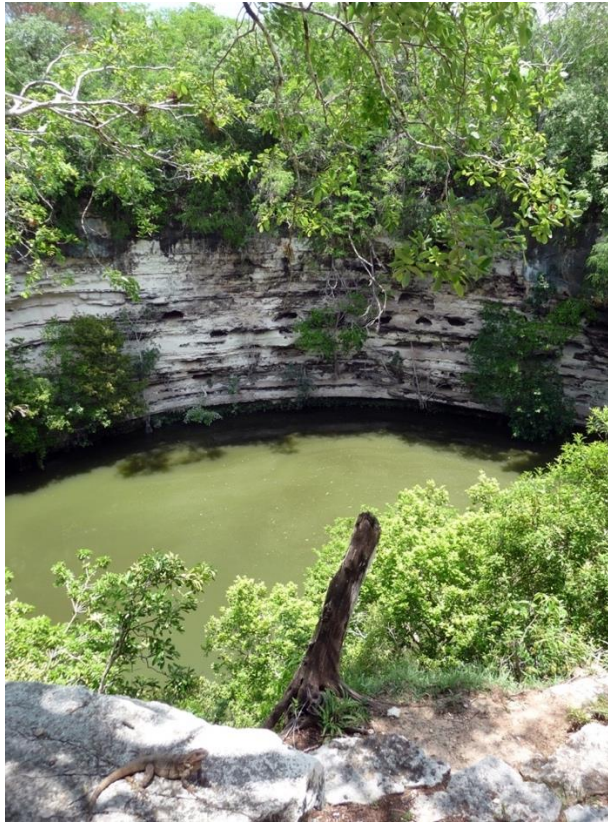


Figura 20. Cenote del Sacrificio, Chichén Itzá. Foto del autor.

En 1997, un estudio de radar realizado en la zona de Chichén Itzá por las Universidades de Minnesota y San Francisco, y publicado por CHÁVEZ *et al.* (2018), reveló la presencia de un cenote oculto debajo de la pirámide de Kukulcán. En 2015, el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México realizó resonancias magnéticas que permitieron representar gráficamente, a unos ocho metros de profundidad, bajo la pirámide, dicho cenote. Un par de años después, un equipo de investigación inició exploraciones en cuevas cercanas para descubrir las conexiones a este cuerpo de agua, concluyendo que debajo de la pirámide no solo hay un cenote, sino todo un sistema de conexiones, con entradas y salidas de agua. Algunos arqueólogos piensan que la cavidad puede estar conectada con un cenote al sur de la pirámide, llamado Xtoloc, y este, a su vez, con el cenote sagrado, hacia el norte. Se cree

que este cenote se ocultó con la pirámide, por representar el centro del mundo maya (CHÁVEZ *et al.* 2018).

Cuevas de Loltún: Otro grupo de cuevas que se consideran las más espectaculares de México, se conocen como cuevas de Loltún (Figura 21). Están ubicadas cerca de las ruinas mayas de Uxmal, en las afueras de la población de Oxkutzcab, al sureste del estado de Yucatán y rodeada por pequeñas colinas, abundantes árboles y gran variedad de aves. El nombre de Loltún proviene del maya yucateco: «lob» (flor) y «tún» (piedra), significando «flor de piedra». Estas cavidades fueron usadas principalmente para explotar los yacimientos de arcilla y material pétreo, con el fin de elaborar cerámicas, habiendo proporcionado además invaluable información, debido a la preservación de fósiles del Pleistoceno en su interior, y datos acerca de la ocupación de dicha región hacia el 5000 a. C. (MANZANILLA 1994).

Este sistema de cuevas subterráneas se extiende por más de 5 kilómetros, considerándose las más grandes conocidas en la parte sur de la península de Yucatán, encontrándose a lo largo de ellas abundante cantidad de huesos humanos, cerámicas rotas, piedras talladas, puntas de flecha y vasijas que los mayas utilizaban para almacenar agua. La importancia del dios del agua o «Chaac», era enorme debido a que en esta zona no hay cenotes ni ríos y las ciudades cercanas como Sayil, Uxmal o Labná dependían principalmente de la lluvia para abastecerse del preciado líquido (LA OCUPACIÓN EN LOLTÚN s. f.).

Hasta ahora han sido localizadas 145 pinturas murales y 42 petroglifos. También se han encontrado fósiles de animales como mastodontes, bisontes, camellos, lobos, caballos y una gran variedad de mamíferos, muchos ya extintos (MANZANILLA 1994). Se conocen nueve cavidades, dos de ellas, Loltún y Nahcab sirven de entrada y salida al sistema, y todo el conjunto abarca unas 20 hectáreas.



Figura 21. Cueva de Loltún.

Fuente: <https://www.yucatan.gob.mx/?p=loltun>

GUATEMALA

Cueva de Sangre: Bajo la antigua ciudad maya de Dos Pilas, en el norte de Guatemala, arqueólogos hicieron recientemente un sombrío descubrimiento que revela hasta dónde llegaban los mayas para congraciarse con los dioses en época de cosecha. En las profundidades de una cueva inundada conocida (apropiadamente) como Cueva de Sangre, los

arqueólogos descubrieron, en los años 90, cientos de huesos humanos fragmentados, muchos de los cuales presentaban marcas inconfundibles de ataques violentos, literalmente descuartizados (JORGE 2025).

La naturaleza de los restos sugiere que se realizaron sacrificios rituales de seres humanos, que posiblemente tuvieron lugar hace casi 2000 años. Los arqueólogos han quedado desconcertados, no solo por la brutalidad, sino por su complejidad simbólica: lo que se ofrece al dios de la lluvia no son cuerpos, sino partes, cuidadosamente desmembradas, y dispuestas como si la fragmentación misma fuese la esencia del sacrificio. Las evidencias son múltiples e inobjetables: huesos sin enterrar, traumatismos infligidos alrededor del momento de la muerte, marcas de herramientas de filo biselado tipo hachas, e incluso elementos simbólicos como ocre rojo y cuchillas de obsidiana (JORGE 2025).

La disposición de la cueva también proporciona un contexto importante, ya que es accesible únicamente por una estrecha abertura que conduce a un pasaje bajo y luego a un estanque. La cueva permanece inundada la mayor parte del año, y durante la estación seca, aproximadamente entre marzo y mayo, era probablemente el único momento en que se podía acceder al lugar. Esta fecha puede ser clave para comprender el propósito de los sacrificios humanos en dicha cueva (JORGE 2025). El 3 de mayo se celebra el Día de la Santa Cruz, un ritual que aún se observa en algunas comunidades mayas modernas. El día ocurre justo antes del inicio normal del periodo lluvioso anual e incluye visitas a las cuevas para pedir por la llegada de la lluvia, clave para una civilización agrícola como la maya.

BELICE

Actun Tunichil Muknal (cueva del Sepulcro de Piedra): En la mitología, los viajes al inframundo nunca son fáciles y, tras entrar en la cueva Actun Tunichil Muknal, cualquier visitante se da cuenta de que atravesarla es toda una prueba épica. Para llegar al lugar de sacrificios maya dentro de la cueva hay que caminar, vadear y nadar, casi 1,6 kilómetros bajo tierra, luego de los cuales se descubre el lugar de reposo de la llamada «doncella de cristal», un esqueleto femenino completo que resplandece a la luz de las linternas, gracias a miles de años de calcificación, que generaron la precipitación de innumerables cristales de calcita. La cueva también contiene fragmentos de cerámica maya y muchos muestran el denominado «hoyo de la muerte». Estos hoyos o agujeros en las vasijas mayas, supuestamente tenían la función de liberar a los seres representados en la cerámica con el fin de acompañar al difunto (COLLETTE 2022).

En la cueva Actun Tunichil Muknal (Figura 22), también conocida por su acrónimo ATM, los detalles de los antiguos sacrificios religiosos mayas cobran protagonismo a medida que nuevas investigaciones establecen una imagen de cómo se utilizaban los rituales para recrear la historia de la creación maya. La cueva contiene gran cantidad de fragmentos de cerámica esparcida sobre el suelo arcilloso, piedras sobre las cuales se molía manualmente el maíz y otros granos (metates), así como grandes ollas de barro. Para los mayas, esta increíble

cueva era una entrada sagrada al «Xibalbá», el inframundo maya (COLLETTE 2022).

Por más de 1000 años, el sistema subterráneo de la cueva ATM, de 5 kilómetros de longitud, permaneció intacto, hasta que, en 1986, unos lugareños redescubrieron la entrada, y poco después, el espeleólogo Thomas Miller encontró esqueletos humanos en su interior. En las décadas siguientes, la prístina cueva ATM se convirtió en objeto de numerosos estudios, ofreciendo a los científicos una visión mucho más profunda de la religión y la sociedad maya del período 700-900 a. C. (COLLETTE 2022). Las investigaciones realizadas en este y otros sitios de Belice, dieron las pruebas a los arqueólogos de que los mayas se adentraban en las cuevas para conectarse con sus dioses, aunque los detalles de cómo llevaban a cabo esas ceremonias y rituales, permanecen envueltos en el misterio.

Todos los artefactos encontrados en la cueva ATM se han datado justo antes del llamado «Colapso Maya», correspondiente a la decadencia y abandono de las grandes ciudades mayas durante el período Clásico Tardío, específicamente entre los siglos VIII y IX en las tierras bajas de Mesoamérica. Toda la cerámica de la cueva ATM datada por radiocarbono se ubica entre el 700 y el 900 d. C. Los mayas para esa época, se encontraban en plena sequía, alrededor del año 820, y ya para el 850 d. C., la zona se encontraba bastante despoblada, por lo que seguramente la utilización de la cueva alcanzó su máximo apogeo durante el punto álgido de la sequía, en el cual, los desesperados mayas ofrendaban pidiendo por la lluvia y por el retorno del éxito agrícola. Pocos años después, la cueva fue abandonada (COLLETTE 2022).



Figura 22. Interior de la cueva Actun Tunichil Muknal. Fuente: <https://belizefuntours.com/belize-tours/actun-tunichil-muknal/>

USO CULTURAL Y RECREACIONAL DE LAS CUEVAS

Bajo este concepto de uso, se agrupan diferentes actividades que se desarrollan en el interior de algunas cavidades. En muchos países del mundo, las grutas y cuevas se utilizan como salones musicales en los que se imparten conciertos, espectáculos u obras de teatro. También se han habilitado cavidades como museos subterráneos con diversos motivos de

exposición. Se calcula que el número de visitantes al conjunto de cuevas turísticas del mundo está alrededor de 600 millones de personas al año. EE. UU. fue el primer país que estableció leyes efectivas para la protección de cuevas/grutas, declarando desde 1930 algunas de ellas como parques nacionales (ROBLEDO *et al.* 2020). Hoy en día, muchos países y regiones en el mundo, disponen de leyes y normativas que protegen en forma directa, estas formaciones geológicas tan vulnerables.

Las llamadas cuevas de exhibición o turísticas, son cuevas accesibles al público para visitas guiadas, y califican dentro de lo que hoy conocemos como geoturismo. Estas cuevas turísticas (show caves) pueden estar gestionadas por un gobierno o una organización comercial, y ser accesibles al público general, normalmente mediante el pago de una tarifa de entrada. Las mismas ofrecen un horario de apertura, visitas guiadas, algunas senderos y escaleras, iluminación artificial, espectáculos musicales, de vídeo y láser, conciertos en vivo, ascensores, trenes pequeños, e incluso botes, si contienen fuentes de agua subterránea navegables. Algunas cuevas abiertas al público, principalmente en Asia, albergan templos, monasterios y estatuas o monumentos religiosos. Algunas de las cuevas de exhibición más famosas, reciben la visita de cientos de miles de turistas anualmente, como por ejemplo las cuevas Carlsbad (New Mexico), las cuales reciben unos 400 000 turistas al año (CAVERNAS DE CARLSBAD s. f.).

El término cuevas de exhibición o cuevas turísticas se usa de forma inconsistente entre diversos países, ya que muchos tienden a utilizar esa denominación para todas aquellas cuevas abiertas al público, a diferencia de aquellas a las que no se permite el acceso libre. Sin embargo, muchas de estas cuevas, a pesar de no estar acondicionadas con senderos, iluminación, ni paseos guiados, son visitadas por muchísima gente. Este tipo de cueva se suele denominar cueva semisalvaje. El acceso puede implicar desde un paseo fácil hasta una escalada peligrosa. La mayoría de los accidentes en cuevas ocurren en este tipo de cuevas, ya que los visitantes subestiman las dificultades y los peligros dentro de las mismas.

Un buen ejemplo de cuevas utilizadas con fines recreativos en la península de Yucatán (México), son los llamados cenotes, denominación que proviene de la palabra maya «ts'ono'ot», que significa «agujero lleno de agua». Centenas de cenotes son usados para actividades de nado libre, esnórquel, buceo, tabla de remo o «paddleboard», actividades de rapel y tirolina. El agua de muchos de los cenotes tiene una agradable temperatura constante todo el año, de alrededor de 26 °C, por lo que estar en ella es una experiencia verdaderamente gratificante (ST-JEAN 2024). Algunos de los cenotes más visitados por los turistas son el Ik Kil, el Gran Cenote de Tulum, el Cenote Azul, el cenote Dos Ojos, Suytun y el cenote Maya Park, con la bóveda más grande de todo Yucatán (Figura 23).

Las cuevas son lugares de maravilla, misterio y majestuosa belleza; es por ello que las cuevas turísticas de todo el mundo están asumiendo su papel en la protección y preservación de las mismas, ofreciendo un espacio para que la gente aprenda sobre estos recursos naturales, culturales e históricos tan

especiales. Las de carácter turístico también desempeñan un papel importante en el denominado ecoturismo, contribuyendo al desarrollo económico sostenible, generando empleos y contribuyendo a la economía de sus regiones.

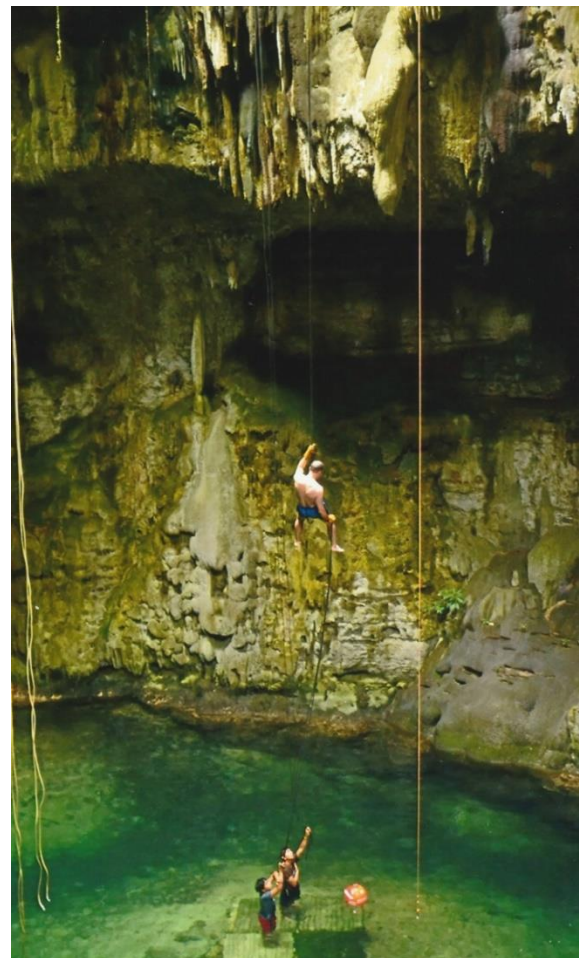


Figura 23. Bajada en rapel dentro del cenote Maya Park.
Fotografía cortesía de Víctor Casas.

CONCIERTOS MUSICALES EN CUEVAS NATURALES

Sea cuestionable o no, numerosos conciertos han sido celebrados en cuevas y grutas, lo que al parecer ofrece una experiencia única e inmersiva tanto para los artistas como para el público. Algunos recintos, cuentan con salas de conciertos subterráneas exclusivas. A continuación, se mencionarán algunos ejemplos que han tenido o que continúan teniendo conciertos musicales en su interior.

Cuevas del Drach, Mallorca (España): En la isla de Mallorca es posible asistir a conciertos de música clásica en vivo, en uno de los mayores lagos subterráneos del mundo. El escenario son las cuevas del Drach (Figura 24), un lugar muy especial con impresionantes formaciones carbonáticas. Las cuevas del Drach, están ubicadas en el pueblo de Porto Cristo, en la costa oriental de la isla. Estas cuevas ya eran conocidas en la Edad Media, aunque no fue hasta 1896 cuando el

espeleólogo francés Martel descubrió la cavidad con el gran lago que lleva su nombre.

El recorrido organizado dentro de la cueva pasa por lagos espectaculares como el «Baño de Diana» (su color azul turquesa parece irreal), el cual fue iluminado por el ingeniero Carles Buigas (1898-1979), conocido como «el mago de la luz». Entonces llega el momento que hace que la experiencia de esta visita sea original: aparece ante los ojos del visitante el lago Martel, midiendo 117 metros de largo por 20 metros de ancho, con una profundidad de 4 a 12 metros. En él, varios músicos surgen de la oscuridad en barcas iluminadas y tocan un pequeño concierto de música clásica en directo, hasta que poco a poco aumenta la intensidad de las luces y «amanece» en este lago subterráneo (CUEVAS DEL DRACH s. f.).

El concierto en vivo del lago Martel se lleva a cabo desde 1935, y consta de cuatro piezas de música clásica interpretadas por un cuarteto de músicos. «Barcarola - Los cuentos de Hoffmann» por Jacques Offenbach (1819-1880), es una de las piezas musicales más interpretadas (CUEVAS DEL DRACH s. f.).



Figura 24. Vista parcial del lago Martel en las Cuevas del Drach.
Fuente: <https://www.cuevasdeldrach.com/en/la-cueva.php>

Cuevas de Nerja, Málaga (España): Las denominadas cuevas de Nerja son un complejo cavernario ubicado en la población de Nerja, en la provincia de Málaga. Las cuevas

(Figura 25), fueron descubiertas en 1959 por un grupo de jóvenes que buscaban murciélagos. Está situada a 158 metros sobre el nivel del mar, con un trazado de 4823 metros, y es una de las de mayor extensión topográfica de Andalucía. Cuenta con tres entradas: dos dolinas subcirculares y, junto a ellas, una entrada abierta en 1960, un año después de su descubrimiento, para el acceso de los visitantes. Un festival de música y danza, con el ballet Le Tour de Paris y la Orquesta Sinfónica de Málaga, marcó su inauguración oficial. Desde entonces, y hasta el 2020, se celebró este festival anualmente para conmemorar el descubrimiento de la cueva (BERROCAL y WALLACE 2002).

Las cuevas de Nerja son famosas por sus espectaculares estalactitas, estalagmitas y otras formaciones carbonáticas. También son conocidas por sus pinturas rupestres, que datan desde el 2000 hasta el 14 000 a. C. Su ocupación por el hombre prehistórico abarca todo el Paleolítico Superior (Auriñaciense, Solutrense y Magdaleniense), como se ha demostrado en las excavaciones llevadas a cabo en los últimos años, y son algunas de las más antiguas ocupadas en Europa, desde hace al menos 25 000 años (BERROCAL y WALLACE 2002). Las cuevas tienen casi 5 kilómetros de longitud, y la casi totalidad está expuesta a la visita turística.

Además de las visitas turísticas, este sistema cavernario ha sido utilizado como escenario para conciertos y eventos culturales debido a su impresionante acústica natural. También se han celebrado ceremonias de boda en la denominada «sala de la cascada», una de las mayores salas del recinto. En el 2020, luego de 60 años, la cueva de Nerja ya no acoge más conciertos o espectáculos en su interior, como venía siendo habitual en el marco del festival veraniego que llegó a alcanzar 60 ediciones. Tras media docena de décadas albergando este tipo de actividades, el patronato de su fundación aprobó la propuesta para que dentro de la propia gruta no se celebren más eventos musicales. La decisión de continuar celebrando el festival en el exterior se justificó por las recomendaciones que realizaron distintos expertos e investigadores que trabajan en la cueva de Nerja, alegando motivos de conservación del monumento natural (BERROCAL y WALLACE 2002).



Figura 25. Imagen de un salón en las Cuevas de Nerja.
Fuente: <https://cuevadenerja.es/>

Cueva de Postojna (Eslovenia): Descubierta en 1818, tiene 24 kilómetros de galerías y pasadizos, aunque solo 5,3 están abiertos al público. Hoy en día, es la cueva de mayor tamaño y la más visitada de Europa. La sala principal (Concert Hall), es una sala utilizada para conciertos en el interior de la monumental caverna de Postojna. Los expertos aseguran que no existe una experiencia sonora más excitante, que acudir a una función en esta sala que se ubica dentro de la cueva Postojna. Este monumental sistema de cavernas es, comprensiblemente, una de las principales atracciones turísticas en Eslovenia (CUEVA DE POSTOJNA s. f.).

Con una capacidad para recibir a más de 10 000 personas, la sala se utiliza para llevar a cabo memorables sesiones de música clásica, ópera y teatro, y desde el 2004 es sede del: Festival de Blues de Postojna. Este espacio goza de una espectacular acústica, que ha ofrecido funciones musicales desde el siglo XVIII, ya que desde 1884 contó con iluminación eléctrica (CUEVA DE POSTOJNA s. f.). Curiosamente, mientras emperadores como Luis XV de Francia (1710-1774) se esforzaban por construir opulentas salas de concierto para realizar fastuosas funciones, Postojna, que durante aquella época era controlada por la monarquía de Habsburgo, contaba con un insuperable escenario, construido con la perfección arquitectónica que solo la naturaleza puede alcanzar (CUEVA DE POSTOJNA s. f.). Admirando dicho espacio, sería difícil no reconocer la denominada «Sala de Conciertos» de Postojna como un lugar francamente privilegiado, ya que ahí converge toda una serie de aspectos que van desde lo geológico hasta lo histórico, pasando por lo artístico, y lo arquitectónico.

Cueva de Valporquero, León (España): La entrada a la cueva está situada a unos 1309 metros de altitud, bajo el pueblo que le da nombre. El nivel superior, de 1300 metros de longitud, se encuentra habilitado para el turismo, acondicionado con iluminación eléctrica (Figura 26), y un camino que hace uso de puentes y escaleras para completar el recorrido (CUEVA DE VALPORQUERO s. f.). En un nivel inferior, de 3150 metros de largo, discurre una corriente subterránea de agua que solamente es accesible por espeleólogos y expertos. La temperatura en la cueva se encuentra durante todo el año en torno a los 7 °C, por lo que los visitantes acostumbran a equiparse con ropa de abrigo para recorrerla.



Figura 26. Imagen de una cavidad dentro de la «Gran Rotonda», Cuevas de Valporquero. Foto del autor.

La cueva de Valporquero acogió en el 2016, por primera vez en su historia, un concierto en su interior. La denominada «Gran Rotonda» fue el escenario de un nutrido concierto, con una representación de todas las corales de la provincia, donde las mismas fueron las encargadas de dar vida a 15 piezas del cancionero popular leonés que retumbaron en las entrañas de la gruta. El concierto nació de la invitación que realizó la Diputación de León, para que dichas corales se sumaran a los actos conmemorativos del 50 aniversario de la apertura de la cueva (CONCIERTO EN EL INTERIOR DE LA CUEVA DE VALPORQUERO s. f.). Con motivo de dicho aniversario, se realizaron dentro de la cueva múltiples actividades y eventos, como diferentes muestras de artesanos leoneses, talleres de fotografía subterránea, y una exposición de fósiles y minerales de la provincia de León.

La Caverna Peak, Liverpool (Inglaterra): Este recinto es también conocido como el «Año del Diablo». La entrada a la cueva es una de las más grandes de las Islas Británicas, con 100 metros de largo, 20 metros de alto y 35 metros de ancho. Adentro, contiene los restos de un pueblo cordelero. La entrada fue utilizada entre 1642 y 1880 por personas llamadas «los cordeleros», quienes fabricaban cuerdas para la industria minera del plomo en los alrededores de la villa de Castleton. La denominada «Escalera del Diablo» luego de la entrada, conduce a otros 21 kilómetros de sistema de cuevas naturales (PEAK CAVERN s. f.). La cueva tiene una larga trayectoria albergando conciertos dentro de su enorme espacio natural, siendo los más famosos, los conciertos de villancicos (Figura 27).

Es difícil imaginar un lugar más evocador e impresionante para un concierto de Navidad. Las bandas de música, interpretan una variedad de clásicos navideños, tanto canciones modernas como villancicos tradicionales. Además, numerosas filmaciones han tenido lugar en esta cueva, incluyendo películas como «Las Crónicas de Narnia», «La Silla de Plata», «Furia de Santas», «Sherlock Holmes», «La Mente Medieval», «Most Haunted» y «Countryfile».

Las Cavernas o The Caverns, Tennessee (EE. UU.): Ubicadas en el condado de Grundy, Tennessee, The Caverns es un destino de renombre mundial, conocido por sus conciertos de música en vivo. Dentro del recinto subterráneo, los asistentes pueden contemplar el denominado «mayor espectáculo bajo tierra», donde se pueden deleitar con la acústica y la belleza natural del lugar.

La acústica natural es considerada perfecta y permite que el sonido rebote en las paredes, creando un espacio vibrante, ideal para un concierto (Figura 28). La cueva también está equipada con la última tecnología de sonido e iluminación. La forma en que los láseres y las luces se reflejan en las paredes de roca es un fascinante efecto que se añade al trepidante espectáculo subterráneo. Existe un programa de PBS (Public Broadcasting Service), la red de televisión pública de los Estados Unidos, que presenta conciertos en la cueva, denominados «The Cavern Sessions», y que antes se conocían como «Bluegrass Underground», presentando artistas dentro de un amplio espectro de géneros que incluyen «roots-rock», «jam band»,

«R&B», «country», «soul», «folk» y «bluegrass» (THE CAVERNS s. f.).



Figura 27. Imagen de un concierto de Navidad en la Caverna Peak.
Fuente: <https://peakcavern.co.uk/>



Figura 28. Concierto dentro de la cámara principal de Las Cavernas.
Fuente: <https://www.thecaverns.com/>

Las Cavernas Cumberland, Tennessee (EE. UU.): También en el estado de Tennessee, en la vía denominada Dark Hollow Road, que conduce a un denso bosque al pie de una colina, se encuentran las Cumberland. Estas cavernas se conocen desde principios de los 1800, pero no fue sino hasta los años 70 cuando su exploración la llevó de unos 10 kilómetros, hasta 44 kilómetros de sección conocida.

Las cavernas contienen un escenario natural a unos 100 metros de profundidad, cavado por la acción del agua subterránea y denominado el «cuarto del volcán», el cual puede acomodar a unas 600 personas. Algunos asistentes se posan en los afloramientos rocosos junto al escenario, donde las luces de neón acentúan las paredes de rocas carbonáticas, y donde una lámpara de araña gigante cuelga del irregular techo (Figura 29). Increíblemente, también se celebran bodas, banquetes, fiestas de cumpleaños y fiestas navideñas (CUMBERLAND CAVERNS s. f.).

El público se sorprende de que la sala principal de esta caverna abovedada no genere eco como cabría esperar. Los ingenieros de sonido afirman que las superficies irregulares de la cueva dispersan las ondas sonoras y las fragmentan, como sucedería en un estudio de sonido especialmente diseñado para ello. Interesante mencionar el tema de la temperatura, ya que los asistentes a los conciertos se deben abrigar con mantas, a pesar de ser en la época más calurosa del verano. Aquí, la temperatura se mantiene constante a 14 °C todo el año. Por desgracia, la humedad es insoportable, así que afinar los instrumentos es siempre complicado (CUMBERLAND CAVERNS s. f.). Antes de convertirse en un lugar de música y conciertos, esta cueva era simplemente una atracción turística local que albergaba grupos religiosos y tropas de scouts. Durante el año 2025, las cavernas Cumberland programaron más de 60 conciertos.



Figura 29. Concierto en las cavernas Cumberland. Fuente: <https://cumberlandcaverns.com/bluegrass-underground-taping-2017/>

Cavernas Natural Bridge, Texas (EE. UU.): Son las cavernas comerciales más grandes del estado de Texas, y están ubicadas cerca de la ciudad de San Antonio. El desarrollo comercial de la caverna comenzó en 1962 y se abrió al público el 3 de julio de 1964. Durante la excavación del sendero de la entrada, se encontraron puntas de flecha y puntas de lanza que datan del 5000 a. C. Su nombre deriva de un puente o losa de piedra caliza natural de 18 metros de longitud, que cruza el anfiteatro de la entrada de la caverna. El denominado «Salón de Baile» o «Underground Ballroom», una cámara subterránea natural a 55 metros de profundidad, es la segunda de las dos cavernas descubiertas en Natural Bridge, y tiene una calidad de sonido increíble que la convierte en un espacio perfecto para presentaciones musicales (HEIDEMANN 1995).

Natural Bridge presentó su primer concierto subterráneo en vivo en agosto del 2023, en el mencionado «Salón de Baile». El concierto contó con la participación del guitarrista americano Monte Montgomery, considerado uno de los 50 mejores de la historia, y fue el evento inaugural de una serie de conciertos, con un limitado aforo de apenas 200 plazas.

Cueva de la Cruz o Križna Jama (Eslovenia): La Cueva de la Cruz (Figura 30), también denominada «Cueva fría bajo la montaña de la cruz», está ubicada a 50 kilómetros de la ciudad de Liubliana, siendo descubierta en 1832; con una extensión de 8 273 metros, constituyendo el cuarto ecosistema cavernario más grande del mundo en términos de biodiversidad. La Cueva de la Cruz, exhibe uno de los mayores depósitos de esqueletos de oso de las cavernas, en esta parte de Europa, habiéndose encontrado hasta la fecha en su interior, más de 2000 huesos de este animal. Además de la abundancia de restos de oso, se descubrieron en la entrada de la cueva, al comienzo del primer lago, restos cerámicos del Eneolítico, un período prehistórico de transición entre el Neolítico y la Edad del Bronce (THE WORLD-FAMOUS WATER KARST CAVE s. f.).



Figura 30. Imagen de una de las cavernas de la Cueva de la Cruz. Fuente: https://križna-jama.si/be/križna-cave-tours/kristalna-gora_small-2/

Entre las cuevas kársticas, la Cueva de la Cruz es conocida en el mundo por sus lagos subterráneos. Dentro del sistema, existen 22 lagos que se pueden recorrer en bote, pero si se cuentan también los lagos más pequeños, el número asciende a 45. Con la autorización exclusiva del Ministerio de Medio Ambiente y el Parque Nacional de Eslovenia, desde hace unos años se efectúan conciertos acústicos en esta, una de las maravillas naturales más impresionantes de Europa (THE WORLD-FAMOUS WATER KARST CAVE s. f.). Como curiosidad, se puede mencionar que los boletos de entrada para los conciertos, incluyen equipo de espeleología (botas de agua y linterna), recomendándose además pantalones largos, chaqueta de manga larga y calcetines abrigados.

Cueva de La Salamandra, Gard (Francia): Esta increíble cueva se considera una de las más hermosas de Europa (Figura

31), siendo descubierta en 1965 y abierta al público por primera vez en el año 2013. Se la conoce también por el sobrenombre de «El reino de los cristales gigantes», por sus estalactitas y estalagmitas gigantes. Todos los viernes del verano, dentro de La Salamandra, se organizan conciertos y festivales. Cada semana se efectúa un espectáculo sensorial denominado «Inmersión», que combina luces y música, alimentado con energía solar para garantizar un turismo sostenible. Esto invita a los espectadores a pasear libremente por la cueva, en un viaje audiovisual que muestra las formaciones monumentales de la cueva al ritmo de música cinematográfica de grandes compositores como Hans Zimmer o John Williams (GROTTE DE LA SALAMANDRE s. f.).



Figura 31. Salón de la Cueva de la Salamandra. Fuente: <https://www.uzes-pontdugard.com/es/equipement/grotte-de-la-salamandre/>

CONCLUSIONES

Las cuevas, cavernas y grutas han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de nuestra civilización a lo largo de decenas de miles de años. Han proporcionado desde tiempos inmemorables, refugio y protección contra los elementos del clima; luego evolucionaron para ser utilizadas como lugares de enterramiento y ritos espirituales, lo cual poco a poco ha permitido estudiar la evolución de los seres humanos, así como las creencias y prácticas de culturas pasadas. Desde el punto de vista arqueológico, cuevas como Altamira, en España, Lascaux en Francia, o Kapova en los Urales, actuaron como capsulas de tiempo, ya que contienen maravillosas pinturas prehistóricas muy bien conservadas, de entre 15 000 a 36 000 años de antigüedad. Estas pinturas indican un salto evolutivo en cuanto al pensamiento abstracto, representando principalmente animales y escenas de caza, que probablemente tenían un propósito espiritual o ritualista. La

creación de arte dentro de cuevas demuestra una capacidad mental avanzada, tratando de representar su visión del mundo.

Las cuevas también se han utilizado para otras prácticas religiosas como la meditación, la oración y los rituales. La oscuridad y el silencio de las cuevas proporcionan un entorno propicio para la introspección de los seres humanos. Sin embargo, los mayas prehispánicos, por ejemplo, realizaban al principio, ofrendas ceremoniales, arrojando a los cenotes objetos preciosos, pero posteriormente, introdujeron la práctica de los sacrificios humanos, tanto en cuevas, como en los mismos cenotes, con el fin de complacer o apaciguar a los dioses del mundo subterráneo. Otras características naturales de las cuevas, como las estalactitas y estalagmitas, también se han considerado a menudo símbolos de un gran significado espiritual.

Los sistemas cavernarios han sido importantes para la evolución cultural humana desde el Paleolítico, Sin embargo, una de las funciones más importantes que han desempeñado para los seres humanos, es su uso como espacios con fines espirituales en diversas culturas y religiones. A menudo se consideran lugares sagrados, donde las personas pueden conectar con lo divino. Por ejemplo, en el hinduismo, las cuevas se consideran moradas de dioses y diosas, mientras que en el cristianismo, las cuevas se asocian con el nacimiento de Jesucristo y el entierro de su cuerpo, así como apariciones marianas.

En las últimas décadas, las cuevas y grutas también han cobrado una importancia cultural. Se han utilizado como espacios para el arte, la música, obras de teatro, así como para mostrar al público, el maravilloso mundo subterráneo y todas las formas naturales que se han desarrollado en su interior, a lo largo de decenas, cientos de miles o millones de años.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a Rafael Carreño, presidente de la Sociedad Venezolana de Espeleología, y a Pamela Navarro, editora AFICMAN, por sus excelentes comentarios y anotaciones, los cuales enriquecieron enormemente este manuscrito. Igualmente desea agradecer a los dos árbitros anónimos, quienes sin duda contribuyeron con valiosas sugerencias, las cuales han mejorado significativamente la calidad de este trabajo.

REFERENCIAS

- BATU CAVES (s. f.). Recuperado el 15 abril, 2025 de <<https://www.malaysia.travel/explore/batu-caves>>
- BERROCAL, J.A. & WALLACE, L. 2002. *Guía de las Cuevas de Málaga*. Málaga. Centro de Ediciones Diputación de Málaga. 90, 279 p. <[https://www.espeleo.es/pdf/publicaciones/libros/Cueva s%20de%20M%C3%A1laga_Berrocal%20y%20Wallace-2002.pdf](https://www.espeleo.es/pdf/publicaciones/libros/Cueva%20de%20M%C3%A1laga_Berrocal%20y%20Wallace-2002.pdf)>
- CASADO, D. 2024. Atapuerca, el hogar del homínido europeo más antiguo que se conoce. Recuperado el 4 de mayo, 2025 de <https://historia.nationalgeographic.com.es/a/atapuerca-hominido-europeo-mas-antiguo_7021>
- CASTILLO DE PREDJAMA (2025, marzo 10). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Castillo_de_Predjama#/media/Archivo:H%C3%B6hlenburg_Predjama_in_Slovenien.jpg>
- CAVERNAS DE CARLSBAD (s. f.). Recuperado el 19 de mayo, 2025 de <https://www.nps-gov.translate.google.com/cave/planyourvisit/accessibility.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Experience%20Carlsbad%20Cavern,access%20the%20Big%20Room%20Trail.>
- CENOTE SAGRADO CHICHÉN ITZÁ (s. f.). Recuperado el 4 mayo, 2025 de <<https://www.chichenitza.com/es/cenote>>
- CERUTI, M. 2013. Santuarios de Altura en Creta: Una mirada a las montañas sagradas de la Civilización Minoica *Cuadernos Universitarios. Publicaciones Académicas de la Universidad Católica de Salta*. 6: 5-17
- CHÁVEZ, R., TEJERO, A., CIFUENTES, G., ARGOTE, D. y HERNANDEZ, E. 2018. Karst Detection Beneath the Pyramid of El Castillo, Chichén Itzá, Mexico, by Non-Invasive ERT-3D Methods. *Scientific Reports* 8(15391). <<https://doi.org/10.1038/s41598-018-33888-9>>
- COLLETT, R. 2022. *An eerie portal to the Maya underworld*. Recuperado el 3 mayo, 2025 de <<https://www.bbc.com/travel/article/20220624-an-ecerie-portal-to-the-maya-underworld>>
- CONCIERTO EN EL INTERIOR DE LA CUEVA DE VALPORQUERO (s. f.). Recuperado el 17 marzo, 2025 de <https://leoncultural.com/?tribe_events=concierto-interior-la-cueva-valporquero>
- CORRAL, J.R. 2025. *Covadonga, la batalla que nunca fue*. Penguin Random House Grupo Editorial, España. 499 p.
- COUTO, E. 2025. *Arqueólogos descubren un misterioso santuario del siglo IV a.C. en las profundidades subterráneas de la gruta de Pertosa-Auletta (Italia)*. Recuperado el 5 mayo, 2025 de <<https://www.muyinteresante.com/historia/misterioso-santuario-siglo-iv-ac-gruta-pertosa-auletta.html>>
- CRISTOFORI, R. 2019. *El Santuario de San Miguel en Monte Sant'Angelo y el culto al arcángel en el Gargano*. Recuperado el 22 de mayo, 2025 de <<https://www.finestresullarte.info/es/obras-y-artistas/el-santuario-de-san-miguel-en-monte-sant-angelo-y-el-culto-al-arcangel-en-el-gargano>>
- CUEVAS DEL DRACH (s. f.). Recuperado el 14 abril, 2025 de <<https://www.cuevasdeldrach.com/en/la-cueva.php>>
- CUEVA DE POSTOJNA (s. f.). Recuperado el 17 abril, 2025 de <<https://www.postojnska-jama.eu/es/cueva-de-postojna/>>
- CUEVA DEL TESORO (2025, abril 10). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cueva_del_Tesoro>
- CUEVA DE VALPORQUERO (s. f.). Recuperado el 17 marzo, 2025 de

- <https://www.cuevadevalporquero.es/la_cueva/index.html>
- CUEVA EL PENDO (s. f.). Recuperado el 8 abril, 2025 de <<https://cuevas.culturadecantabria.com/el-pendo/>>
- CUEVAS PREHISTÓRICAS (s. f.). Recuperado el 7 abril, 2025 de <https://puenteviesgo.es/Turismo_Cuevas.html>
- CUMBERLAND CAVERNS (s. f.). Recuperado el 22 marzo, 2025 de <https://en.wikipedia.org/wiki/Cumberland_Caverns>
- FOUCHER, P., FOUCHER, C. y ANGAS, J. 2022. La Cueva de Gargas (Hautes-Pyrénées, Francia): contribución de la documentación 3D al estudio y la conservación de una cavidad con arte parietal. En: Angas, J., Bea, M. y Juste, M. (eds), *Actas del Seminario Internacional de documentación y conservación del arte rupestre*, UIMP-Pirineos (Huesca), 21 al 23 de septiembre, 67-80 <https://www.researchgate.net/publication/387335199_La_Cueva_de_Gargas_Hautes-Pyrenees_Francia_contribucion_de_la_documentacion_3D_al_estudio_y_la_conservacion_de_una_cavidad_con_arte_parietal>
- GEOLOGÍA DE ALTAMIRA (s. f.). Recuperado el 8 abril, 2025 de <<https://www.cultura.gob.es/mnaltamira/cueva-altamira/geologia-arqueologia.html>>
- GRÖNEN, M. 2011. Présences humaines dans la grotte ornée d'El Castillo (Cantabrie, Espagne): dépôts et traces d'actions. *Actes du Colloque Microanalyses et datations de l'art préhistorique dans son contexte archéologique*. París, 16-18.
- GRÖNEN, M. 2012. *Arte sin artistas. Una mirada al Paleolítico (Catálogo exposición)*. Publisher: Museo Arqueológico de la Comunidad de Madrid, 354-371.
- GROTTE DE LA SALAMANDRE (s. f.). Recuperado el 1 abril, 2025 de <<https://www.uzes-pontdugard.com/es/equipement/grotte-de-la-salamandre/>>
- GUNN J. 2004. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. London, 928 p.
- HEIDEMANN, C. 1995. *Explore Natural Bridge Caverns: Texas' Largest Cavern*. Recuperado el 27 de mayo, 2025 de <<https://www.tshaonline.org/handbook/entries/natural-bridge-caverns>>
- HOLQA SOF OMAER (s. f.). Recuperado el 5 de mayo, 2025 de <<https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5651/>>
- JIMÉNEZ, G. 2025. *La Batalla de Covadonga que convirtió a Don Pelayo en el primer héroe de la Reconquista*. Recuperado el 25 abril, 2025 de <https://www.eldebate.com/historia/20250528/batalla-covadonga-convirtio-don-pelayo-primer-heroe-reconquista_301497.html>
- JORGE, M. 2025. *Una cueva ha revelado la macabra ceremonia maya para honrar a sus dioses: hay 100 huesos y ninguno está donde debería*. Recuperado el 9 mayo, 2025 de <<https://www.xataka.com/magnet/cueva-ha-revelado-macabra-ceremonia-maya-para-honrar-a-sus-dioses-hay-100-huesos-ninguno-esta-donde-deberia>>
- LA ABADIA DE SACROMONTE. 2021. Recuperado el 19 de abril, 2025 de <<https://www.upo.es/patio-colorado/2021/06/09/la-abadia-del-sacromonte-una-reliquia-en-el-monte/>>
- LAGARDE, J. & CRESPO, L. 2003. *Parque Nacional El Guácharo, Venezuela Tierra Mágica*. Ediciones Corpoven, Caracas, 26 p.
- LA OCUPACIÓN EN LOLTÚN (s. f.). Recuperado el 30 abril, 2025 de <https://web.archive.org/web/20091117000543/http://dt.iinah.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=3889&Itemid=329>
- MANZANILLA, L. 1994. Las cuevas en el mundo Mesoamericano. *Ciencias*, 36: 59-66.
- MAYA CAVE SITES (2025, mayo 2). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Maya_cave_sites>
- MAYANS, C. 2022. *Las cuevas de Ajanta: el tesoro oculto del arte indio*. Recuperado 29 de abril, 2025 de <https://historia.nationalgeographic.com.es/a/cuevas-ajanta-tesoro-oculto-arte-indio-2_18524>
- MOLINA, J.A. 2006. La cueva y su interpretación en el cristianismo primitivo. *Antigüedad y Cristianismo*. 23: 861-882. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=99>>
- MONASTERIO DE SAN SIMÓN (s. f.). Recuperado el 10 abril, 2025 de <<https://www.unviajemilaventuras.com/monasterio-de-san-simon-la-joya-del-cairo-escondida-entre-montanas-de-basura/>>
- MONSERRAT MONASTERY (s. f.). Recuperado el 21 de mayo, 2025 de <<https://montserratmonastery.com/santa-cova-de-montserrat/>>
- MORALES, L. 2013. *Segovia: La Cueva de Santo Domingo de Guzmán*. Recuperado el 29 abril, 2025 de <<https://www.unaventanadesdemadrid.com/otras-comunidades/cueva-santo-domingo.html>>
- PANÉ, R. (s. f.). Relación acerca de las antigüedades de los indios. Recuperado el 19 de mayo, 2026 de <<https://ciudadseva.com/texto/relacion-acerca-de-las-antiguedades-de-los-indios/>>
- PEAK CAVERN (s. f.). Recuperado el 22 marzo, 2025 de <<https://peakcavern.co.uk/>>
- ROBERTS, E. 1947. Edouard Alfred Martel. *The Yorkshire Ramblers Club Journal*. 8(24): 104-116. <<https://www.yrc.org.uk/wp-content/uploads/2020/05/YRCJ-7-24-1947.pdf>>
- ROBLEDO P., DURAN, J y PARDO, E. 2020. *Karst y Cuevas. La cuarta dimensión de la naturaleza*. Instituto Geológico y Minero de España, 144 p.
- RUIZ, A., YANOVSKAYA, K. y ZHITENEV, V. 2020. The Easternmost European Palaeolithic Artist: Iconography and Graphic features at Kapova Cave (Southern Urals, Russia). *Journal of Paleolithic Archaeology*. 3: 967-988 <<https://link.springer.com/article/10.1007/s41982-020-00065-2>>
- SANTA CUEVA DE COVADONGA (2025, abril 25). En *Wikipedia*. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Cueva_de_Covadonga>
- SANTUARIO DE NUESTRA SEÑORA LA VIRGEN DE LA CUEVA SANTA (s. f.). Recuperado el 20 abril, 2025 de <<https://www.comunitatvalenciana.com/es/castello>>

- castellon/altura/monumentos/santuario-de-nuestra-senora-la-virgen-de-la-cueva-santa>
- SPOTO, D. 2007. *Francisco de Asís. El santo que quiso ser hombre*. Ediciones B.S.A., Barcelona, 174 p. <<https://ofmvocaciones.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/10/san-francisco-de-asis-spotodonald.pdf>>
- ST-JEAN, A. 2024. *Las maravillas ocultas de los cenotes, el mundo submarino sagrado de México*. Recuperado el 15 de mayo, 2025 de <<https://www.bbc.com/mundo/articles/cp39qx9zzvlo>>
- STEVENSON, J. 2022. *Lascaux Cave Paintings*. Recuperado el 27 de marzo, 2025 de <<https://www.ebsco.com/research-starters/anthropology/lascaux-cave-paintings>>
- TARIK, A. 2000. *Cueva de Hira – También conocida como Jabal Al-Hira*. Recuperado el 1 de mayo, 2025 de <<https://thepilgrim.co/es/cave-of-hira/>>
- THE CAVERNS (s. f.). Recuperado el 23 abril, 2025 de <<https://www.thecaverns.com/>>
- THE WORLD-FAMOUS WATER KARST CAVE (s. f.). Recuperado el 25 marzo, 2025 de <<https://krizna-jama.si/en/>>
- URBANI, F. 1999. Historia Espeleológica Venezolana, Parte 10. Una cronología de la cueva del Guácharo. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*. **33**, 51-69 <https://www.mediafire.com/file/pi9yyamctrtrtkuq/N%C2%B033_1999.pdf_lq.pdf>
- URBANI F. y URBANI, B. 2024. *Americae Sub Terra: crónicas sobre cavernas americanas en los siglos XV y XVI*. ANIH, SVE, UCV. 654 pp. <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/10/Libro-2024-ANIH-SVE-UCV-UrbaniUrbani-Americae_sub-terra.pdf>
- VELÁZQUEZ, I. 2025. *La leyenda de Don Pelayo, el héroe de la batalla de Covadonga que dio comienzo a la Reconquista*. Recuperado el 25 abril, 2025 de <https://historia.nationalgeographic.com.es/a/don-pelayo-comienzo-reconquista_20690>

NOTAS TÉCNICAS

“GRANITOS COLGADOS”: UN TÉRMINO DE USO PRÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE PERFILES DE METEORIZACIÓN EN EL SUR DEL MUNICIPIO CEDEÑO, VENEZUELA

Noel MARIÑO PARDO¹ y Carlos EDUARDO YÁNEZ²

RESUMEN

Este estudio explica los mecanismos de formación de los “granitos colgados”, un término práctico e informal que describe los bolos con forma esferoidal o elipsoidal que resisten la meteorización y permanecen aislados dentro de una matriz de material más alterado. Estos remanentes rocosos, referidos en la literatura geológica como bolos residuales o sus sinónimos anglosajones: *corestone* y *woolsacks*, se observan comúnmente en la mina de bauxita de Los Pijiguaos, Estado Bolívar, Venezuela, en el saprolito, dentro de la zona de lixiviación o zona de lavado del perfil de meteorización del Granito de Parguaza. La formación de los granitos colgados es un proceso multifactorial impulsado por la meteorización esferoidal, en el que influyen dos factores claves: la historia geológica estructural, con sus fracturas (diaclasas y fallas) y el clima tropical húmedo propio de la Guayana actual. El conocimiento de estos procesos es fundamental para comprender el término práctico e informal de granitos colgados que se propone para describir estas ocurrencias en toda la vasta zona de la cuenca del Bajo Parguaza, municipio Cedeño del estado Bolívar.

ABSTRACT

“Granitos colgados”: a practical term for studying weathering profiles in the south of the Cedeño municipality, Venezuela

This study explains the formation mechanisms of “granitos colgados” (literal translation in Spanish), a practical and informal term that describes the rock boulders with a spherical or ellipsoidal shape that resist weathering and remain isolated within a matrix of more altered material. These rock remnants, referred to in the geological literature as residual boulders or their Anglo-Saxon synonyms: corestone and woolsacks, are commonly observed in the Los Pijiguaos bauxite mine, Bolívar State, Venezuela, in the saprolite within the leaching zone or washing zone of the weathering profile of the Parguaza Granite. The formation of granitos colgados is a multifactorial process driven by spheroidal weathering, influenced by two key factors: the structural geological history, with its fractures (joints and faults), and the humid tropical climate typical of present-day Guayana. Knowledge of these processes is essential to understanding the practical and informal term granitos colgados that is proposed to describe these occurrences throughout the vast area of the Lower Parguaza river basin, Cedeño municipality, Bolívar state.

Palabras claves: Los Pijiguaos, granito de parguaza, fracturas, saprolito, clima tropical húmedo.

Keywords: Los Pijiguaos, parguaza granite, fractures, saprolite, humid tropical climate.

INTRODUCCIÓN

En los perfiles de meteorización de climas tropicales húmedos, tipo monzónico, es común observar la formación de grandes bloques de roca redondeados que permanecen incrustados en una matriz de material alterado conocido como saprolito. El saprolito es la parte del perfil de meteorización, donde el protolito ha sido parcialmente descompuesto por procesos químicos, pero todavía conserva parte de su estructura original. Estos bloques se forman por un proceso conocido como meteorización esferoidal, donde la alteración química ataca la roca desde el exterior, penetrando a través de las fracturas y diaclasas. Esto provoca la meteorización del protolito en capas concéntricas, similar al proceso de pelar una cebolla. Por ello, el núcleo de la roca queda menos expuesto y

sus bordes se redondean a medida que el material circundante se altera. Estas formaciones son conocidas en la literatura técnica como “bolos residuales” y son denominadas en inglés como *corestones* (TWIDALE y VIDAL-ROMANI, 2020) o *woolsacks* (DICCIONARIO DE CIENCIAS DE LA TIERRA, 2025).

En el área de influencia de la mina de bauxita de Los Pijiguaos, que se ubica al sur del municipio Cedeño en el estado Bolívar, a 500 km al sur de Caracas y a 520 km al oeste de Ciudad Guayana, dentro del propuesto *Cuadrilátero de Recursos de Bauxita del municipio Cedeño* (MARIÑO, 2024), se utiliza localmente el término “granitos colgados”, vocablo de uso práctico e informal para designar los núcleos rocosos con forma esferoidal o elipsoidal, menos meteorizados, que

¹ Ingeniero geólogo, especialista en tecnología minera. Académico correspondiente por el estado Bolívar, Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Comisión de minería y materiales. Correo-e.: geonotasvzla@gmail.com

² Licenciado en química, Doctor en Ciencias. Docente investigador en el área de la geoquímica ambiental y geoquímica de baja temperatura, UCV. Correo-e.: ceyanes@gmail.com

persisten como remanentes aislados dentro de una matriz de material más intensamente alterado en la sección del saprolito de un perfil de meteorización.

En el área de estudio, los granitos colgados observados se ubican en la zona de lavado o zona de lixiviación, subzona de transición desarrollado sobre el perfil de meteorización del protolito (Figura 1), que corresponde enteramente al Granito de Parguaza (MARINO *et al.*, 1997). Para entender su formación, es necesario describir y analizar algunas de las variables más importantes que controlan el proceso de meteorización del sistema como son: el fracturamiento existente y el ambiente tropical húmedo, tipo monzónico, característico de la Guayana venezolana. El conocimiento de la litología del Granito de Parguaza y, especialmente, el emplazamiento particular de estos granitos colgados en la sección del saprolito, es clave para entender el análisis a discutir en este trabajo.

ZONAS	SUBZONAS (ESPESOR)	CAPA (ESPESOR)	PROF. (m)	PERFIL	DESCRIPCIÓN
ZONA DE ACUMULACIÓN	SUELO (0-0,3)	CAPA ORGÁNICA	0		SUELO CON GUJARROS DE LATERITA
		LATERITA BAIXITA	1		COSTA DURA (DURCREST): ALTO CONTENIDO DE ALUMINA BAJO EN CUARZO Y SILICE REACTIVO
	BAUXITA Horizontal Mineralizado (2-12 m)	DIENA PRINCIPAL ESPESOR PROMEDIO (7,6 m)	2		
		CAPA DURA (0-0,5 m)	4		BAIXITA PSEUDOFISOLITICA, ALTO EN CUARZO, DISEMINADO, CON CAPAS DURAS OCASIONALES ALTAS EN GIBSITA Y CAPA SUAVE DE MINERALES DE ARCILLA EN LA BASE
		CAPAS RICAS EN MAT. ARCILLOSO (0-0,8 m)	5		
			6		
			7		
ZONA DE LAVADO	SUBZONA DE TRANSICIÓN	CAPA MOTEADA	8		MATERIAL ARCILLOSO ALTO EN CUARZO TEXTURA TIPO TIGRITO
			9		
			10		
	SAPROLITO		11		GRANITO METEORIZADO INCREMENTO DE CUARZO Y MINERALES DE ARCILLA
			12		GRANITOS COLGADOS
	ROCA SAPROLITICA	PROTO SAPROLITO o S-APROCK	13		GRANITO LEVEMENTE METEORIZADO Y FRACTURADO
			14		
ZONA DE ROCA	ROCA FRESCA	PROTOLITO	15		
			16		
			17		
			18		
			19		
			20		GRANITO DE PARGUAZA

Figura 1 - Perfil de meteorización idealizado del Granito de Parguaza en la mina de bauxita de Los Pijiguaos. Los granitos colgados tienden a ocurrir en el saprolito, en la zona de lavado, incluso, en determinados lugares en el saprock³. Fuente: actualizado de MARINO *et al.*, 1997.

El presente estudio tiene como objetivo explicar la formación de los granitos colgados como remanentes del protolito original y la relevancia de este fenómeno para comprender la geomorfología de los paisajes residuales de la zona tropical. Finalmente, se propone la aplicación de esta terminología, de fácil recordatorio, a otras áreas de la región de Guayana, con énfasis, en la vasta zona del Parguaza.

DISCUSIÓN SOBRE LOS PROCESOS DE METEORIZACIÓN EN CLIMAS TROPICALES

En climas tropicales, caracterizados por una alta pluviosidad, la meteorización química de las rocas se intensifica considerablemente. Este proceso se denomina hidrólisis, que es cuando el agua infiltrada por las fracturas (fallas y diaclasas)

reacciona con silicatos y aluminosilicatos, descompone los minerales primarios y crea minerales secundarios, como las arcillas y los óxidos de hierro, que son más estables a nivel de superficie o cercana a ella.

De esta forma, en el subsuelo, el agua de lluvia que es ligeramente ácida debido al dióxido de carbono (CO₂) disuelto, entra en contacto con minerales como los feldespatos, micas (biotitas y/o moscovita) y cuarzo, dando lugar a las reacciones de meteorización química. Un ejemplo clave es la hidrólisis de los feldespatos. Durante este proceso, los iones hidrogeniones presentes en el agua (H⁺) reaccionan con los feldespatos (ortosa y plagioclasa), liberando iones: potasio (K⁺), sodio (Na⁺) y calcio (Ca²⁺), además de formar minerales como la caolinita. La formación de minerales secundarios como esta arcilla y de ácido ortosilícico, producto de la hidrólisis de esos aluminosilicatos, cambia la acidez inicial del agua de lluvia, elevando su pH. El resultado final es agua que puede tener un pH alrededor de 7 o ligeramente alcalino (entre 7 y 8), enriquecida con iones y sílice disueltos. El pH final del agua subterránea dependerá de varios factores, como el tiempo de residencia del agua en las fracturas y la temperatura del sistema acuoso. A mayor tiempo de contacto con las rocas, mayor será el efecto de la meteorización química y el pH tenderá a estabilizarse a valores más alcalinos dependiendo de las constantes de solubilidad y otros equilibrios que se alcancen en el sistema. Como la velocidad del proceso de alteración depende también del proceso de interacción agua-roca y el tiempo de residencia de este fluido, la densidad de las fracturas preexistentes en el macizo rocoso es determinante (Figura 2) y las zonas con mayor fracturamiento se alterarán más rápidamente.



Figura 2 - El agua subterránea se infiltra a través de las fracturas de la roca, como también, a lo largo de los planos de estratificación. Este proceso causa una meteorización diferencial, donde las partes más expuestas a la acción del agua (esquinas y bordes) se meteorizan más rápidamente, mientras que el interior de los bloques se mantiene menos alterado. Como resultado, los bordes se redondean y se forman esas estructuras esféricas. La maza (derecha) sirve de escala práctica. Localidad: Arenisca de la Formación Guárico, al Sur de San Juan de los Morros, estado Guárico. Fuente: Franco Urbani (S/F).

³ Representa una etapa temprana de la meteorización química que aún conserva en gran medida su estructura y textura originales (AEHNELT y TOTSCHKE, 2025).

A continuación, se presenta una síntesis conceptual de la secuencia característica del proceso de meteorización esférica, de acuerdo a las observaciones de OLLIER (1971): Se inicia cuando el agua meteórica, con un pH levemente ácido y con una concentración iones disueltos apreciables, se infiltra en la roca a través de su red de fracturas. Estas fracturas dividen la masa rocosa en bloques cúbicos o prismáticos, en primera instancia. La meteorización química se desarrolla en la roca desde la superficie de estas fracturas hacia el interior. Los bordes externos de estos bloques son los que experimentan el ataque de la meteorización de forma más intensa, al estar mayormente expuestos a los factores que causan la descomposición y desintegración de estas rocas. Esta diferencia en la velocidad de alteración conduce al redondeo gradual de las formas inicialmente angulares.

La meteorización diferencial, también conocida como “meteorización de piel de cebolla” (Figura 3), es un tipo de meteorización esférica que afecta a rocas masivas y bien fracturadas, especialmente en climas tropicales. Este proceso es el principal responsable de la formación de los granitos colgados en las rocas ígneas.



Figura 3 - Meteorización esférica, emulando piel de cebolla, en un afloramiento de basalto en la Formación Escorzonera, Cretácico Tardío. La pala (derecha) sirve de escala práctica. Localidad: Camino hacia el Morro del Faro, San Juan de Los Morros, estado Guárico. Fuente: Franco Urbani (S/F).

EL GRANITO DE PARGUAZA Y LA METEORIZACIÓN ESFEROIDAL

El Granito de Parguaza es un batolito con un área de afloramiento que puede superar los 30.000 km² (BONILLA-PÉREZ *et al.*, 2013: 84) y está clasificado como un granito anorogénico (MENDOZA, 2012: 264). Aflora principalmente en el sur del municipio Cedeño, estado Bolívar, Venezuela y norte del estado Amazonas (Figura 4). Se extiende hacia el

departamento de Vichada, en el extremo oriental de Colombia (BONILLA-PÉREZ *et al.*, 2013: 84). Su vasta extensión bordea el río Orinoco, abarcando al norte desde Los Pijiguaos, en la margen izquierda del río Suapure, hasta Puerto Páez, al sur del estado Apure (MENDOZA, 1972: 319) y continúa hasta Santa Bárbara del Orinoco, en la parte central del estado Amazonas (HACKLEY *et al.*, 2006).

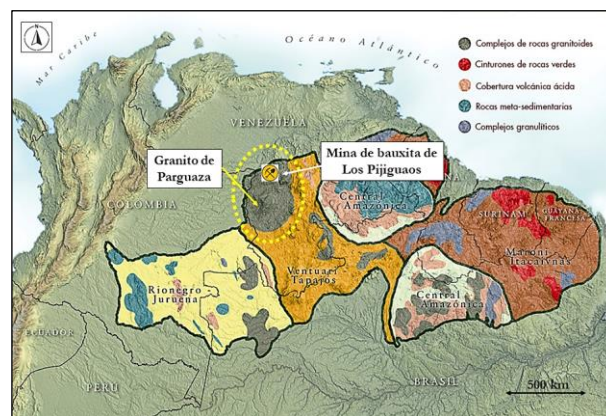


Figura 4 - El Granito de Parguaza es un batolito ubicado en la región norte del Cratón Amazónico. Aunque la mayor parte de su extensión (más del 90 %) aflora en el occidente de Venezuela, una pequeña porción se extiende hacia el oriente de Colombia. En la zona norte venezolana se encuentra la mina de bauxita de Los Pijiguaos. Imagen editada de: <https://www.imeditores.com/banocc/guayanes/>

Utilizando el método U/Pb en circones por disolución⁴, GAUDETTE *et al.* (1978) determinaron una edad de 1.545 ± 20 Ma, para una parte venezolana del Granito de Parguaza, edad que ha sido referencia desde entonces, sin embargo, BONILLA-PÉREZ *et al.* (2013: 101), de acuerdo a los nuevos datos geocronológicos realizados mediante el método LA-ICP-MS⁵ para este batolito en el departamento de Vichada, Colombia, obtuvieron edades concordantes de 1.392 ± 5 Ma y 1.401 ± 2 Ma. Estos datos parecían indicar, de acuerdo a BONILLA-PÉREZ *et al.* (2013: 101), que este batolito fue conformado por un grupo de cuerpos graníticos de características semejantes y cristalizados en diferentes etapas durante el Mesoproterozoico (Era precámbrica).

La textura rapakivi⁶ identifica este batolito y se caracteriza por la presencia de grandes cristales ovoides de feldespato potásico (generalmente ortoclasa o microclino), usualmente de color rosado o grisáceo, que están rodeados por una “envoltura” o borde concéntrico de plagioclasa (oligoclasa), generalmente de color blanquecino (Figura 5).

⁴ Técnica de datación radiométrica utilizada para determinar la edad de las rocas mediante el análisis de las proporciones de isótopos de uranio (U) y plomo (Pb) dentro de los cristales de circon. Fuente: <https://geolodiaavila.com/2025/05/05/dataciones-uranio-plomo-con-circones/>

⁵ Acrónimo de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente y Ablación Láser.

⁶ Rapakivi: palabra derivada del idioma finlandés que significa roca desintegrada y que es usada para designar la tendencia de los granitos con este tipo de textura de ser rápidamente meteorizados y erosionados (MENDOZA, 2012: 253)



Figura 5 – Muestra del Granito de Parguaza (parte izquierda) que exhibe una distintiva textura rapakivi. A simple vista, se aprecian núcleos de fenocristales de feldespato potásico en forma de ovoides rodeados por anillos de plagioclasa inmersos en una matriz compuesta por cuarzo y minerales máficos. Imagen: @geología_vzla

Como se explicó previamente, la densidad y disposición de las fracturas preexistentes (fallas y diaclasas) en el macizo rocoso favorecen la acción de la meteorización esferoidal, donde ciertas porciones resisten la alteración de manera más efectiva que otras (Figura 6). Este fracturamiento en el Granito de Parguaza tienen varios orígenes: un fracturamiento primario que se forma por la contracción del magma al enfriarse y un fracturamiento secundario causado por la actividad tectónica, así como por los procesos geológicos de la superficie que han actuado durante millones de años, creando fallas y diaclasas. La comprensión de este proceso resulta esencial para desentrañar cómo la meteorización, la geología estructural y el tiempo geológico han configurado el subsuelo en la vasta región del Escudo de Guayana.

Adicionalmente, según I.M. Editores (2013), ya desde el Mioceno (23 a 5,3 Ma), la evidencia geológica muestra la existencia de humedales que fragmentaron la selva preexistente en el Neógeno. Estas condiciones, junto con las exposiciones climáticas alternas (húmedo-seco) del Cuaternario (últimos 2,0 Ma), han propiciado el buen desarrollo de los perfiles de meteorización en la zona del Parguaza.

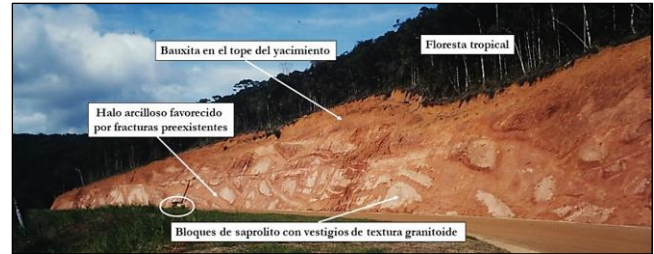


Figura 6 – Afloramiento ubicado en el km 8 de la vía de acceso al “plateau” de la mina de bauxita de Los Pijiguaos que ejemplifica una secuencia del Granito de Parguaza sometida a intensa meteorización química. En este proceso, el agua meteórica circula por las fracturas estructurales preexistentes en la roca para favorecer, luego de millones de años, la formación de halos arcillosos continuos y generar bloques aislados de saprolito. La elipse blanca encuadra un camión de volteo de 8 m³ que sirve de escala comparativa. Ubicación: Coordenadas U.T.M. Datum SIRGAS-REGVEN: Huso 19 N, 745.715 E, 720.306 N; 590 msnm. Imagen: Noel Mariño (1987).

En el contexto de los procesos de meteorización esferoidal que afectan al Granito de Parguaza, se observan en determinados lugares de la mina de bauxita de Los Pijiguaos, donde el material saprolítico ha sido removido por los trabajos de laboreo, la aparición bolos residuales relativamente inalterados (*corestones* en inglés), de forma esférica (Figuras 7 y 8) o elipsoidal (Figura 9), dando lugar al uso local del término granitos colgados para identificarlos, los cuales están embebidos en el material circundante que ha sufrido una meteorización más intensa (Figura 10). Este saprolito, si bien puede conservar parte de la estructura original de la roca, tiene sus minerales significativamente alterados, con los feldespatos transformados principalmente en minerales de arcilla. SOLER y LASAGA (2000: 52) indican que la textura granítica original ya no es reconocible en la sección mineralizada de bauxita, en el tope del perfil meteorizado en la mina de bauxita de Los Pijiguaos, lo que sugiere que se han producido importantes pérdidas de volumen debido al fuerte proceso de meteorización. Finalmente, el tamaño y la forma de los granitos colgados resultantes están directamente influenciados por la densidad y la orientación de las fracturas presentes en el protolito.



Figura 7 - Granito colgado de forma esférica expuesto luego de los trabajos de laboreo y limpieza de la trinchera para la vía férrea en el Bloque 9. La retroexcavadora CAT modelo 320 sirve de escala. Imagen: Indira Wagner, 2020.



Figura 8 - Un bloque de "granito colgado" de forma esférica extraído de un frente de extracción en la mina de Los Pijiguaos en 1997, que sirvió para los primeros análisis de la evolución de la alteración del protolito y que se exhibe frente a la Gerencia de Mina. El casco de seguridad en la parte superior de la roca ofrece una referencia de escala práctica para ilustrar su tamaño. Fuente: Indira Wagner, 2025.



Figura 9 – Granito colgado de forma elipsoidal expuesto tras remoción de la envoltura saprolítica ubicado en el Bloque 9 del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. La persona sirve como referencia de la escala para entender las dimensiones. Imagen: Indira Wagner, 2012.

Por otra parte, SOLER y LASAGA (2000: 51) muestran en su trabajo, una columna esquemática referido al bloque 7, de la mina de bauxita de Los Pijiguaos y señalan que, en el saprolito, hallaron bloques de granito parental (*corestones*), redondeados y relativamente frescos, sin embargo, esta evolución no es homogénea debido a la naturaleza discontinua de las fracturas existentes. En algunas zonas, el flujo del agua meteórica puede concentrarse a lo largo de los planos de discontinuidad, lo que provoca que algunos bloques de granito se alteren más rápidamente que otros. El resultado final de esta heterogeneidad en el proceso de meteorización será la preservación de los núcleos de granito poco alterados a lo largo del perfil de meteorización, que proporcionan información geoquímica sobre la historia de alteración del granito. Esos "núcleos de granito" son los denominados granitos colgados en este trabajo.

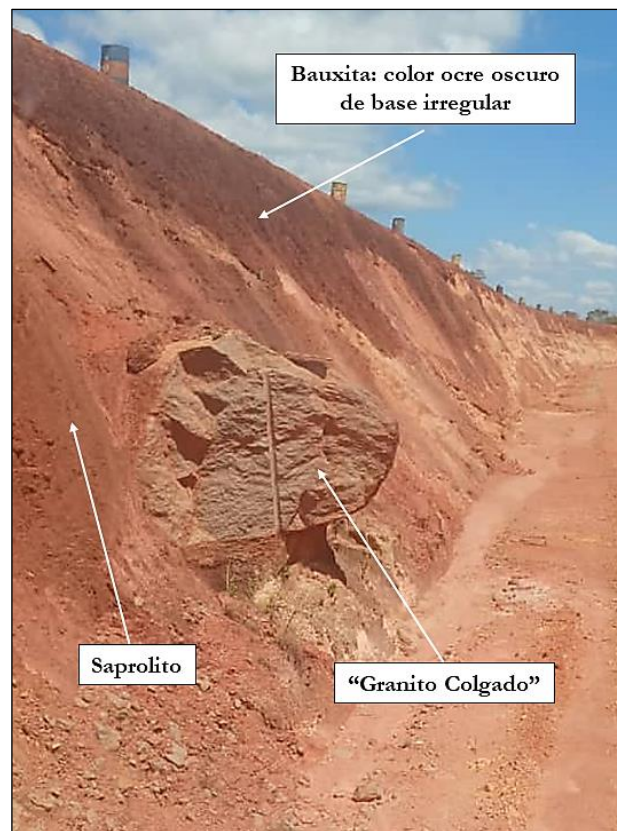


Figura 10 – Meteorización esferoidal: Granito colgado "in situ" expuesto parcialmente en un talud del Bloque 3 en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. Imagen: Indira Wagner, 2025.

PROCESO DE FORMACIÓN DE LOS "GRANITOS COLGADOS" DE ACUERDO A LAS OBSERVACIONES DE CAMPO EN EL GRANITO DE PARGUAZA

Con base en las observaciones de campo realizadas en la mina de bauxita de Los Pijiguaos, se ha diseñado una secuencia para entender el proceso de formación de los granitos colgados. 1. **Formación de la red de diaclasas:** El Granito de Parguaza tiene un fracturamiento primario, que se forma por la contracción del magma al enfriarse y un fracturamiento secundario causado por la actividad tectónica. Estas diaclasas suelen ser más o menos ortogonales, lo que da lugar a la formación de bloques ortoedros. 2. **Infiltración de agua:** El agua, producto de la lluvia, se infiltra en estas diaclasas y transporta el ión hidrogenión y los otros elementos químicos que crean el ambiente químico propicio para dar inicio a la alteración de la roca. 3. **Meteorización química:** Esta agua, a menudo ligeramente ácida, reacciona químicamente con los minerales del Granito de Parguaza (principalmente feldespatos y biotita). Esta meteorización es más intensa en las esquinas y aristas de los bloques, donde hay más superficie expuesta. 4. **Descomposición de las aristas:** A medida que la meteorización avanza, las aristas y esquinas de los bloques se descomponen más rápidamente que los centros. Los minerales se alteran (por ejemplo, los feldespatos a minerales de arcillas) y la roca se "desmorona" a través de un proceso de

grusificación (MIGÓN y THOMAS, 2002), formando una mezcla de grava y arena gruesa suelta llamada *grus*⁷ o regolito granítico (Figura 11). 5. **Formación de "piel de cebolla"**: Este proceso hace que las capas externas de la roca se desprendan concéntricamente, como las capas de una cebolla. 6. **Núcleo resistente**: Lo que queda en el centro de cada bloque original es una masa de roca más resistente, menos afectada por la meteorización, que ha sido redondeada por la descomposición de sus capas externas, formando los granitos colgados. 7. **Exhumación**: Con el tiempo, el material meteorizado o *grus* que rodea a los granitos colgados puede ser erosionado, al ser transportado por el agua. Si la erosión remueve ese material, los granitos quedan expuestos en la superficie. Es por ello que las geoformas pudiesen aparecer como “flotando” en el paisaje (Figura 12).



Figura 11 – El Grus consiste en una acumulación de fragmentos angulosos de grano grueso (arena y grava) originados por la desintegración granular mecánica y química del Granito de Parguaza, los cuales se encuentran esparcidos en la superficie. Fuente: <https://sl.delachieve.com/grusovog-kaj-je-in-zakaj-je-tako-priljubljen/>

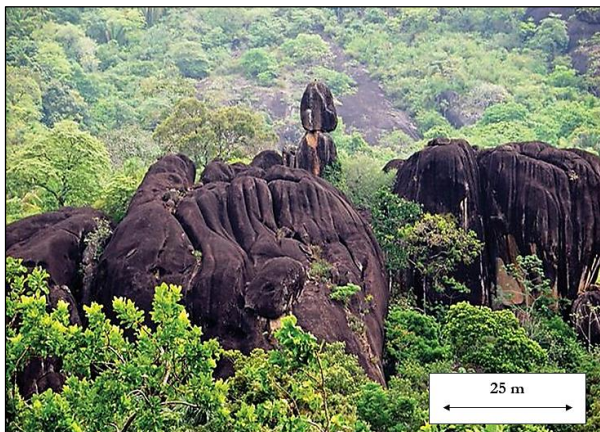


Figura 12 – Geoformas del Granito de Parguaza en las cercanías del poblado piaroa (Unvottijja) de Caño Ore, parroquia Los Pijiguaos, al sur del municipio Cedeño del estado Bolívar. Imagen Editada de Marianto Castro, 2021.

CONCLUSIONES

Se propone el término granitos colgados para describir las ocurrencias de bloques de granito relativamente frescos observados en el perfil de meteorización del Granito de Parguaza en la mina de bauxita de Los Pijiguaos y, posiblemente, en otras localidades del área de afloramiento de este granito. Este término facilita su comprensión y es equivalente a bolos residuales en la literatura en español, así como a los vocablos anglosajones de *corestone* y *woolsacks*.

En el perfil de meteorización del Granito de Parguaza en el área de estudio, la presencia de granitos colgados sugiere un proceso de alteración química avanzado, debido principalmente a la densidad y orientación de las fracturas preexistentes que ha facilitado la penetración de las aguas meteóricas, causando la descomposición de la roca y el desarrollo de perfiles de meteorización profundos.

Los granitos colgados son remanentes de roca relativamente frescos, es decir, menos meteorizados. Los bordes externos de estos bloques son los que experimentan el ataque de la meteorización de forma más intensa, al estar mayormente expuestos a los factores que causan la descomposición y desintegración de estas rocas, dejando núcleos relativamente inalterados. Esta diferencia en la velocidad de alteración conduce al redondeo gradual de las formas inicialmente angulares.

La exposición prolongada a los agentes de meteorización se ve favorecida por el actual clima tropical cálido y húmedo, de tipo monzónico, que es característico del Escudo de Guayana desde el Neógeno, lo que acelera las reacciones químicas asociadas.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda la adopción y el uso del término granitos colgados para describir formalmente estructuras similares en futuras investigaciones geológicas sobre perfiles de meteorización en la región de Guayana.

La propuesta se basa en la utilidad descriptiva del término y en su relevancia como indicador de procesos de alteración diferencial, lo que podría facilitar la comunicación y el análisis en las futuras campañas de prospección en la vasta región del Bajo Parguaza y en otras regiones donde afloran este granito, así como en otros granitoides.

AGRADECIMIENTO

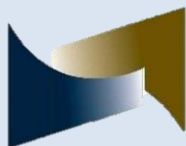
Nuestro agradecimiento a Indira Wagner, cuya generosa contribución de fotografías sobre los granitos colgados en la mina de bauxita de Los Pijiguaos ha sido fundamental para las ilustraciones de este trabajo. Muy agradecidos a los Dres. Nuris Orihuela y Franco Urbani, al MSc Sebastián Grande y al colega José Antonio Rodríguez por la lectura del manuscrito y sus observaciones.

⁷ Grus: es el resultado de un proceso de desintegración granular que combina tanto la meteorización mecánica como la meteorización

química de rocas cristalinas, principalmente, el granito. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Grus_\(geolog%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Grus_(geolog%C3%ADa))

REFERENCIAS

- AEHNELT, M., y TOTSCHKE, K. 2025. *From rock to soil: Saprock genesis and its legacy for subsoil structure and micro-aggregate formation during pedogenesis*. Geoderma, Vol. 459, 2025. Enlace: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706125001946#ab010>
- BONILLA-PÉREZ, A., FRANTZ, J.C., CHARAO, J., CRAMER, T., FRANCO, J.A., MULOCHER, E., y AMAYA, Z. 2013. *Petrografía, geoquímica y geocronología del Granito de Parguaza en Colombia*. Boletín de Geología, Vol. 35 (2): 83-104, julio-diciembre 2013.
- CASTRO, M. 2021. *Tungsten Venezuela*. Enlace: <https://mariantoc.github.io/Resources/TUNGSTEN%20Venezuela.pdf>
- DICCIONARIO DE CIENCIAS DE LA TIERRA. Recuperado el 18 de julio de 2025 de Encyclopedia.com: <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/corestone>
- GAUDETTE, H.E., MENDOZA, V., HUERLEY, P.M., y FAIRBAIRN, H.W. 1978. *Geology and age of the Parguaza rapakivi Granite, Venezuela*. Geological Society of America Bulletin, Vol. 89, Núm. 9: 1335-1340.
- HACKLEY, P.C., URBANI, F., KARLSEN, A.W., y GARRITY, C.P. 2006. *Mapa Geológico de Venezuela a Escala 1:750,000*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2006-1109, 2 sheets map scale 1:750.000.
- I.M. EDITORES. 2013. *Escudo Guayanés* | Colección Ecológica Banco de Occidente. Recuperado el 11/08/2025 de <https://www.imeditores.com/banocc/guayanes/>
- MARINO, N., RAMIREZ, A., y MELÉNDEZ, W. 1997. *Geología del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos y sus alrededores*. *Proposición para una excursión geológica*. En: VIII Cong. Geol. Venezolano, Tomo 1: 33-40.
- MARINO, N. 2024. *Depósitos de bauxita en el Escudo de Guayana venezolana: actualización de los recursos inferidos y otras consideraciones geomíneras*. Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela No. 144: 10-18, dic 2024.
- MENDOZA, V. 1972. *Geología del área del río Suapure, parte noroccidental del Escudo de Guayana, Venezuela*. Novena Conferencia Geológica Inter-Guayanas, Ciudad Guayana, Venezuela (mayo 1972): 306-338.
- MENDOZA, V. 2012. *Geología de Venezuela. Tomo 1: Evolución geológica, recursos minerales del Escudo de Guayana y revisión del Precámbrico mundial*. 2da Ed., Gran Colombia Gold Corp., Bogotá, Colombia, abril 2012: 362 p.
- MIGÓN, P., y THOMAS, M. 2002. *Grus weathering mantles—problems of interpretation*. En: CATENA, Volume 49, Issues 1–2, 31 August 2002: 5-24. Enlace: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816202000140>
- OLLIER, C.D. 1971. *Causes of spheroidal weathering*. Earth-Science Reviews. Vol. 7, Issue 3:127–141.
- SOLER, J., y LASAGA, A. 2000. *The Los Pijiguaos bauxite deposit (Venezuela): A compilation of field data and implications for the bauxitization process*. Journal of South American Earth Sciences 13 (2000): 47-65
- TWIDALE, C.R., y VIDAL-ROMANI, J.C. 2020. *Are corestones due to weathering and/or tectonism? Problems and suggestions. Los bolos residuales ¿se deben a la meteorización o a la tectónica? Problemas y sugerencias*. Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe (2020), Vol. 42: 29 – 52. Instituto Universitario de Xeoloxía, Universidade da Coruña. España.



Academia Nacional
de la Ingeniería y el Hábitat

ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT BOLETÍN 70

PARTE II VIDA DE LA ACADEMIA¹

¹ Sección no arbitrada

**OPINIONES DE ACADÉMICOS,
COMISIONADOS E INVITADOS**

ENTROPÍA SOCIAL O UNA SOCIEDAD NEGENTRÓPICA: Revisión del estado del arte

Edgar JAIMES¹, Yalitzza RAMOS², Neida PINEDA³ y Enver JAIMES⁴

RESUMEN

La entropía y la negentropía social son descriptores de condiciones de estado que son simultáneas y contradictorias, típicas de sistemas complejos como las sociedades humanas. Una situación de entropía social refleja una sociedad propensa al caos; por el contrario, una condición social que exprese orden y coherencia entre sus componentes es expresión de una sociedad negentrópica. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión del estado del arte, respecto a cómo la entropía y la negentropía ayudan a comprender, tanto la pérdida como el mantenimiento de la metaestabilidad de la sociedad; el aumento o reducción de los conflictos y también el balance o desbalance social en el mundo contemporáneo. Se utilizó el método lógico y reflexivo, ya que se comparan ambos conceptos con los cambios sociales y políticos que ocurren en la realidad. Según este enfoque, la disfuncionalidad y funcionalidad de una sociedad pueden ser explicadas por la entropía y la negentropía, respectivamente; siendo posible medirlas a través de modelos multivariados. En esta revisión, se hizo un análisis cualitativo del balance entropía-negentropía según las características de los sistemas de gobierno en Venezuela en los últimos 67 años: 1) El Democrático-social (1958-1998) y 2) El Socialista-autoritario (1999-2025). Se concluye que las sociedades sanas y resilientes evolucionan constantemente entre la necesidad de la coherencia y el orden estructurado (negentropía) y la inevitabilidad del surgimiento de la entropía social, asumiendo esta última como una oportunidad para el cambio, adaptación y reconfiguración de la sociedad en función de su metaestabilidad.

ABSTRACT

Social entropy or a negentropic society: State of the art review

Social entropy and negentropy are descriptors of simultaneous and contradictory state conditions, typical of complex systems such as human societies. A situation of social entropy reflects a society prone to chaos; conversely, a social condition that expresses order and coherence among its components is an expression of a negentropic society. The objective of this work is to present a review of the state of the art regarding how entropy and negentropy help to understand both the loss and maintenance of societal metastability; the increase or reduction of conflicts; and also social balance or imbalance in the contemporary world. The logical and reflective method was used, comparing both concepts with the social and political changes that occur in reality. According to this approach, the dysfunctionality and functionality of a society can be explained by entropy and negentropy, respectively, and can be measured through multivariate models. This review presents a qualitative analysis of the entropy-negentropy balance according to the characteristics of Venezuelan governance systems over the past 67 years: 1) the Democratic-Social system (1958-1998) and 2) the Socialist-Authoritarian system (1999-2025). It concludes that healthy and resilient societies constantly evolve between the need for coherence and structured order (negentropy) and the inevitability of social entropy, viewing the latter as an opportunity for change, adaptation, and reconfiguration of society in pursuit of its metastability.

Palabras clave: caos, orden, coherencia, transición democrática y resiliencia

Keywords: chaos, incoherence, order, coherence, and resilience

A. INTRODUCCIÓN

Se entiende por entropía social la respuesta que exhibe la sociedad a la incidencia de diversos factores y procesos que ocasionan el desorden colectivo, provocando su deterioro-

degradación como sistema comunitario. Por el contrario, una sociedad ordenada y mejor organizada es aquella que desarrolla procesos-respuesta que son eficaces en la neutralización de las causas que incentivan el caos social.

¹ Doctor en Ciencia del Suelo. Académico correspondiente Nacional ante la ANIH. Caracas. Investigador Emérito de la Universidad de Los Andes (ULA). Mérida, Venezuela. e-mail: jaimes.5060@gmail.com

² Doctora en Comunicación e Información Contemporánea. Miembro fundacional del Instituto de Investigación de Física de la Información, (IPI), Reino Unido. e-mail: yalitzzaramos708@gmail.com

³ Doctora en Ciencias Agrarias, LUZ, Venezuela. Docente e investigadora de la ULA, Mérida, Venezuela. e-mail: pineda.np@gmail.com

⁴ Magister en Administración de Negocios (MBA). Experto en Integración de Software en el área Financiera. e-mail: enver.jaimes@gmail.com

(ANAYA, 2024). En la Tabla 1 se presenta un resumen comparativo entre las causas o mecanismos y características de la entropía social y de la sociedad negentrópica

Tabla 1. Comparación entre la entropía social y la sociedad del orden.

Entropía social	Causas del caos social	Características
Es una metáfora sociológica, inspirada en la segunda ley de la termodinámica, que mide la cantidad de energía no disponible para realizar trabajo útil por parte de un sistema complejo como la sociedad humana.	1. Falta o insuficiencia de normas sociales y políticas; 2. Aumento de la desigualdad social; 3. Desconexión entre las normas existentes y las necesidades reales de la sociedad y 4. Resistencia a cambios necesarios en el modelo de gobierno imperante que pueden generar ineficiencia y político-administrativo.	1. Conflictividad y desintegración social; 2. Discriminación social y desigualdad económica; 3. Corrupción administrativa, política y social; 4. Calidad de vida en franco deterioro
Sociedad del orden (Negentrópica)	Mecanismos de orden social	Características
Define el orden social como un estado de organización y metaestabilidad que se opone a la entropía. No es un estado natural, sino una condición adquirida por la sociedad, la cual debe mantenerse para lograr un mejor vivir humano	1. La cohesión y organización que estabiliza el sistema social a través de: la justicia, la libertad, el autorrespeto y la democracia. 2. Normas sociales efectivas que sean útiles y garanticen la igualdad en la aplicación de la justicia y la equidad; 3. Gestión activa de la información y los procesos sociales para mantener la predictibilidad y 4. Capacidad de adaptación ante el cambio y la complejidad de procesos-respuestas que puedan alterar la metaestabilidad social	1. Mayor estabilidad y cohesión social; 2. Mayor previsibilidad y menor conflicto; 3. Cumplimiento de objetivos y metas a largo plazo; 4. Calidad de vida en ascenso o en recuperación

Fuentes: BAILEY (1990); MORIELLO (2013); DINGA *et al* (2020); Van CAMPEN (2024b) y ANAYA (2024). Incluye modificaciones introducidas por los autores de este trabajo.

De acuerdo con ANAYA (2024) y Van CAMPEN (2025a y 2026) esta dicotomía entre la funcionalidad de la sociedad, la cual se revela a través del orden, requiere la aplicación de mecanismos de cohesión y organización; mientras que la entropía social puede verse como la expresión de la disfuncionalidad social expresada a través de los siguientes aspectos:

- ❖ **Aumento de la incertidumbre y la imprevisibilidad.** Las normas y expectativas sociales se debilitan, haciendo que el comportamiento individual y colectivo sea menos predecible.
- ❖ **Debilidad institucional.** Las instituciones (gobierno, justicia, educación, familia) pierden legitimidad y eficacia, incapaces de gestionar las demandas o resolver conflictos.
- ❖ **Fragmentación social.** Se produce una pérdida de cohesión y consenso social, prevaleciendo el individualismo, la desconfianza y la polarización.
- ❖ **Desigualdad y caos.** La acumulación de desigualdades económicas o la falta de acceso a recursos pueden aumentar el "desorden" del sistema, ya que la energía social se desperdicia en fricciones y conflictos en lugar del progreso colectivo; en consecuencia, la calidad de vida de la sociedad se expresa en franco deterioro.

Por el contrario, el ideal de una "sociedad ordenada" se basa en la existencia de estructuras y procesos-respuesta que garantizan la organización, la armonía y el funcionamiento eficiente del sistema social. Este concepto está estrechamente ligado a teorías sociológicas como el **funcionalismo** que ve la sociedad como un sistema de partes interconectadas que trabajan juntas para mantener su metaestabilidad (BRITANNICA, 2021; BERTALANFFY, 1968 y BOHM, 1990). Los pilares del orden social incluyen las cualidades siguientes:

- ❖ **Consenso de valores y normas:** Una cultura compartida y la internalización de reglas de comportamiento (socialización) minimizan la desviación social.
- ❖ **Instituciones fuertes:** Mecanismos eficaces de control social formal (leyes, sistema judicial) e informal (familia, comunidad) aseguran el cumplimiento de las normas.
- ❖ **Previsibilidad y confianza:** La existencia de contratos sociales claros y expectativas estables fomenta la cooperación y reduce la fricción.
- ❖ **Nivel de la calidad de vida social:** en ascenso o en recuperación.

El estudio de esta dicotomía busca comprender cómo la disfuncionalidad social, determinante del desorden en la sociedad, influye en la dinámica social y, al mismo tiempo, permite que la misma sociedad se organice para mantener el orden y lograr la funcionalidad requerida, orientado a la resiliencia y metaestabilidad social, en función del mejor vivir de la ciudadanía como parte de un todo societario (ANAYA, 2024 y BAILEY, 1990).

Por su parte, KOUTSOYIANNIS y FIVOS (2021), señalan que el término “entropía social” se equipara metafóricamente con procesos-respuesta relacionados con: *el abandono, la contaminación y el desperdicio de materia y energía*, generados por la “*actividad económica*” o por la “*sociedad de consumo*”, que deben minimizarse. No obstante, estos autores, con base en información estadística sobre ingresos financieros, comprobaron que la distribución de este ingreso está correlacionada positivamente con el principio de máxima entropía; es decir, que el aumento de la entropía se asocia al aumento de la riqueza social; sin embargo, se puede utilizar una forma estandarizada de entropía para cuantificar la desigualdad. Históricamente, la tecnología ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo y el aumento de la entropía del ingreso; por lo tanto, estos resultados contradicen la teoría de la economía ecológica y otras teorías que utilizan el término entropía desde una perspectiva maltusiana.

Sin embargo, es pertinente destacar aquí que la debilidad del resultado expuesto por KOUTSOYIANNIS y FIVOS (2021) radica en la aplicación de un modelo univariado que solo relaciona la entropía con el incremento de los ingresos económicos que pueden percibir los trabajadores o la sociedad. Por el contrario, la evaluación de la entropía y los sistemas económicos debe estar fundamentada en modelos que incluyan otras variables implícitas en la generación de la riqueza social y no solo en los ingresos económicos o financieros.

Por otro lado, DINGA *et al.* (2020), con base en la teoría de BAILEY (1990), puntualizaron los aspectos cualitativos más relevantes que permiten aclarar el concepto de “*entropía social*”; es decir:

- ❖ La entropía social no es un concepto termodinámico;
- ❖ Se trata de una definición vinculada con el orden social;
- ❖ Su conexión con el orden social debe ser entendida de forma inversamente proporcional;
- ❖ Debe tener connotaciones de la relación homogeneidad/heterogeneidad de un sistema/proceso;
- ❖ Está mayormente fundamentada en la normatividad.

El objetivo general de este trabajo es presentar una revisión del estado del arte que ponga de relieve los distintos aspectos que están relacionados con el surgimiento de las condiciones del caos social, así como de los procesos-respuestas que permiten contrarrestar esas condiciones, a los fines de lograr un mayor orden social que facilite el bienestar de la sociedad.

B. DESARROLLO DEL ESTADO DEL ARTE. Esta revisión bibliográfica está fundamentada en el análisis lógico, reflexivo y crítico de los conceptos de entropía y negentropía social. Los principales criterios a discutir se indican a continuación:

1. La entropía social como oportunidad. Aunque la entropía social es un concepto que refleja negatividad, en ciertos contextos puede ser vista como un escenario para la reconfiguración de la sociedad con el fin de transformarla en un sistema resiliente, adaptativo y mejor organizado, donde el caos aparente permite la definición y construcción de un

nuevo proyecto socio-político, ecológico-ambiental y educativo-cultural metaestable, caracterizado por una mayor fortaleza social; es decir, una entidad negentrópica. (KHRENNIKOV, 2022) y (KOUTSOYIANNIS y FIVOS, 2021).

Este criterio de análisis asume la negentropía social como expresión del orden y la entropía como manifestación de desorden en la sociedad; es decir, son caras de la misma moneda ya que emergen una de la otra, son complementarias (antagónicas); en consecuencia, ambas se requieren entre sí, ya que el desorden posibilita la obtención de un orden diferente y más diverso. (MORIELLO, 2013).

2. Asunción del orden como proceso negentrópico.

Para entender este criterio, es necesario visualizar la relación entropía-negentropía como principios termodinámicos opuestos y estrechamente vinculados; es decir, en el contexto de la complejidad social ambos constituyen procesos complementarios del mismo sistema (JAIMES CÁRDENAS, 2024 y GONZÁLEZ, 2020).

En efecto, la entropía social está asociada con el caos o la desorganización que rigen los sistemas físicos, en particular los subsistemas que conforman la sociedad, en cambio la negentropía, como proceso-respuesta societario, se utiliza para explicar el surgimiento, mantenimiento y evolución hacia el “orden social” en términos de resiliencia o adaptación de los entes bióticos o humanos de los sistemas sociales; no obstante, el orden no es un estado final, sino un proceso dinámico y continuo que requiere esfuerzos constantes para su mantenimiento (KHRENNIKOV, 2022; NIELSEN y MULLER, 2023).

En el contexto de este criterio, es pertinente recordar la relación entropía-negentropía establecida por SCHRÖDINGER (1944) quien entendió que para cualquier ente biótico: “... *su origen, crecimiento y desarrollo evolutivo en la dimensión espacio-temporal es una totalidad compleja constituida por dos procesos fundamentales: i) El orden a partir del orden, necesario para asegurar la perpetuidad de los sistemas; y ii) El orden a partir del desorden, a través del cual se garantiza la emergencia y metaestabilidad de los sistemas complejos*”.

Por su parte, GONZÁLEZ (2020) y JIMENEZ (2025) analizaron la relación entre los principios de la termodinámica y la evolución social, política y económica, tomando como base, por una parte, los principios físicos y, por otra, los aportes de las ciencias sociales y la teoría de sistemas, mostrando que la interacción entre orden y desorden, estabilidad y cambio, constituyen una semejanza común en los sistemas físicos y sociales. Este análisis permitió corroborar que los procesos sociales no son lineales ni estáticos, sino dinámicos y abiertos, sujetos a constantes fluctuaciones que reflejan tensiones entre crecimiento, sostenibilidad, desigualdad y globalización. En la Tabla 2, se presenta la relación entre principios de la termodinámica y procesos sociales, confirmando la tesis que dichos principios, particularmente la entropía, ofrecen un marco referencial para comprender los cambios sociales, políticos y económicos en la modernidad y posmodernidad.

Tabla 2. *Análisis conceptual basado en la transdisciplinariedad entre la termodinámica y las ciencias sociales.*

Principios	Sistemas termodinámicos	Sistemas sociales	Sistemas geoestratégicos
Conservación de la energía	La energía no se crea ni se destruye, se transforma	Las comunidades utilizan, distribuyen y transforman los recursos materiales y energéticos para mantener el capital social	Globalización del intercambio de materia, energía e información
Entropía	Tendencia al desorden en los sistemas cerrados y aislados	Decoherencia, desigualdad social y conflictos ecosociales	Crisis institucional e inestabilidad sociopolítica
Negentropía	Los sistemas abiertos intercambian materia, energía e información con su entorno	Interacción social en todos los contextos (ecológico-ambiental, político, económico y cultural), a todos los niveles macroscópicos (locales, regionales, nacionales e internacionales)	Integración social combinado con flujos migratorios en todos los contextos (ecológico-ambiental, político, económico y cultural) y a cualquier nivel macroscópicos (locales, regionales, nacionales e internacionales)
Metaestabilidad	Condición en la que existe flujo neto de materia, energía e información entre los sistemas y su entorno	Metaestabilidad social mediante instituciones con poderes independientes donde predominan los acuerdos y consensos	Acuerdos de autosostenibilidad, autodeterminación y autoorganización (local, regional, nacional e internacional)
Energía libre	Disponibilidad de energía para realizar un trabajo	Capacidad de la sociedad para generar bienestar colectivo a través de la ciencia, la tecnología y la innovación	Fomento del crecimiento y desarrollo social, económico y ambiental mediante la inversión en ciencia, tecnología e innovación

Fuentes: KOUTSOYIANNIS y FIVOS (2021) y JIMÉNEZ (2025); con modificaciones propias de este trabajo

C. METAESTABILIDAD DE LA SOCIEDAD: ENTRE LA ENTROPÍA Y LA NEGENTROPÍA. Se desarrolló un análisis al respecto, destacando las siguientes reflexiones:

1. El orden negentrópico en la sociedad o la decoherencia social. Mientras más unida se encuentre una comunidad en torno a los factores que potencien su bienestar, las personas tenderán a compartir visiones fundamentadas en principios y normas, lo que puede ser visto como un estado de superposición cuántica a nivel social. Así, cada individuo (“átomo social”) contribuye al bienestar colectivo, manteniendo la metaestabilidad entre sus múltiples identidades sociales; por ejemplo, las culturales, políticas, profesionales, educativas, familiares, productivas, comerciales; entre otras. Es a este metabalance de procesos-respuesta sociales lo que diversos autores (JIMÉNEZ, 2025 y MORENO, 2009) identifican como la cohesión negentrópica, determinante del orden en la sociedad.

Pero, si en una comunidad negentrópica se promueven interacciones con procesos disruptivos externos; por ejemplo, implantación de la agenda global-socialista-autoritaria, la cual propugna ideologías contrarias a los principios de la resiliencia social, inherentes a la democracia liberal-libertaria, esas interacciones pueden provocar decoherencia social

dentro de la comunidad, haciendo que los ciudadanos expresen identidades más individualistas, disminuyendo su participación en el quehacer social (JIMÉNEZ, 2025 y MORENO, 2009).

Si la cohesión social se reduce en forma significativa, puede producirse la fragmentación social, propiciando la polarización y la división de las comunidades en grupos sociales opuestos, con la finalidad de provocar contradicciones antagónicas; dificultando la resolución de problemas comunitarios, ya que los grupos polarizados están más motivados en hacer valer sus posiciones sectarias que buscar soluciones comunes. Cuando el sectarismo se manifiesta en la sociedad, es prueba fehaciente del efecto negativo de la decoherencia social, toda vez que divide a la comunidad, en lugar de cohesionarla (JOOS *et al*, citado por ANAYA, 2024).

2. La sociedad resiliente y el capital social. La neutralización del caos social, es una acción primordial para el desarrollo de la estructura institucional de una sociedad con base en la justicia, la libertad y la democracia, para lo cual es importante promover la transparencia, eliminar la corrupción, frenar la impunidad y garantizar la aplicación equitativa de las leyes y códigos penales. Además, el fortalecimiento del capital social, entendido como las redes de confianza y reciprocidad

entre los miembros de una comunidad, es esencial para reducir la entropía ya que es un recurso cualitativo fundamental para fortalecer y sustentar la cohesión social, permitiendo al mismo tiempo controlar el desorden social (BAILEY, 1990 y JIMÉNEZ, 2025).

De acuerdo a BOURDIEU, citado por ANAYA (2024), el capital social puede ser visto como una forma de energía organizativa que reduce la entropía al fomentar la cooperación y la participación comunitaria. Políticas y programas que fomenten la participación ciudadana, el voluntariado y la creación de espacios comunes, pueden ayudar a reducir la entropía social al fortalecer las conexiones entre los individuos y aumentar la cohesión dentro de las comunidades.

3. La sociedad coherente como contrafuerza a la entropía social. Para mantener la coherencia social y evitar la decoherencia, es esencial promover la inclusión social y fortalecer las instituciones democráticas. Las políticas que fomentan la participación ciudadana, el diálogo intercultural y la creación de una identidad común inclusiva, pueden actuar como mecanismos para reducir la entropía social; en particular, la educación intercultural y los programas de integración comunitaria pueden ayudar a construir una identidad colectiva que resista las perturbaciones externas y mantenga la cohesión interna (MORENO, 2009).

Para GIDDENS, citado por ANAYA (2024), la reducción de la entropía social requiere la implementación de políticas que aborden la desigualdad económica y promuevan la justicia y el capital social; es decir, que pueden incluir reformas en los sistemas de bienestar social, la promoción de la igualdad de oportunidades y el fortalecimiento de la seguridad social. Al abordar las causas fundamentales del desorden social, como la desigualdad y la injusticia, es posible reducir la entropía y potenciar un orden social más estable y coherente.

D. ENTROPÍA Y NEGENTROPÍA SOCIAL: MODELOS MULTIVARIADOS.

1. Modelo de Van Campen (2024b). Es pertinente recordar un debate científico en la plataforma del Instituto de Física de la Información (IFI, 2025), en el cual van CAMPEN (2025a) estableció los principios que dan sustento a la ley de la funcionalidad, base teórico-metodológica, estrechamente vinculada con los conceptos de entropía y negentropía social; a saber:

- ❖ **Flujo de información.** La información es una variable física medible, fundamental para coordinar los componentes de un sistema complejo y reducir la entropía (desorden) de los sistemas complejos.
- ❖ **Realidad viviente.** Criterios universales; por ejemplo, confianza, cooperación y adaptabilidad, que garantizan la supervivencia y el rendimiento de cualquier sistema complejo.
- ❖ **Gestión de la entropía.** Los sistemas complejos minimizan la entropía, mediante la negentropía, para mantener la funcionalidad, ya que una entropía alta conduce a la ineficiencia o al colapso de esos sistemas.

- ❖ **Interacción de materia, energía e información.** Estos elementos forman una trilogía que sustenta la funcionalidad de los sistemas sociales, tecnológicos y biológicos.

Teniendo como referencia estos principios, la condición de estado disfuncional o funcional, en sistemas complejos, puede ser determinada a través de los siguientes modelos:

$$(m - i) > r \rightarrow \Delta S > 0 = \text{Sistemas Disfuncionales (Van CAMPEN, 2024b)} \quad \text{Ec. 1}$$

$$(m - i) \leq r \rightarrow J > 0 = \text{Sistemas Funcionales (Van CAMPEN, 2025a)} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

m = Masa o materia; en términos de energía o recursos. Incluye todo lo que se pueda percibir como masa; por ejemplo, un agroecosistema, los sistemas sociales urbanos, periurbanos o rurales, los entes gubernamentales, las empresas, entre otros.

i = Eficiencia, conocimiento o coordinación dentro del sistema. Se asume como el grado de certeza o de incertidumbre que se tiene sobre la metaestabilidad de los procesos-respuesta, asociados con los ingresos, egresos y transformaciones de la materia (masa), la energía y la información, dentro y entre los sistemas complejos.

r = Define el contexto o límites ambientales de la realidad cotidiana. Dentro de esta variable compleja, se establece el balance de los procesos-respuesta que determinan el umbral de metaestabilidad de los sistemas sociales, en términos de su capacidad de carga, límites de elasticidad y resiliencia, tendencias evolutivas hacia la sostenibilidad o hacia la insostenibilidad; es decir, tal como se experimenta, se acepta o se percibe.

La condición del sistema será **disfuncional (Ec.1)**, si y solo si, su **variación de entropía (ΔS)** es mayor a cero ($\Delta S > 0$); lo cual ocurre cuando la masa y la cuantía o calidad de la información, dentro y fuera del sistema social, no se ajustan a la realidad, por lo que $(m - i) > r$, produciendo un mayor desorden e incoherencia entre los componentes de la sociedad, lo que conduce al caos, al desperdicio de materia y energía y, por último, al colapso social. Por el contrario, el comportamiento **funcional (Ec.2)** de un sistema complejo será expresión de su **negentropía ($J > 0$)**; lo cual ocurre cuando la masa y la cuantía o calidad de la información, dentro y fuera del sistema, se acoplan dentro de la realidad, por lo que $(m - i) \leq r$, permitiendo el surgimiento de una mejor estructura organizativa que maximiza la eficiencia en la dinámica de la materia, la energía y la información dentro del sistema y su entorno, minimizando el desperdicio y el caos, transformando al sistema en un ente más resiliente, demostrando que la probabilidad (**J**) de negentropía es mayor a 0 ($J > 0$)

Según van CAMPEN (2024b y 2026)), el modelo de funcionalidad deriva de la ecuación de Einstein: $E = mc^2$ (Ec.3); la cual fue cambiada a la fórmula siguiente: $E = mic^2$

(Ec.4), donde **i** es la información que modifica la **Ec.3**, convirtiéndola en modelo crítico a partir del cual es posible estimar el grado de **disfuncionalidad** del sistema social, asociada con su **entropía** ($\Delta S > 0$), así como la valoración de la **funcionalidad** de la sociedad, relacionada con su **negentropía** ($J > 0$). En consonancia con este contexto, NIELSEN y MULLER (2023) acotan que, para un sistema complejo, como la sociedad, pueda expresar una adecuada funcionalidad, es necesario que mantenga un eficaz flujo de información dentro de él y su entorno.

Los modelos propuestos por Van CAMPEN (2024b, 2025a, 2025b y 2026) para determinar la disfuncionalidad (Ec. 1) y la funcionalidad (Ec.2), son eficaces para calcular la entropía y negentropía social, respectivamente. En efecto, Van CAMPEN (2025b), realizó un resumen sobre las ventajas de aplicar los modelos antes referidos, sustentados en la teoría de la entropía social, la termodinámica y el Modelo de Sistemas Viables (MSV), los cuales han sido utilizados en países como el Reino de Bután, demostrando que la cooperación comunitaria genera prosperidad compartida y felicidad plena en la sociedad.

2. Modelo del Índice de Calidad de Vida (ICV). En general, la calidad de vida de una persona o grupo familiar está referida, principalmente, con la vinculación de las condiciones de vida y la satisfacción personal, ponderadas por escalas de valores, aspiraciones y expectativas personales (CONTRERAS Y CORDERO, 1994).

De acuerdo a JAIMES *et al* (2016), la calidad de vida está asociada al buen vivir el cual ha sido objeto de una atención permanente en los temas del desarrollo social, económico y cultural; con el propósito de establecer un equilibrio entre la cantidad de seres humanos, los recursos disponibles y la protección del medio ambiente. El interés por la calidad de vida ha existido desde hace varias décadas; sin embargo, la aparición del concepto como tal y la preocupación por su evaluación sistemática y científica es relativamente reciente.

El modelo de ICV es una propuesta de CONTRERAS Y CORDERO (1994), actualizada por JAIMES *et al.*, (2016) el cual consta de siete (7) factores (**A, B, C, D, E, F y G**); veintiún (21) variables y cincuenta y tres (53) sub-variables indicadoras. Cada factor agrupa tres (03) variables y éstas a su vez engloban entre una (01) y tres (03) sub-variables indicadoras. En la Tabla 3 se indican estos factores y las variables implícitas en cada uno de ellos. El modelo factorial del ICV, actualizado por JAIMES *et al.*, (2016), se indica en Ec. 5; a saber:

$$ICV = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (Ec.5)$$

Tabla 3. Factores y variables para el cálculo del ICV en áreas urbanas, periurbanas y rurales

Factores	Variables (*)
A = Fisiológico. Agrupa las variables que afectan biológicamente el organismo de las personas.	A-1. Alimentación y nutrición A-2. Salud y bienestar físico A-3. Sanidad ambiental
B = Psicosfisiológico. Abarca las variables que afectan psicológica y fisiológicamente el organismo de las personas.	B-4. Condiciones de la vivienda B-5. Estética ambiental B-6. Descanso y recreación
C = Desarrollo cultural. Toma en cuenta la participación de las personas en actividades comunitarias.	C-7. Desarrollo de aptitudes y capacidades C-8. Participación efectiva en la comunidad C-9. Trabajo adecuado a las aptitudes de la persona
D = Condicionamiento psicosocial. Considera las variables que afectan psicosocialmente la relación de las personas con su entorno comunitario.	D-10. Relaciones interpersonales D-11. Seguridad individual y colectiva D-12. Estima socio-cultural y pertenencia
E = Dependencia ecológico-ambiental. Reflejan la relación armoniosa del hombre con su entorno vivencial según sus demandas de materia y energía.	E-13. Productividad del entorno E-14. Estabilidad del entorno E-15. Criterio de uso de los recursos naturales
F = Vulnerabilidad y riesgos. Variables que definen la susceptibilidad de incrementar la probabilidad de sufrir daños ante la ocurrencia de una amenaza.	F-16. Vulnerabilidad psicofísica F-17. Vulnerabilidad social F-18. Vulnerabilidad socioeconómica
G = Derechos ciudadanos. Hacen referencia a las libertades que se otorgan a las personas, reconocidas por el Estado a través de la Constitución y leyes.	G-19. Ejercicio de derechos G-20. Defensa de derechos G-21. Deberes y responsabilidades

Fuente: JAIMES *et al* (2016). (*) Para conocer la definición de las 21 variables y la enunciación de las 53 subvariables indicadoras, se sugiere consultar a JAIMES *et al* (2016).

Para valorar las variables y sub-variables indicadoras se utiliza el modelo de escalamiento tipo LIKERT, citado por PALELLA Y MARTINS (2006), basado en cinco valoraciones enteras, entre (1) y (5) en orden descendente, utilizando palabras clave como las siguientes: **(5) Siempre; (4) Casi siempre; (3) Frecuente; (2) Pocas y (1) Nunca**; a los fines de precisar la frecuencia en que las personas consultadas en la comunidad bajo estudio son capaces de apreciar los niveles de vida, de acuerdo a tales afirmaciones o juicios de valoración. Los modelos de baremos para tales consultas están indicados en JAIMES *et al.*, (2016). La determinación del ICV es mediante la ponderación de los valores medios obtenidos para cada subvariable y variable, según la escala de LIKERT y luego aplicar el modelo de la Ec. 5. Finalmente, para conocer el nivel de la calidad de vida se debe utilizar la escala de valores indicada en la Tabla 4.

Tabla 4. Rangos de valoración de los ICV para la calificación del nivel de calidad de vida

RANGOS DEL ICV	CALIFICACIÓN
78.125 - 42.251	Excelente
42.250 - 16.385	Muy buena
16.384 - 8.769	Buena
8.768 - 2.188	Regular
2.187 - 1.187	Mala
1.186 - 145	Muy mala
144 - 1	Colapso

Fuente: RAYMUNDO, JAIMES Y MORALES (2018)

La validez y eficacia del modelo de calidad de vida indicado por la Ec. 5, fue verificada por investigaciones desarrolladas por CARBALLO (2016), JAIMES *et al.*, (2016), AGUILAR (2017), AGUILAR, JAIMES Y PAREDES (2019), BRIZUELA (2018), RAYMUNDO (2017), RAYMUNDO, JAIMES Y MORALES (2018).

3. Modelo de Bailey (1990). Es un modelo para el estudio de la entropía social a través de la aplicación de los principios termodinámicos a sistemas sociales, evaluando cómo el

desorden (entropía) aumenta con la complejidad, el consumo de energía y la ineficiencia. Se utiliza para analizar la sostenibilidad, la desigualdad económica, la gestión burocrática y el deterioro de la cohesión política. Según Van Campen (2026), el modelo de Bailey (1990) encuentra su contraparte operativa en la formulación explícita de la ley de la entropía ($\Delta S > 0$), a medida que aumenta el desorden, y en el principio de la funcionalidad de una sociedad ($J > 0$), como organización negentrópica activa.

En esencia, este modelo sostiene que las sociedades luchan constantemente contra la entropía social (S_s), a través del manejo eficaz de las variables poblacionales (P); de la información; (I); la calidad de vida (V); la organización y estructura institucional (O); la tecnología, ciencia e innovación (T) y el espacio territorial donde la sociedad está asentada (E). El modelo de Bailey (1990), se indica a continuación:

$$S_s = f(P, I, V, O, T, E) \quad \text{Ec. 6}$$

El modelo de Bailey (1990) y el de Calidad de Vida, indicado por la Ec. 5, están estrechamente vinculados porque valoran factores comunes a ambos modelos, lo cual significa que si una sociedad o comunidad cualesquiera exhibe un nivel de excelente condición de vida, lo más probable es que su entropía social sea nula o baja.

4. Teoría de la condensación social y su vinculación con la negentropía. Según lo antes indicado, la sociedad en orden es aquella que logra construir y mantener sus mecanismos de organización y de funcionalidad de manera eficiente y adaptable. Una sociedad que no puede hacerlo, tiende a sucumbir a la entropía, con consecuencias negativas como el aumento de la desigualdad y la conflictividad social.

Para comprender la visión expuesta en este criterio, es importante conocer la teoría de la condensación social de FRÖHLICH (Laser Social), citado por KHRENNIKOV (2023), que es una herramienta adecuada para el estudio de procesos-respuesta sociopolíticos complejos. La premisa que orienta la validez del modelo de FRÖHLICH es la de comprobar que a mayor condensación más elevada será la estabilidad sociopolítica, ya que no hay restricciones en el libre flujo de la información, por lo tanto, más robusta será la expresión de la metaestabilidad social.

La "condensación social" es una teoría que aplica el concepto biológico de FRÖHLICH a la vida en sociedad, relacionándola con el modelo de "Laser Social". Esta teoría postula que las interacciones sociales podrían generar oscilaciones colectivas y coherentes de información, provocando un comportamiento grupal ordenado y sincronizado. Se basa en la idea de que las sociedades de información abierta, al igual que los sistemas biológicos en condiciones de no equilibrio, pueden alcanzar un estado de "condensación" similar a un láser, con emisiones de información coherentes a gran escala. KHRENNIKOV (2022), resumió las ideas-clave asociadas con esta teoría; en los términos siguientes:

- ❖ **Condensación de FRÖHLICH:** Es un concepto biológico según el cual un sistema de osciladores sociales (similares al de las biomoléculas en una célula) puede producir oscilaciones colectivas y coherentes en un estado de no equilibrio cuando se le aplica una fuente de energía.
- ❖ **Laser Social:** Es la teoría que aplica la condensación de FRÖHLICH a las sociedades de información. Postula que, en lugar de los fotones de un láser, las interacciones sociales y la información compartida pueden actuar como la energía coherente, capaz de estimular el orden social negentrópico.
- ❖ **Oscilaciones colectivas:** Las interacciones sociales sincronizadas son generadoras de un patrón de oscilaciones colectivas, similares a las que se observan en los sistemas bióticos lejanos del equilibrio.
- ❖ **Emisiones de fotones intercelulares:** La teoría sugiere que la comunicación y la coherencia social podrían manifestarse a través de emisiones de información (análogas a fotones) entre individuos de forma no térmica y no química.
- ❖ **Estabilidad del orden social:** El modelo busca explicar cómo el orden social puede mantenerse y organizarse a través de la condensación social y las interacciones coherentes entre individuos; en consecuencia, la estabilidad se logra mediante el "calentamiento social"; contrariamente a la noción de que la estabilidad social requiere "enfriamiento" o aislamiento, como sucede en regímenes autoritarios.

Con base en las ideas-clave antes puntualizadas, KHRENNIKOV (2023), enfatizó que los tres procesos-respuesta que destacan a una sociedad moderna, democrática y liberal-libertaria, son:

- i) **Transformación** de las personas en "átomos sociales", es decir, entes que disminuyen su especificidad o individualidad, incrementando en el todo social la Indistinguibilidad;
- ii) **Generación** de poderosos campos de información, a través de los medios de comunicación, con el propósito de potenciar y legitimar la información veraz, oportuna y adecuada en el seno de la sociedad y,
- iii) **Innovación** de potentes resonadores (amplificadores) sociales con el fin de reproducir, de manera coherente y consistente, el poder de la información y la comunicación social a través de todos los medios de transmisión posibles, principalmente internet.

En síntesis, este modelo sugiere que la estabilidad en sociedades abiertas se logra mediante un calentamiento social constante a través del mantenimiento de un flujo eficaz y efectivo de información que combine, conscientemente, noticias variadas, pertinentes y verdaderas.

El modelo de condensación de FRÖHLICH (Laser Social), citado por KHRENNIKOV (2022), es considerado una propuesta teórica que podría ser útil para la conservación del orden en sistemas biológicos, similar a la idea formulada por SCHRÖDINGER (1944) sobre el consumo de entropía

negativa del entorno. No se conocen trabajos de validación de este modelo en los sistemas sociales.

5. Modelo de Jaimes (1988). A diferencia de los cuatro modelos antes referidos, este modelo es eficaz para determinar valores de entropía y negentropía social toda vez que está fundamentado en el concepto de Entropía Propia ($S^{\circ}p$) de los sistemas complejos, la cual puede ser calculada a través del Índice de Homogeneidad Multivariado (IHM), utilizando el Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierra (SIAHT), definido y diseñado por DAZA y ELIZALDE (1988), actualizado por JAIMES *et al* (2022).

Para conocer las bases teórico-metodológicas de este modelo se sugiere ver el trabajo de JAIMES CÁRDENAS (2024). Las validaciones del IHM están referidas por: JAIMES *et al* (2005), JAIMES *et al* (2006), JAIMES *et al* (2012), LARREAL *et al* (2012), PINEDA *et al* (2006), PINEDA *et al* (2008) y PINEDA *et al* (2012).

La ventaja del modelo de JAIMES (1988) es que permite conocer la incidencia de la entropía y la negentropía de manera simultánea, entre y dentro de los sistemas complejos y sus correspondientes subsistemas. La premisa para comprobar esta incidencia se sustenta en el criterio según el cual el sistema o subsistema que exhiba el mayor valor del IHM es el que tendrá mayor tendencia hacia la entropía, mientras que un menor valor de IHM será expresión de una mayor negentropía (JAIMES *et al*, 2026).

En general, todo sistema complejo que exhiba una alta homogeneidad multivariada mostrará tendencia a expresar baja metaestabilidad debido a su alta entropía. Por el contrario, a mayor heterogeneidad multivariada la tendencia evolutiva del sistema estará determinada por una dinámica dominada por la negentropía; en consecuencia, mostrará mayor metaestabilidad. Es importante recordar aquí lo indicado por, DINGA *et al.*, (2020), quienes destacan la importancia de conocer la relación inversa **homogeneidad / heterogeneidad** que caracteriza la metaestabilidad o tendencia evolutiva de los sistemas complejos, incluido los sociales.

E. BALANCE ENTROPÍA ↔ NEGENTROPÍA SOCIAL EN VENEZUELA. En Venezuela se han vivido dos épocas con contrastes socio-políticos, económicos, culturales y educativos los cuales han caracterizado a dos modelos de desarrollo: uno democrático-social (1958-1998) y otro socialista-autoritario (1999-2025). Las características entrópicas y negentrópicas, se explicitan a continuación:

1. Modelo democrático-social en Venezuela durante el periodo 1958-1998. Este modelo se fundamentó en un acuerdo entre los principales partidos políticos: Acción Democrática (AD) y COPEI, los cuales se opusieron a la dictadura militar que se instauró en Venezuela entre los años 1952 y 1958; creando un sistema bipartidista que se conoció como el Pacto de Punto Fijo, cuyo propósito era evitar la hegemonía de cualquier partido político. Este acuerdo estableció las bases para la estabilidad política inicial con el fin de equilibrar el desarrollo económico y el bienestar social, no

obstante, también exacerbó desigualdades debido a la dependencia en la distribución de la riqueza petrolera; entre otras causas, conduciéndolo a enfrentar desafíos significativos durante su vigencia de 40 años.

Estos retos se pusieron en evidencia en los lapsos siguientes: **i) 1961-1969**, en el cual se expresó una fuerte lucha irregular apoyada por partidos de orientación marxista-leninista; **ii) 1976-1981**, periodo en el cual la nacionalización de la industria petrolera incentivó una bonanza petrolera extraordinaria, que fue mal administrada por el Estado; **iii) 1982-1983**, instauración del régimen de cambio monetario en divisas (RECAD), que dio inicio al proceso de devaluación de la moneda venezolana, la cual aún se mantiene con tasas cambiarias astronómicas y **iv) 1989-1992**, lapso en el cual ocurrieron levantamientos civiles y militares muy violentos: una es conocida como “el Caracazo” (febrero de 1989) y la otra que combinó dos intentos de golpes de Estado, impulsado por militares activos (febrero y noviembre de 1992).

Salvo en los lapsos antes indicados, se puede afirmar que, en la sociedad venezolana, durante los 40 años de la democracia social, tuvo lugar una metaestabilidad social, económica, política, cultural, educativa, institucional y, en general, ecológico-ambiental a favor del orden negentrópico, cuyas principales características fueron las siguientes:

- ❖ **Pacto Político:** El Pacto de Punto Fijo (1958) fue el acuerdo fundamental que estableció las reglas para la convivencia democrática y la alternancia en el poder entre AD y COPEI. Se comprometieron a defender la constitucionalidad, evitar la exclusión y mantener la estabilidad política. La democracia bipartidista y representativa se limitó principalmente a la alternancia de los dos partidos principales en el gobierno. La participación ciudadana quedó restringida a las elecciones presidenciales y legislativas nacionales, excluyendo a sectores populares e indígenas y limitando el control sobre las decisiones del Estado.
- ❖ **Estado de Bienestar Petrolero:** El modelo dependió de los ingresos de la renta petrolera para financiar un Estado intervencionista y de bienestar. El gobierno promovió el crecimiento económico a través del modelo de sustitución de importaciones.
- ❖ **Sistema Clientelar y Corporativista:** La distribución de la renta petrolera se usó para crear una red de beneficios sociales y subsidios, generando lealtad política a cambio de favores y perpetuando la dependencia de los ciudadanos con respecto al Estado, el cual después de la nacionalización en 1976 mostró una postura nacionalista y anti-imperialista.

Adicionalmente, entre los procesos que fueron determinantes para la manifestación de la entropía social en el seno del modelo democrático-social, antes caracterizado, se pueden indicar los siguientes:

- ❖ **Clientelismo y corrupción:** La distribución discrecional de los recursos petroleros generó clientelismo y facilitó la corrupción, iniciando el

debilitando las instituciones y de la capacidad de contraloría ciudadana.

- ❖ **Exclusión social:** El modelo democrático-social, que comenzó a devenir en oligárquico y clientelar, creó una brecha entre las élites político-empresariales-financieras y los sectores populares, evidenciada en movimientos de protesta y guerrillas en las décadas de 1960 y 1980. Por otro lado, a pesar de los avances sociales, los sectores que concentraban el poder político y económico, permitiendo que el 5% más rico concentraba el 28% del ingreso nacional en 1989.
- ❖ **Debilitamiento de los Partidos políticos y la intensificación de la decoherencia social:** Con el tiempo, los partidos tradicionales perdieron legitimidad. La falta de institucionalidad y la debilidad de los partidos fueron un preludio a la crisis del sistema, la cual se incrementó entre los años 1993 y 1998.

Para conocer más detalles de este periodo, se sugiere consultar las siguientes fuentes: BREWER-CARÍAS (2011); GONZÁLEZ F. (2006); MOLINA Y PÉREZ (1998) y RED INTERNACIONAL DEL COLECTIVO (RIC-2025)

2. Modelo socialista-autoritario en Venezuela durante el periodo 1999-2025. El modelo socialista-autoritario en Venezuela se caracterizó por la implantación de un sistema político y económico diseñado con un enfoque en el mal llamado “Socialismo del Siglo XXI” que implicó un control férreo y progresivo de los poderes públicos, consolidando un gobierno de partido hegemónico, limitando los espacios a la oposición democrática su participación electoral, manteniendo un sistema de persecución y represión policial-militar que ha hecho que la Corte Penal Internacional (CPI) esté investigando desde el año 2014 la violación flagrante de los derechos humanos que han afectado directamente a más de nueve mil personas, quienes han aportado pruebas fehacientes, documentadas, comprobadas y certificadas por la misma CPI.

En general, las características clave de este modelo de Socialismo del Siglo XXI, incluyen el control estatal de la economía, la expropiación abusiva de bienes y recursos productivos de propiedad privada, además de un creciente autoritarismo político, policial y militar. En lo específico, los aspectos más importantes se puntualizan a continuación:

- ❖ **Ineficacia de los poderes públicos.** La Constitución de 1999 estableció cinco poderes públicos (Ejecutivo, Legislativo, Judicial, Ciudadano y Electoral). A lo largo del periodo 1999-2025, la consolidación del poder se concentró en los poderes ejecutivo, judicial, legislativo y electoral, a tal punto que las únicas decisiones que tienen valor legal son las que emanan del ejecutivo nacional, convirtiéndolo en un régimen tiránico-dictatorial.
- ❖ **Liquidación de la democracia e implantación del Socialismo del Siglo XXI.** Si bien en los primeros tres años el régimen socialista mantuvo rasgos económicos propios de la democracia social, a partir del año 2003 inició la transformación del sistema productivo, enfocándose en el desarrollo endógeno y la satisfacción

de necesidades básicas. El objetivo era construir una sociedad basada en el control sobre los patrones de producción y consumo de los bienes y servicios, convirtiendo el modelo socialista en un Capitalismo de Estado Autoritario, el cual para finales de 2025 era un absoluto fracaso.

- ❖ **Restricción y violación de derechos civiles:** A consecuencia de la falta de espacio para la oposición y el control absoluto de las instituciones, han sido las principales razones que han limitado la capacidad de la sociedad para ejercer sus derechos democráticos y participar libremente en procesos electorales. En efecto, se han utilizado mecanismos para inhabilitar la participación electoral de las organizaciones opositoras, incluyendo la persecución, apresamiento, enjuiciamiento y liquidación de numerosos líderes y partidarios de organizaciones tildadas por el régimen socialista-autoritario como terroristas y golpistas.
- ❖ **Control político, autoritarismo y abuso de poder:** Las decisiones políticas lograron afianzar el poder de un régimen político-policial-militar, utilizando el sistema legislativo, judicial y electoral como herramientas para “legitimar” o “legalizar” acciones arbitrarias, antidemocráticas y dictatoriales, con el propósito de lograr la perpetuación ilegítima en el poder gubernamental.
- ❖ **Estado fallido:** El modelo socialista-autoritario fue sostenido inicialmente por los altos precios del petróleo; no obstante, a partir de 2016 condujo a una severa crisis económica caracterizada por hiperinflación, escasez de bienes y degradación en la prestación de servicios públicos básicos, lo cual condujo al colapso de la producción nacional, lo que a su vez generó una severa crisis humanitaria y la emigración masiva de más de 9 millones de personas, que representa casi la tercera parte de la población venezolana.
- ❖ **Populismo exacerbado:** Estuvo fundamentado en la implementación de amplios programas sociales, conocidos como “misiones”, centrados en áreas como salud, educación y vivienda, financiados con la renta petrolera para redistribuir la riqueza y generar apoyo popular. Este populismo fracasó de manera estrepitosa.
- ❖ **Incumplimiento de acuerdos con la oposición:** Entre 2014 y 2024 el modelo socialista-autoritario desconoció acuerdos político-electorales, reconocidos por gobiernos garantes de esas negociaciones como fue el caso de EEUU, Noruega, Francia, México, Canadá, Brasil, Barbados y el Vaticano, además de organismos internacionales como la ONU, la OEA y la UE. En efecto, se realizaron 7 reuniones de acuerdos que enfatizó mecanismos de resolución de conflictos basado en consensos, los cuales fueron incumplidos por el régimen autoritario.

Las características antes indicadas, son la expresión de un modelo social, político, económico, educativo, cultural y ecológico-ambiental que ha destruido significativamente la capacidad productiva, institucional y humana en Venezuela, configurando un “Estado-República-Sociedad”

completamente **FALLIDO**, lo cual permite determinar que la población venezolana, durante los últimos 27 años, ha estado signada por el caos y el desorden social; en consecuencia, el balance entropía-negentropía social está claramente a favor de la entropía social.

Las principales causas de este caos social fueron las siguientes: **i)** Control estatal de la economía; **ii)** Políticas de apoyo a la propiedad estatal o colectiva a expensas de la privada; **iii)** Concentración del poder político-militar y control de las instituciones públicas y privadas; **iv)** Asociación con la delincuencia común, política y mafias del narcoterrorismo y **v)** Devastación ecológico-ambiental en toda la Amazonía venezolana y otras regiones del país.

Se sugiere la consulta de los siguientes autores, trabajos o redes de información para precisar en detalle otros aspectos significativos del desastre político, social y económico originado por el modelo socialista-autoritario en perjuicio de la República de Venezuela, entre 1999 y 2025; entre los que se citan a continuación: OSORIO (2019), ROJAS (2024), FERMIN, SOTELDO (2014) y RED INTERNACIONAL DEL COLECTIVO (RIC-2025).

F. SITUACIÓN SOCIO-POLÍTICO-ECONÓMICO EN VENEZUELA DESDE ENERO DEL AÑO 2026.

A raíz de la operación militar, **Resolución Absoluta** (ARELLANO, 2026), llevada a cabo por Estados Unidos de Norteamérica (EEUU), el 03 de enero de 2026, en Venezuela se comenzó una transición socio-política-económica, tutelada por el Gobierno de EEUU, consistente en el desarrollo de tres fases:

1. Estabilización del país y la restauración de la seguridad;
2. Recuperación de la economía para el beneficio de todos los venezolanos y
3. Transición hacia una Venezuela, próspera, amigable, estable y democrática.

Se estima que durante la manifestación de los procesos-respuestas implícitos en las dos fases iniciales del periodo de transición antes indicado, se expresen características más propias de la entropía social; no obstante, también se espera que el orden, la coherencia y la resiliencia social, propios de la negentropía, comiencen a visualizarse durante el desarrollo de la tercera fase.

G. CONCLUSIONES GENERALES.

El orden social no es un estado estático, sino que requiere un esfuerzo constante de mantenimiento. La entropía social puede verse como un proceso natural de "desgaste" de las estructuras a lo largo del tiempo, especialmente cuando no se adaptan a los cambios internos y externos.

Las teorías del conflicto argumentan que el "orden social" a menudo representa el mantenimiento del *statu quo* que beneficia a los grupos dominantes. En este sentido, lo que se etiqueta como "entropía" o "desorden" por las élites puede ser, en realidad, una resistencia o un intento de cambio por parte de grupos marginados que buscan un sistema más equitativo.

Un orden social excesivamente rígido puede, paradójicamente, aumentar la entropía a largo plazo al impedir la adaptación y la innovación. Las sociedades necesitan un equilibrio dinámico que permita cierto grado de "desorden controlado" o cambio social para evolucionar y evitar un colapso sistémico.

La percepción de si una sociedad está "en orden" o experimenta "entropía" a menudo depende de la posición social del observador. Lo que para unos es estabilidad, para otros puede ser opresión o estancamiento.

Este análisis sugiere que ni la entropía social total ni el orden comunitario absoluto son sostenibles indefinidamente, ya que las sociedades sanas transitan constantemente entre la necesidad de la cohesión y estructura social, a través del orden negentrópico, y la amenaza de la decoherencia y la degradación colectiva, mediante la entropía social.

H. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, M. 2017. Modelo de deterioro de la calidad del agua de la subcuenca del río Tinaquillo, cuenca del río Tinaco, estado Cojedes, Venezuela. Tesis de Doctorado. UNELLEZ-VIPI. Coordinación de Postgrado en Ambiente y Desarrollo. Cojedes, Venezuela. 183 p.
- AGUILAR, M. E. JAIMES & F. PAREDES. 2019. Deterioro socio-ambiental y calidad de agua del río Tinaquillo, estado Cojedes, Venezuela Revista Geográfica Venezolana 60 (2): 58-72.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/46057/articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANAYA, C. 2024. ¿Por qué las sociedades se desintegran? El Concepto de Entropía Social y Cómo Evitarlo-01-2026. https://www.academia.edu/124143069/Por_Qu%C3%A9_las_Sociedades_se_Desintegran_El_Concepto_de_Entrop%C3%ADa_Social_y_C%C3%B3mo_Evitarlo Consultado el 01-12-2025.
- ARDILA, R. 2003. Calidad de vida: una definición integradora. Revista Latinoamericana de Psicología, vol. 35, N° 2, Fundación Universitaria Konrad Lorenz, pp. 161-164. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80535203> (Consultado el 24-11-2025).
- ARELLANO, R. J. L. 2026. La lógica histórica detrás de la Operación Resolución Absoluta. Foreign Affairs Latinoamérica. Una colaboración del Centro de Enseñanza y Análisis sobre la Política Exterior de México (CESPEM). <https://revistafal.com/la-logica-historica-detras-de-la-operacion-resolucion-absoluta/> Consultado el 31-01-2026.
- BAILEY, K. D. 1990. Social entropy theory. Albany, N.Y.: State University of New York Press. Disponible en: <http://archive.org/details/socialentropythe0000bail> Consultado el 20-11-2025.
- BERTALANFFY L. V. 1968. *General System Theory*. London, UK: Penguin.
<<https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf>>
- BOHM, D. 1980. *La totalidad y el orden implicado*. ISBN: 978-84-7245-178-0. Ed. Kairos, Barcelona. 305 p.

- BREWER-CARÍAS A. R. 2011. La institucionalidad democrática (1958-1998). Disponible en: <https://allanbrewercarias.com/wp-content/uploads/2011/06/676.-660-La-institucionalidad-democr%C3%A1tica-1958-1999.doc.pdf> Consultado el 15-11-2025.
- BRITANNICA. 2021. Funcionalismo-Psicología. Consultado el 15-12-2025, en: <https://www.britannica.com/science/functionalism-psychology>
- BRIZUELA, M. 2018. Escenarios estratégicos de indicadores de calidad de vida para la construcción de políticas públicas. caso: municipio Tinaquillo. Cojedes. Venezuela. Tesis de Doctorado. UNELLEZ-VIPI. Coordinación de Postgrado en Ambiente y Desarrollo. Cojedes, Venezuela. 211 p.
- CARBALLO. N. 2016. Aporte metodológico para evaluar indicadores de calidad de vida en comunidades del estado Cojedes, Venezuela. Tesis de Doctorado. UNELLEZ-VIPI. Coordinación de Postgrado en Ambiente y Desarrollo. Cojedes, Venezuela. 162 p.
- CONTRERAS, M. H. & A. CORDERO. 1994. Ambiente, Desarrollo Sustentable y Calidad de Vida. Caracas, Venezuela. 269 p.
- DINGA E, C.R. TĂNĂSESCU & G.M. IONESCU. 2020 Social Entropy and Normative Network. Entropy (Basel); 22(9):1051. doi: 10.3390/e22091051. PMID: 33286820; PMCID: PMC7597123. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7597123/> Consultado el 10-11-2025.
- DAZA, M y G. ELIZALDE. 1988. Programa IH para la determinación del índice de homogeneidad múltiple mediante microcomputadoras. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Mimeografiado. 20 p. Inédito
- FERMIN. E. F. & J.P. SOTELDO. A. 2014. El socialismo bolivariano en Venezuela: construcción de un modelo de desarrollo socio-económico. DOI: 10.5102/uri.v12i1.2602. Universitas Relações Internacionais, Brasília, v. 12, N° 1, p. 61-72. Consultado el: 15-09-2025.
- GONZÁLEZ, F. 2006. 40 Años de Democracia Económica, Social y Política en Venezuela (1959 – 1999). Disponible en: <https://iaedpg.edu.ve/wp-content/uploads/2023/09/Gonzalez-40-anos-de-democracia.pdf> Consultado el 01-11-2025
- GONZÁLEZ, P., G. M. 2020. Caracterización de la movilidad compartida de las empresas de redes de transporte en México: entropía, homeostasis, negentropía. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. Versión On-line. ISSN 0718-3305. Vol.28. N° 4. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000400731&script=sci_arttext
- JAIMES, E. Y. RAMOS, N. PINEDA y E. L. JAIMES. 2026. Entropía y negentropía: una revisión teórica y metodológica. Aceptado para publicación en INTERCIENCIA. Vol.51. pp 9.
- JAIMES CÁRDENAS, E. J. 2024. Complejidad y homogeneidad multivariada. Bases termodinámicas. Boletín Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, 65: 170-219
- JAIMES E., J. MENDOZA, N. PINEDA y H. RODRÍGUEZ. 2005. Homogeneidad pedogeomorfológica y pedogénesis en la cuenca del río Motatán, Trujillo, Venezuela. Intervención 30 (2): 73-80. <<https://www.redalyc.org/pdf/339/33910104.pdf>>
- JAIMES, E., N. PINEDA y E. L. JAIMES. 2022. Automated Information System for Land Homogeneity (AISLH). Environmental Science Ecology: Current Research 3: 1055. <<https://www.corpuspublishers.com/assets/articles/esecrv3-22-1055.pdf>>
- JAIMES, E., N. PINEDA y J. MENDOZA. 2006. Homogeneidad mesoclimática de algunas zonas de vida de Venezuela. Intervención 31 (11): 772-778. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001100002
- JAIMES, E., N. PINEDA y M. LARREAL. 2012. Homogeneidad morfológica de series de suelos, altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina. <<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/homogeneidad-morfologica-series-suelos-t30967.htm>>
- JAIMES, E. 1988. Determinación de Índices de Homogeneidad Múltiples Globales en Sistemas Pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía del Litoral Central. Tesis de Doctorado. Fac. Agronomía. UCV. 226p + Anexos. <<https://www.researchgate.net/publication/303208697>>
- JAIMES, E. R. ORELLANA, M. REIBAN y J.C. GONZÁLEZ. 2016. Análisis de la calidad de vida en el Cantón Dég, Provincia del Cañar-Ecuador. Revista Venezolana de Gerencia (RVG). Año 21. N° 75, 460 – 488. Universidad del Zulia (LUZ) ISSN 1315-9984
- JIMENEZ. I., J. A. 2025. Del orden al desorden social la entropía como metáfora política. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/395943069_Del_orden_al_desorden_social_la_entropia_como_metafora_politica Consultado el 10-12-2025.
- KHRENNIKOV, A, 2022. Order stability via FRÖHLICH condensation in bio, eco, and social systems: The quantum-like approach. Biosystems. Volume 212. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2021.104593>
- KHRENNIKOV, A. 2023. Open Systems, Quantum Probability, and Logic for Quantum-like Modeling in Biology, Cognition, and Decision-Making. Entropy (Basel). 1;25(6):886. doi: 10.3390/e25060886. PMID: 37372230; PMCID: PMC10296982. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10296982/>
- KOUTSOYIANNIS, D. & G. FIVOS. 2021. Entropy and Wealth. Entropy 23, 1356. <https://doi.org/10.3390/e23101356> Disponible en: <https://www.mdpi.com/journal/entropy> Consultado el 15-12-2025.
- LARREAL, M.; E. JAIMES & N. PINEDA. 2012. Homogeneidad físico-química de series de suelos, altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Argentina. <<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/homogeneidad-fisico-quimica-series-suelos-t30966.htm>>

- MOLINA., J.E. y PÉREZ B. C.1998. Luces y sombras de la democracia venezolana. A 40 años del 23 de enero. Nueva Sociedad Nro. 154, pp. 34-41. Disponible en: https://static.nuso.org/media/articles/downloads/2665_1.pdf Consultado el 10-11-2025
- MORENO, A. A. 2009. Entropía, información y caos social en Venezuela. Disponible en <https://teodulopezmelendez.wordpress.com/2009/04/21/entropia-informacion-y-caos-social-en-venezuela/> Consultado el 15-10-2025.
- MORIELLO, S., A. 2013. *Investigación: Sistemas Complejos. Red Científica* <<https://fcvinta.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/sistemas-complejos.pdf>>
- NIELSEN, S. N., y F. MÜLLER. 2023. The Entropy of Entropy: ¿Are We Talking about the Same Thing? Entropy, 25(9), 1288. <https://www.mdpi.com/1099-4300/25/9/1288><https://doi.org/10.3390/e25091288>
- NIELSEN, M. A. Y CHUANG, I. L. 2010. Quantum Computation and Quantum Information. 10th Anniversary Edition. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. 710 p. Disponible en: <https://profmcruz.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/08/quantum-computation-and-quantum-information-nielsen-chuang.pdf> Consultado el 10-06-2025 Consultado el 10-06-2025.
- OSORIO B., L. F. 2019.El socialismo totalitario en Venezuela: pobreza y control social. Iberoforum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana, vol. XIV, N°: 28, pp. 126-158. Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2110/211062849006/> Consultado el 12-11-2025.
- PALELLA, S. Y M. FELIBERTO. 2006. Metodología de la investigación cuantitativa. Editorial FEDUPEL, Caracas. Venezuela. 253 p
- PALOMBA R. 2002. Calidad de Vida: Conceptos y medidas. Institute of Population Research and Social Policies. Roma, Italia. Disponible en: http://www.cepal.org/celade/agenda/2/10592/envejecimientor1_ppt.pdf.(Consultado el 26-02-2015)
- PINEDA, N., E. JAIMES y J. MENDOZA. 2006. Aplicación del índice de homogeneidad múltiple a datos climatológicos de Venezuela. *Intervención* 31 (11): 817-821. <https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001100008>
- PINEDA, N., E. JAIMES, J. MENDOZA, R. ARELLANO, L. BECERRA y H. RODRÍGUEZ. 2008. Homogeneidad pedogeomorfológica asociada con las formaciones geológicas y zonas de vida de la microcuenca del río monaquito, Trujillo, Venezuela. *Bioagro*, 20(1), 49-56. <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000100006&lng=es&tlng=es>
- PINEDA, N., Y. GARCÉS, E. JAIMES, J. MENDOZA y H. RODRÍGUEZ. 2012. Homogeneidad pedogeomorfológica en laderas de alta montaña, subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela”. *Rev. Fac. Agron.* 29(2):228-247. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27054/27678>
- RAYMUNDO, M. 2017. Modelo para valorar calidad de vida de los egresados del Programa Nacional de Aprendizaje del INCES, estado Cojedes. Venezuela. Tesis de Doctorado. UNELLEZ-VIPI. Coordinación de Postgrado en Ambiente y Desarrollo. Cojedes, Venezuela. 193 p.
- RAYMUNDO, M. E. JAIMES Y P. MORALES. 2018. Calidad de vida de los egresados del Programa Nacional de Aprendizaje del INCES Cojedes, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela”. *Revista Geográfica Venezolana* 59 (1): 58-72. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/44696/art6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- RED INTERNACIONAL DEL COLECTIVO (RIC-2025). Por la Historia que tendrá que ser. Disponible en: <https://redinternacionaldelcolectivo.blogspot.com/>
- ROJAS ÁLVAREZ, M. A. (2024). Transición político-institucional en Venezuela 1999-2024: ¿Consolidación autoritaria o redemocratización? *Revista Mexicana De Análisis Político y Administración Pública*, 13(25), 149–179. <https://doi.org/10.15174/remap.v13i25.424> Consultado el 15-11-2025
- SCHRÖDINGER, E. 1944. *¿Qué es la vida?*, epublibre. Metatema-1. Traducción: Ricardo Guerrero. Editor digital: Titivillus. Corrección de erratas: Griffin, Torrance y Wasona. España. 119 p. <https://drive.google.com/file/d/1u5dHNWNGq51PJpKQfKbJTUBvXUjOnKPh/view>
- Van CAMPEN A. 2024b. A General Law of Functionality: van Campen's Law. *Institute Physic of Information Letters*. Vol. 2 (3):35-60.
- Van CAMPEN, A. 2025a. Corrección a la ley general de funcionalidad de Van Campen. https://www.researchgate.net/publication/397439860_Erratum_A_General_Law_of_Functionality_VanCampen's_Law Consultado el 15-12-2025
- Van CAMPEN A. 2025b. Aplicación de los criterios de van Campen a todas las sociedades. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=8sU1h_bzVDE&t=673s Consultado el 10-12-2025.
- Van CAMPEN A. 2026. Proposal ‘not a theory of everything, but a theory for everything’. Disponible en: <https://groups.google.com/d/msgid/information-physics-institute/002801dca31a%242ce0a7f0%2486a1f7d0%24%40sustenance4all.com>. Consultado el 15-02-2026..

EL SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN VENEZUELA: Parques Tecnológicos como estrategia y la experiencia de la Universidad de Los Andes

Genry VARGAS CONTRERAS

La importancia de analizar la evolución del Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) de un país deriva de la definición que actualmente se utiliza para determinar el grado de riqueza y desarrollo de un país, definición que determina que es condición necesaria para lograr el desarrollo de un país la creación y desarrollo de un SNCTI y para respaldar esta afirmación nos basaremos en las siguientes premisas:

- **EL BIENESTAR INDIVIDUAL Y COLECTIVO COMO OBJETIVO DEL ESTADO.-** El hombre se organiza en sociedad como mecanismo para optimizar la producción de bienes y servicios que maximicen el bienestar individual y colectivo de sus miembros, razón por la cual se considera que el grado de riqueza y desarrollo de un país está directamente relacionado con el grado de bienestar individual y colectivo de la mayoría de la población.
- **INDICADORES DE RIQUEZA Y DESARROLLO DE UN PAÍS.-** En el pasado reciente, para medir los niveles de riqueza y desarrollo de un país se utilizaron indicadores economicistas, entre otros, el Producto Interno Bruto (PIB) y PIB per-cápita. Sin embargo, desde finales del siglo pasado, con los trabajos del premio Nobel de Economía Amartya Sen y otros investigadores sociales, se estableció que estos indicadores no reflejaban el grado de bienestar de los habitantes de un país y que era necesario utilizar una combinación de indicadores que reflejaran en su conjunto la capacidad del país para lograrlo, como medida del nivel de riqueza y el grado de desarrollo del mismo.
- **LA INNOVACIÓN Y LA COMPETITIVIDAD EN LA ERA DEL CONOCIMIENTO.-** En la denominada era del conocimiento el paradigma de la invención que era la base del desarrollo científico y tecnológico es reemplazado por el de la innovación, que establece la necesidad de vincular el sector académico con el sector productivo, enfatizando la creación de nuevos productos y procesos como respuesta a los requerimientos de la población, innovar es crucial para adaptarse y prosperar en un mundo globalizado que amplía el entorno competitivo. La integración acelerada de los avances tecnológicos en los procesos productivos reduce significativamente los ciclos de obsolescencia y quien no se incorpora a este proceso pierde competitividad y eficiencia.

De acuerdo con estas premisas, es obvia la necesidad de instaurar un proceso autosustentable de innovación basado en la aplicación del conocimiento científico para crear nuevo conocimiento y transformarlo en tecnología capaz de

producir cada vez más eficientemente los bienes y servicios para cuya producción posee ventajas comparativas, sustituyendo el principio de autoabastecimiento por el de competitividad en el mercado internacional y lograr insertarse en este mundo globalizado ventajosamente para alcanzar cada vez en mayor grado el bienestar de su población.

La imprescindible conformación de un SNCTI es posible apoyándose en un sólido trípode constituido por el cumplimiento eficiente de las funciones propias de cada uno de tres sectores: **GOBIERNO, PRODUCTIVO Y ACADÉMICO** y una relación armónica entre ellos,

En mi opinión, en Venezuela no se ha logrado construir un sólido SNCTI, desaprovechando una gran oportunidad de construirlo, pues contó en los últimos 100 años con una gran cantidad de recursos provenientes de la renta petrolera que facilitaban el fortalecimiento de cada uno de los tres sectores y la construcción de una eficiente red de interrelaciones armónicas entre ellos, para lograr un exitoso proceso de desarrollo del país.

Para caracterizar la realidad venezolana es importante considerar su condición de país rentístico dependiente de la renta petrolera internacional, condición determinante de esa realidad que ha permitido obtener inmensas cantidades de recursos provenientes del esfuerzo productivo de otros países, gracias al diferencial entre el costo de extracción, procesamiento y comercialización del petróleo y el precio internacional que depende fundamentalmente del desequilibrio entre oferta y demanda de los hidrocarburos como principal fuente de energía y que en el pasado ha tenido un comportamiento cíclico.

En forma esquemática podemos caracterizar la evolución de estos 3 sectores de la siguiente forma:

SECTOR GOBIERNO: Como beneficiario de los recursos de la renta petrolera internacional, este sector ha asumido una función distribucionista con un marcado sesgo proselitista que configura un ambiente favorable a una visión corto placista, sin continuidad en las políticas y generando un ambiente favorable a niveles crecientes de corrupción. Así mismo, la gran capacidad financiera le ha permitido ocupar los espacios naturales del sector productivo con marcada ineficiencia que ha sido tradicionalmente subsidiada por la renta petrolera internacional, descuidando su principal responsabilidad, que es garantizar las condiciones e incentivos que deriven en un desenvolvimiento eficiente de los sectores académico y productivo.

Intentando minimizar los efectos negativos de estas desviaciones, el Gobierno invirtió cuantiosos recursos en gasto corriente en medidas populistas y políticas proteccionistas contrarias a la elevación de los niveles de eficiencia y en detrimento de los gastos de inversión, lo que ha determinado un círculo vicioso que ha generado una creciente disminución de los niveles de eficiencia y competitividad y niveles crecientes de corrupción.

SECTOR PRODUCTIVO: Como consecuencia de la acción gubernamental antes descrita y las políticas de subsidio, el sector productivo, salvo contadas excepciones, ha perdido eficiencia y por ende competitividad en el mercado internacional y se ha replegado al limitado mercado interno dependiente en gran medida del gasto público por una combinación de una gran capacidad financiera del Estado, políticas proteccionistas que favorecen que este sector en una proporción significativa se reduzca a la actividades de distribución de bienes importados que se facilita por la sobrevaloración de la moneda nacional derivada de la renta petrolera. Así mismo, esta capacidad adquisitiva le ha permitido al sector, adquirir en el exterior las innovaciones a nivel internacional en detrimento del desarrollo propio.

SECTOR ACADÉMICO: En los primeros años del período democrático que se inicia en la década de los años 60 el sistema educativo se ve favorecido con una importante inversión para incorporar a grandes sectores de la población a un sistema educativo público y gratuito en todos sus niveles, con importantes proyectos de formación de personal, que generó una importante capacidad de investigación, sin vinculación importante con el sector productivo. En el sector de Educación Superior aparecen figuras como la Universidad Experimental, Universidad Territorial, Institutos Universitarios, como mecanismo de mayor control, por parte del sector gubernamental en el funcionamiento del sector de Educación Superior, convirtiendo al sector en el principal mecanismo de movilidad social, pero sin mayor conexión funcional con el sector productivo. Esta tendencia creciente se ve afectada a partir de la década de los años 80, cuando las fluctuaciones del mercado petrolero internacional genera fuertes desequilibrios en la economía y que generalmente se hacen evidentes a partir del denominado “viernes negro” cuando los niveles reales de inversión pública se hacen inestables pero con una clara tendencia a la disminución. Situación que profundiza el modelo distribucionista y el aislamiento con el sector productivo y otros sectores, que solo se relacionaban con el sector educativo acostumbrado a la obtención de servicios gratuitos financiados por el gasto público. Es importante señalar que amplios sectores del sector académico mantuvieron una resistencia a la natural y deseable interrelación con el sector productivo, partiendo de la premisa que la gestión económica estaba reñida con la misión pura de la actividad académica.

Para entender las causas del fracaso de construir un sólido SNCTI debemos considerar que la escasa relación entre el sector académico y el sector productivo surge por iniciativas de individualidades que lograron abrir espacios, logrando

resultados muy puntuales muy limitados en el tiempo por no existir en general el respaldo de una Política de Estado consistente en el tiempo, alineada con el objetivo de un desarrollo tecnológico que potenciara la inmensa y diversa cantidad de oportunidades con que cuenta el país.

LA EXPERIENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (ULA)

En la ULA se han iniciado una importante cantidad de experiencias para vincular el sector académico con el sector productivo y como evidencia de las realidades antes expuestas, daremos una visión rápida de algunas de las experiencias de la ULA en relación con algunos de esos proyectos, ratificando que han sido iniciativas que como obstáculo fundamental han encontrado la ausencia de políticas institucionales que estimulen esos mecanismos, la gran cantidad de trámites burocráticos para justificar la obtención y ejecución de financiamiento, la inexistencia de capitales de riesgo por parte del sector privado y la falta de continuidad en los lineamientos de política, lo que reduce sustancialmente la posibilidad de inversiones de mediano y largo plazo.

ALGUNOS DE LOS PROYECTOS EN LA ULA

La Unidad de Asesoría, Proyectos e Innovación Tecnológica (UAPIT) creada en 1989 en la Facultad de Ingeniería y hoy paralizada, asesoró proyectos de pequeña, mediana y gran envergadura para resolver necesidades de estructura y desarrollo de grandes empresas del país. Entre sus clientes resaltan, Sidor, CVG Venalum, Schlumberger, Baker Hughes, Halliburton, PDVSA, CANTV, Electricidad de Caracas, CADELA, Cerámicas Caribes, Ministerio del Poder Popular para la Salud, Alcaldía de Libertador en Mérida, diversos gobiernos regionales y Trolmérida. Esta experiencia hoy se encuentra en reorganización para adaptarse a la nueva realidad.

La planta de medicamentos ubicada en la Zona Industrial de Lagunillas y administrada por la empresa universitaria PROULA C.A., experiencia iniciada en el año 1989 con la asesoría y respaldo técnico de la Facultad de Farmacia y que se inició con la adquisición de equipos en subasta judicial del equipamiento por declaración en quiebra de Laboratorios Rojas Bravo. Esta planta durante más de 15 años produjo y comercializó medicamentos como suplidor de medicamentos al Ministerio de Sanidad y el sector farmacéutico privado a nivel nacional y por problemas de financiamiento se le cedió al Ejecutivo Nacional. Actualmente no está en funcionamiento.

Podemos citar también experiencias que se iniciaron y aunque con muchas limitaciones, han logrado mantenerse en funcionamiento en precarias condiciones hasta hoy, pero que evidencian que habiendo un potencial importante, la inexistencia de una política nacional que permita integrarlos al desarrollo de un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con mecanismos de evaluación permanente que

los adecúe a los requerimientos que la realidad impone, no ha permitido un mayor desarrollo e impacto.

El programa de ganadería de altura adelantado mediante convenio entre la Universidad de Los Andes (ULA, la UCV y CORPOANDES), liderada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP) de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales que permitió el desarrollo de las Unidades de Producción Joque (UPJ) en la zona alta de los Andes merideños y que se enfocan en la producción agrícola, especialmente en cultivos como café, plátano, banano y hortalizas como papa, ajo, zanahoria y brócoli y en convenio con la Asociación de Ganaderos de la Zona Alta (AGZAM), impulsó la ganadería de altura con un enfoque en la producción de leche introduciendo razas bovinas, técnicas de inseminación artificial y variedades de pasto adaptados a las características de la zona alta de los Andes merideños, logrando en pequeñas extensiones, con el uso intensivo de los potreros y pequeños rebaños con alta productividad (15 litros de leche por vaca al día) con asistencia técnica con base de operaciones en las estaciones experimentales de El Joque en Jají y Santa Rosa en la Hechicera de la ciudad de Mérida. Sobre la base de este proyecto se ha instrumentado en la Estación Experimental de Santa Rosa el programa deformación de personal en la fabricación de productos lácteos entre los que destacan quesos frescos y madurados que se producen y comercializan por varios de los productores de la zona formados en el programa y directamente por la Universidad por intermedio de Lácteos Santa Rosa.

El Laboratorio de Fenómenos Interfaciales de Recuperación de Petróleo (FIRP) de creado en 1978, por iniciativa del profesor Jean Louis Salager, de la Escuela de Ingeniería Química, que en sus primeros 25 años se dedicó a desarrollar proyectos con PDVSA en una estrecha relación por intermedio de INTEVEP, entre los que podemos mencionar el desarrollo de la Orimulsión. Esta relación le permitió obtener el financiamiento para el desarrollo de sus investigaciones, incluyendo planes de formación de personal y equipamiento que no se podría haber financiado con las asignaciones presupuestarias del Ejecutivo Nacional.

A partir del año 2003, como consecuencia de la desaparición de INTEVEP, el equipo de trabajo realizó una reestructuración para diversificar y encontrar nichos en otras industrias como la farmacéutica, de alimentos y de limpieza y este viraje incluye el cambio de denominación a Laboratorio de Formulación, Interfases, Reología y Procesos, manteniendo sus siglas (FIRP). Este laboratorio se ha constituido en uno de los centros de referencia mundial de conocimientos sobre fenómenos interfaciales y emulsiones, lo que ha derivado en que empresas como Schlumberger, Basf, Clariant y Procter & Gamble, los contrate desde que casas matrices.

Aún cuando hemos planteado que las experiencias en general son iniciativas de personas o grupos particulares y no de una política de Estado, podemos observar que entre sus

actividades el FIRP ha mantenido a lo largo del tiempo la tarea de desarrollo de equipos y formación y entrenamiento de personal de empresas prestadoras de servicios a PDVSA y de instituciones de carácter público y privado de otros países. Esta actividad cuenta con el apoyo de la alianza estratégica con el Centro de Innovación Tecnológica de la ULA (CITEC-ULA), compañía anónima de la Universidad y la Corporación Parque Tecnológico de Mérida (CPTM) sobre las que comentaremos mas adelante. Esta alianza en nuestra opinión evidencia que de existir una adecuada política nacional de incentivos agilizaría la constitución de un tejido tecnológico base de un SNCTI.

El proyecto CITEC-ULA tiene su origen en la Facultad de Ciencias y sus inicios se remontan al año 1988, cuando a proposición del físico venezolano Marcos Rodríguez, formado en la Universidad Central de Venezuela e investigador del IVIC que luego de trabajar en el Instituto de Ingeniería de Caracas durante 10 años, a finales de 1988 propone a la Universidad de Los Andes, el proyecto de organizar actividades de investigación y desarrollo y su idea fue acogida por un reducido grupo de profesores con responsabilidades académicas y administrativas que fueron determinantes en su implementación. El proyecto planteaba como objetivo central desarrollar las actividades necesarias para lograr una experticia en I&D, tomando como base los proyectos de investigación desarrollados en diversas unidades académicas de la Universidad para convertir lo que hasta ese momento eran informes finales, o un prototipo, en un producto susceptible de ser producido y comercializado por el sector productivo. Con ello se buscaba establecer las bases de una verdadera alianza, entre la academia y el sector productivo. Es en atención a este objetivo que el proyecto se denominó “fábrica de fábricas”, y fue introducido por los profesores Juan

Puig, Sayed Wasim y Spyridon Rassias ante el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de la Artes de la ULA (CDCHTA-ULA). Luego de las primeras experiencias, varias de ellas exitosas, se registró como compañía anónima con una estructura accionaria constituida por el 99,4 %de las acciones suscritas por la ULA y un simbólico 0.6% suscritas por el Instituto de Ingeniería en Caracas El principal inconveniente de esta iniciativa para acometer proyectos de mediano y largo plazo, lo constituyó las previsiones de la legislación para las Compañías Anónimas.

El CITEC-ULA como orientación inicial dedicó su actividad en tres áreas fundamentales: salud, educación convencional y tele información. Las dos primeras porque su justificación es obvia y no requería mucho esfuerzo hacerla entender y la última como resultado del análisis realizado por los doctores José Gregorio Silva y Luís Núñez sobre la tendencia observada de la computación como herramienta indispensable para el desarrollo de la investigación y la educación y que el vertiginoso desarrollo de la misma dependía en gran medida de su vinculación con las comunicaciones. Circunstancia que posteriormente fue

totalmente corroborada y que permitió a la ULA lograr reconocimiento nacional e internacional en el área de teleinformación. Así mismo todas estas actividades, tenían un factor común, y es que los investigadores que apoyaron inicialmente el proyecto, que eran responsables de las investigaciones mas avanzadas en las tres áreas referidas, estuvieron convencidos de la factibilidad de la propuesta, se comprometieron a participar en el proyecto y el equipo de la administración y en particular en el Vicerrectorado Administrativo y el Consejo de Fomento lo visualizamos como una oportunidad importante

En el área de salud se destacan el área de instrumentación asociado fundamentalmente a los proyectos de biotecnología liderados por el profesor Juan Puig (Estreptokinasa), el proyecto liderado por el Dr. Juan Luis Concepción para el desarrollo, producción y comercialización de kits de diagnóstico, de los que podemos resaltar el Kit de diagnóstico de Chagas que derivó en el desarrollo de otros kits de diagnóstico. En esta área es muy importante la relación con el Instituto Autónomo Hospital Universitario de los Andes (IAHULA) en la reparación de instrumental de la unidad de traumatología y ortopedia que derivó en la fabricación y comercialización de tutores de fijación externa como los Ilizarov, los fijadores uniaxiales y equipos hospitalarios, que hoy representan la principal fuente de ingresos del CITEC-ULA. La experiencia se involucró también con el FIRP con quien se planteó una alianza estratégica con el CITEC-ULA y la CPTM para el desarrollo, fabricación y comercialización de equipos de laboratorio imprescindibles en el área de trabajo del FIRP, alianza ya citada previamente y que ha derivado en desarrollos tecnológicos de punta.

En el área de educación, el profesor Alberto Torres de la Facultad de Ciencias, con el proyecto MATED inició el desarrollo y fabricación de laboratorios para la enseñanza de la física para estudiantes de bachillerato, que luego de explorar diversas alternativas de cómo aproximarse al sistema de educación pública derivó en el Grupo de Tecnologías Educativas (GTE).

En el área de las TIC's los profesores Luis Núñez y José Gregorio Silva, incorporan el proyecto HACER-ULA, el cual tenía por objetivo entrenar personal de instituciones públicas y privadas en aprovechamiento de las TIC's, y desarrollar la red académica de la ULA. Proyecto que fue aprobado por el Consejo de Fomento, otorgando un primer aporte financiero para ello.

LA CORPORACIÓN PARQUE TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

En el año 1991, la Dra. Dulce Gil de Arnao, presidente del CONICIT, impulsa el programa de Parques Tecnológicos en nuestro país, que se tradujo en la creación de los primeros 3 Parques Tecnológicos en nuestro país (Sartenejas, Mérida y Barquisimeto), los 2 primeros asociados a la USB, a la ULA y la UCOLA y el TECNOPARQUE no asociado a ninguna universidad.

En el caso de la ULA, se invitó a la Dra. Gil de Arnao para que conociera la experiencia del CITEC y estuvo de acuerdo en que el trabajo allí realizado coincidía con lo planteado con el programa de Parques Tecnológico que adelantaba el CONICIT y que por lo tanto los aportes previstos en él no podían ser asignados a una Compañía Anónima, razón por la cual en diciembre, 1992 se registra la Corporación Civil sin fines de lucro básicamente según la figura jurídica y los Estatutos sugeridos por el CONICIT, con algunos ajustes derivados de la experiencia del CITEC y acordadas con el CONICIT.

Aunque no todos los productos habían tenido éxito comercial, el CITEC obtuvo en sus inicios anualmente un crecimiento sostenido en las ventas, pagando en su totalidad a los dos años su capital, el cual fue incrementado a Bs.F 2.234.400,00 por exigencia de las autoridades competentes y generando ganancias que por decisión del Consejo Universitario se reinvierten en proyectos de I&D y en adquisición de equipos. Por esta razón, se decidió que se mantuviera la figura del CITEC, trasladando toda la responsabilidad de la Investigación y Desarrollo del CITEC a la CPTM y manteniendo la fabricación y comercialización de las series del CITEC quien paga a la CPTM el Royalty por los productos desarrollados por ella y creando el programa de la incubadora de empresas.

En relación con los aportes del CONICIT para funcionamiento de la CPTM, solo se recibió la asesoría de especialistas franceses para la implementación de los Parques Tecnológicos. Y del programa de subsidios ofrecido, solo se cumplió el primer año en el que se recibieron 20.000 bolívares fuertes (prueba fehaciente de la falta de continuidad en las políticas) y posteriormente, por gestiones del Dr. José Mendoza Angulo, exrector de la ULA y para el momento Senador del Congreso Nacional, se obtuvo un aporte presupuestario que se mantuvo durante 2 años. Así mismo, desde sus inicios se mantuvo con los recursos generados por el contrato de desarrollo y mantenimiento de la red académica de la ULA, el financiamiento a fondo perdido de proyectos de investigación por parte de organismos nacionales e internacionales, contratos con PDVSA, instituciones universitarias y empresas para entrenamiento de administradores de redes, venta de software, administración de proyectos y el royalty recibido del CITEC.

LAS ETAPAS DEL PARQUE TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

1era Etapa (1992-1997)

La etapa de creación del Parque Tecnológico de Mérida, está marcada por tres hitos. El primero de ellos, es el hecho de haber sido creado por la Universidad de Los Andes. El segundo, su vinculación al sector público, primero con el CONICIT y luego con el Ministerio de Ciencia y Tecnología y el tercero, su organización hacia el desarrollo de dos procesos: la I&D y la gestión empresarial.

2da Etapa (1998-2001)

Esta es una etapa de crecimiento orientada al manejo exhaustivo del tema de la innovación tecnológica y la transformación de sus unidades iniciales en centros autónomos. El motivo principal de este cambio fue la reducción sustancial de los aportes financieros provenientes del sector público, por lo que la CPTM en esta etapa hace mayor énfasis en la producción y comercialización de servicios con la finalidad de auto-sustentarse.

De esta forma, el Centro de Documentación Tecnológica (CDT) continúa, pero pasa a concebirse como un centro de apoyo; la Unidad de Gestión Empresarial. (UGE) se transforma en el Centro de Innovación y Modernización Empresarial (CIME), creando dentro del mismo la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, y la Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico (UIDT) se divide en dos: el Centro de Tele-Información (CTI) y en Centro de Tecnología (CET). Ambos, con una fuerte vinculación con la ULA, el primero a través del manejo de la red Académica y los servicios de conexión a INTERNET, y el segundo realizando la ya acostumbrada labor de investigación y desarrollo en el sector salud que sirve de base a la fabricación de productos del CITEC-ULA, el desarrollo del taller de instrumentación que permite la alianza con el FIRP y el CITEC, y el Grupo de Tecnologías Educativas (GTE) a cuyas actividades nos referiremos más adelante. En esta misma etapa, surge la Unidad de Proyectos Externos, como mecanismo que desde 1999 administra el programa Proyectos Institucionales Cooperativos (PIC) del CDCHTA, el proyecto de implantación de Estudios Interactivos a Distancia (CEIDIS), proyectos de Misión Ciencia y algunos proyectos puntuales de dependencias de la ULA y de otros organismos públicos (ZOLCCYT, FUNDACITE, etc.) y privados.

En esta etapa se materializan proyectos incubados en el Parque (CPTM) que se mantuvieron en estrecha vinculación a la estructura universitaria, como es el Centro de Cómputo de Alto Rendimiento (CeCalCULA) el cual se inicia como un proyecto donde interviene la ULA, la CPTM y el CONICIT, y se apalancó a través de un convenio que firmó la ULA con IBM, para la adquisición de los primeros equipos con un descuento del 50%. Además, este proyecto se configuró como la primera experiencia de la política planteada por el CONICIT de los “Laboratorios Nacionales” consistente en abandonar la estrategia de repartir los escasos recursos entre todos los centros y privilegiar con asignaciones de mayor cuantía a uno de ellos, seleccionado por el desarrollo de sus investigaciones, a cambio del compromiso de apoyar a los demás centros con asesoría y servicios. Hoy, como parte del Centro de Tele-Información (CTI), el proyecto luego funcionó precariamente con recursos provenientes de proyectos financiados por la Unión Europea como EELA I, EELA II y GISELA, ya que luego del apoyo inicial a este proyecto por el Directorio del CONICIT, el siguiente directorio consideró inaceptable la estrategia de los líderes del

proyecto de utilizar a CeCalCULA como apoyo a diversos proyectos, lo cual originó un veto del directorio del CONICIT a CeCalCULA. El segundo aspecto de esta realidad es que ni el CONICIT por lo expuesto anteriormente, ni la ULA por razones económicas, cumplieron con lo establecido en el convenio que lo creó y el proyecto culminó.

3era Etapa 2002- 2012

Esta etapa viene definida por un mayor apoyo al emprendimiento y a los emprendedores, y por la firma de convenios con la ULA, tanto para la gerencia y/o coordinación de programas y proyectos derivados de alianzas, convenios y contratos establecidos entre la ULA y otras organizaciones públicas y privadas, de carácter nacional o internacional. Así mismo, por la prestación de servicios de administración de proyectos de investigadores y grupos de investigación de la universidad que reciben cofinanciamiento externo.

Siendo fieles a la modalidad de incubación de ideas, proyectos y empresas, que ha caracterizado la acción y el quehacer del Parque (CPTM), en esta etapa se incuban y desarrollan nuevos “spin-off”, como es el caso del Centro de Excelencia en Ingeniería de Software (CEISOFT), vinculado al Parque, y el Centro de Educación a Distancia (CEIDIS), primera experiencia en la ULA de una carrera de pregrado en la modalidad de educación virtual, que contó con el apoyo desde sus inicios y se mantuvo bajo régimen de administración por el Parque. En este sentido merece mención especial la CPTM como estructura de apoyo y como desarrollador en las áreas de biomecánica y con los Laboratorio de Biología y Medicina Experimental (LABIOMEX) y el Laboratorio de Enzimología de Parásitos del Centro de Ingeniería Genética (CIGEN) de la Facultad de Ciencias de la ULA.

Aun cuando una de las tareas de mayor dificultad fue lograr el apoyo institucional efectivo para estos desarrollos y la consecuente adquisición por parte del sistema de salud pública, en esta etapa el Parque continuó participando, coordinando y ejecutando proyectos vinculados al sector público, pero desafortunadamente los aportes provenientes de este sector se fueron reduciendo cada vez mas. La dependencia cada vez mayor de los ingresos procedentes de los servicios con los que el Parque apoya a la universidad, trae como consecuencia fuertes y permanentes crisis presupuestarias para la CPTM, toda vez que la ULA confronta constantes recortes presupuestarios, reconducción de su presupuesto y recepción tardía de sus asignaciones. Adicionalmente, se agrega la política del gobierno nacional iniciada en el 2012 consistente en denunciar como un ilícito la constitución de figuras jurídicas que en más de un 50% de su actividad el beneficiario de sus productos o servicios sea un mismo ente público, calificándolo como tercerización, que derivó en la adscripción del personal de la CPTM a la ULA, lo que ha significado una crisis definitiva para el proyecto y que decretó en pocos meses su intervención y cese de actividades

principales, manteniendo una simbólica actividad de apoyo administrativo para algunos proyectos.

CONCLUSIÓN

Cualquier plan para el desarrollo de un Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación pasa por evaluar el impacto de las políticas de Estado e iniciativas públicas y privadas implementadas en los últimos 40 años y sus resultados, la situación actual de los Parques Tecnológicos y otras figuras instrumentadas con tal finalidad, para diseñar una estrategia, que respaldada por un acuerdo político y no simplemente electoral que garantice una continuidad basada en un seguimiento permanente y los ajustes requeridos, con lo que se garantice una seguridad jurídica, no se pierdan los avances ya logrados y se traduzcan en incentivos para incorporación de los tres sectores a un plan mancomunado de desarrollo y consolidación del necesario e imprescindible Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, Daron and Robinson, James. (2008). The role of institutions in growth and development. World Bank, Commission on growth and development, Working Paper N° 10, Washington D.C. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28045/577100NWP0Box31UBLIC10gc1wp10101web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acemoglu, Daron and Robinson, James. (2012). Por qué fracasan los países. Editorial Deusto, Barcelona
- Sen, Amartya. (2002) ¿De que se trata el desarrollo? Capitulo del libro Fronteras de la Economía del Desarrollo: El futuro en perspectiva, editada por el Banco Mundial en coedición con Alfa Omega Colombiana S.A, Colombia.
- Sen, Amartya. (2002). Desarrollo y Libertad. Editorial Planeta, Buenos Aires
- Vargas Contreras, Genry. (2012). Vinculación Universidad Sector Productivo en la Universidad de Los Andes: Caso de la Corporación Parque Tecnológico de Mérida, Trabajo de ascenso a Profesor Titular de la Universidad de Los Andes 2012, Mimeografiado disponible en la Biblioteca Central de la ULA.

GEOPOLÍTICA Y SOSTENIBILIDAD MINERA: UN ANÁLISIS INTEGRAL SOBRE TIERRAS RARAS Y MINERALES CRÍTICOS EN EL CONTEXTO VENEZOLANO ACTUAL

Noel MARIÑO PARDO¹

En el primer trimestre del presente año 2026, específicamente en el mes de marzo, se tuvo la oportunidad de ofrecer tres entrevistas —la primera de forma virtual y las dos siguientes a través de emisoras de cobertura nacional— a fin de informar al público sobre un tema que está en boga: las tierras raras² y los minerales críticos³. Es fundamental precisar que, aunque comparten importancia estratégica y alta vulnerabilidad en el suministro, no todos los minerales críticos son tierras raras; por ejemplo, el litio, cobre, bauxita y níquel son críticos, pero no son tierras raras.

La primera disertación se realizó el 06/03/2026 bajo el título: “Minería en Venezuela: potencial global vs. los retos del desarrollo sostenible”, dirigida por el Dr. Danny Daniel López (Universidad de La Guajira, Colombia). Allí se analizó el vasto potencial del Escudo de Guayana, donde se identificaron recursos de bauxita tipo gibbsita que superan las 1,8 gigatoneladas solo en el municipio Cedeño, enfatizando que la transformación de esta riqueza depende de la inversión privada y una “gestión verde”. Enlace de la entrevista: <https://www.youtube.com/watch?v=hhXGg5Q2sRQ>

La segunda entrevista, “Los minerales críticos en Venezuela”, se llevó a cabo el 11/03/2026 en la emisora La Romántica 88.9 FM (programa Buenos Días Venezuela). En ella se destacó la urgencia de una política de certificación de reservas bajo estándares internacionales para el niobio y tantalio, permitiendo al país insertarse competitivamente en las cadenas de valor a nivel global, siempre que se avance en la seguridad jurídica y el conocimiento geocientífico detallado. Enlace de la entrevista: <https://radiocut.fm/audiocut/tierras-raras-y-minerales-criticos-en-guayana/>

Antes de comentar el alcance de la próxima entrevista, es importante destacar que las tierras raras han ocupado la agenda académica y noticiosa venezolana a lo largo del primer trimestre del año 2026. Durante el viernes 27/03/2026, coincidieron los foros presenciales del Dr. Oscar Dam en la UNEXPO (Puerto Ordaz) que versó sobre metalurgia extractiva de las tierras raras y del Dr. Patxi Viscarret en la ULA (Mérida) sobre aplicaciones industriales de las tierras raras, ambos exponentes pertenecientes a la comisión de Minería y Materiales de la ANIH. Simultáneamente, el Geol.

Eduardo Chaparro presentó de forma virtual un análisis sobre geopolítica y seguridad de minerales estratégicos bajo los auspicios de la Comisión Minería y Materiales de la ANIH, AIMM, SVIMM y OLAMI.

Para culminar esta jornada, la tercera entrevista fue conducida por el periodista Unai Amenábar (Éxitos 99.9 FM), titulada: “¿Cómo es el estado de las tierras raras en el mundo?”. Este autor enfatizó que el interés despertado por este tema confirma que Venezuela debe transitar hacia la ruta de la prospección geológica responsable y sistemática, aprovechando las ventajas comparativas del Escudo de Guayana para insertarse técnicamente —luego de cumplir con las etapas de un proyecto minero exitoso (MARIÑO, 2023)— en una cadena de suministro confiable que hoy domina el mercado chino, tanto en reservas de tierras raras (alrededor de 50 % de participación global), entre el 60 al 70 % de la producción minera (MARIÑO, 2025), así como más del 90 % del procesamiento y refinado (KUMAR, S/F). Esta intervención cerró el ciclo de marzo subrayando que el conocimiento geológico es, en última instancia, un activo de seguridad nacional, así como la importancia de la gestión verde. Enlace del video: <https://youtu.be/rdUyw80KakY?is=USL7XPnaIilZqRW2>

REFERENCIAS

- KUMAR, R S/F. The World's Dependence on Chinese Manufacturing and Rare Earth Metals: Implications for Global Business. Enlace: <https://www.zetwerk.com/en-us/resources/knowledge-base/miscellaneous/the-worlds-dependence-on-chinese-manufacturing-and-rare-earth-metals-implications-for-global-business/#:~:text=Apalancamiento%20estrat%C3%A9gico%20afectan%20a%20los%20mercados%20globales.>
- MARIÑO, N. 2023. *El manejo secuencial de las etapas de un proyecto minero responsable y las buenas prácticas mineras*. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Boletín 61: 258-260.
- MARIÑO, N. 2025. *Develando los secretos de las tierras raras: entrevistas, coloquio y datos clave para entender la configuración de la tecnología del futuro*. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Boletín 67: 233-247.

en concentraciones altas y requieren un procesamiento complejo (MARIÑO, 2025)

¹ Ingeniero Geólogo, especialista en tecnología minera. Académico correspondiente por el estado Bolívar, Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Comisión de minería y materiales. Correo-e: geonotasvzla@gmail.com

² Son 17 elementos químicos similares (lantánidos) con propiedades magnéticas y electrónicas excepcionales. Son difíciles de encontrar

³ Los minerales críticos son elementos estratégicos cuyo suministro es vulnerable a interrupciones y que resultan indispensables para sectores económicos prioritarios, especialmente las tecnologías de energía limpia y varían según cada país o región. Fuente: <https://universidadeuropea.com/blog/minerales-criticos/>

**PRONUNCIAMIENTOS, DECLARACIONES
Y COMUNICACIONES DE LA ACADEMIA**

DECLARACIÓN DE LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT, Y LAS ASPIRACIONES DE VENEZUELA SOBRE SU TRANSICIÓN A UNA DEMOCRACIA PLENA

Venezuela atraviesa uno de los momentos más críticos de su historia. La existencia misma de la República se encuentra en riesgo, por lo que urge acordar cursos de acción para superar los formidables retos que amenazan nuestro porvenir, sobre la base de consensos entre los venezolanos, nacidos de un análisis equilibrado de la realidad y de sus aspiraciones respecto a nuestro destino como nación.

En esta coyuntura de casi falencia del Estado, la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, fiel a su misión superior, se dirige a la sociedad civil y muy especialmente a los liderazgos del país, para exhortarlos a impulsar iniciativas en sus respectivos ámbitos de influencia, que contribuyan a resolver la grave crisis política, institucional y social que nos aqueja.

La libertad y la nueva institucionalidad

La libertad es condición esencial del desarrollo humano; sin ella no habrá progreso ni estabilidad para la nación. Durante casi tres décadas nuestros derechos han sido restringidos por un sistema de dominación que expulsó a la libertad de la vida política y social. Urge restituirla como fundamento de una gobernanza democrática.

Esa restitución exige liberar a los presos políticos, devolver autonomía a los medios de comunicación, garantizar seguridad ciudadana, proteger la propiedad y erradicar los grupos armados irregulares. La institucionalidad, por su parte, debe reconstruirse sobre un auténtico Estado de Derecho, reconociendo el rol de la gobernanza territorial que amplía la descentralización y el protagonismo de los órganos de gobierno local y regional, revisando la legislación reciente y asegurando continuidad en el marco de una democracia que responda a las exigencias de un desarrollo sostenible.

El bienestar de la población

El bienestar de los venezolanos, particularmente de las familias más humildes, se ha visto gravemente deteriorado, y una proporción significativa de ellas enfrenta condiciones críticas. En consecuencia, toda política pública debe situar en primer plano la atención a los sectores vulnerables, evaluando su impacto real en la vida de la población. Resulta indispensable fortalecer la salud, la seguridad social y la educación en todos los niveles, así como garantizar el funcionamiento eficiente de los servicios básicos, pilares de un desarrollo humano sostenible y de una gobernanza democrática.

Una economía productiva

La economía venezolana opera muy por debajo de su capacidad, resultado de aplicar por mucho tiempo políticas y

regulaciones erradas, que han limitado su desarrollo. Es indispensable una transformación profunda de la economía que priorice la complejización y la agregación de valor en cadenas productivas, lo que implica para la producción y productividad, la mayor capacitación técnica de la fuerza laboral, inversión nacional y extranjera, y aprovechamiento del talento disponible, incluido el de la diáspora. Asimismo, debe garantizarse el funcionamiento pleno de los sistemas de ciencia y tecnología, para impulsar la innovación y facilitar el acceso a la vanguardia mundial. Solo con estas bases será posible reducir la pobreza de manera sostenida y avanzar hacia una sociedad más próspera.

La recuperación de la infraestructura física

La infraestructura física es esencial para la prestación de buenos servicios públicos, como son el transporte, el abastecimiento de agua, electricidad, gas y las telecomunicaciones, entre otros. Toda ella está en mal estado como consecuencia de la insuficiente inversión y la falta de mantenimiento que han caracterizado a las últimas décadas, por lo que se requiere programas de rehabilitación y ampliación basados en prioridades y estrategias que permitan optimizar el uso de recursos públicos que son en extremo limitados. La Academia, en cumplimiento de sus responsabilidades específicas, está en capacidad de asesorar al Estado en la concepción de tales programas.

Una nueva ética administrativa

El último periodo vivido por la república es sin duda el de mayor corrupción en toda su historia. La corrupción administrativa fue un factor muy importante en causar la ruina de la economía venezolana. Los culpables deben ser identificados y sancionados. Para corregir tal situación es esencial mejorar la educación y formación de valores de la gente joven.

La gestión del capital natural

Venezuela dispone de un vasto acervo de recursos naturales, pero su abundancia, incluso la petrolera, no garantiza prosperidad. La dependencia exclusiva de ellos ha conducido a un desarrollo accidentado, marcado por debilidad institucional y ausencia de consensos. El estilo rentista de desarrollo, con el Estado como protagonista de la economía, se encuentra agotado y carece de capacidad para generar progreso estable. Se impone, por tanto, un cambio hacia estilos de desarrollo sostenibles, guiados por buena gobernanza y conducidos por los propios venezolanos.

El rol del Estado en el desarrollo

El Estado debe asumir responsabilidades esenciales de promoción, regulación y apoyo en el desarrollo nacional, manteniendo un rol subsidiario que respalde a la iniciativa privada. En el ámbito macroeconómico y financiero, le corresponde implementar políticas fiscales y monetarias que estabilicen la economía, promuevan el empleo, estimulen la inversión interna y externa y favorezcan una distribución más justa de la riqueza. Asimismo, el Estado debe impulsar la creación de infraestructura y servicios de apoyo, al tiempo que fomenta el desarrollo científico, tecnológico y la innovación como pilares de progreso. En la producción y el comercio, su intervención debe limitarse a los ámbitos que el sector privado no pueda atender, contribuyendo en cambio a promover y expandir emprendimientos lícitos que generen ingresos, empleo digno y bienestar familiar.

La participación estatal en la economía debe expresarse en políticas públicas que garanticen, junto al sector privado, acceso equitativo a educación de calidad y a salud, vivienda y protección social, que integren a los ciudadanos y sus organizaciones en la actividad productiva, reforzadas con programas de infraestructura y servicios de carácter público.

El papel de las Fuerzas Armadas

De acuerdo con la Constitución vigente: “en el cumplimiento de sus funciones, la Fuerza Armada Nacional, estará al servicio exclusivo de la Nación y en ningún caso al de persona o parcialidad política alguna”. Dicha Fuerza “constituye una institución esencialmente profesional, sin militancia política, organizada por el Estado para garantizar la independencia y soberanía de la Nación”. Actualmente estas disposiciones solo se cumplen parcialmente o de manera distorsionada. Se hace indispensable, por lo tanto, volver al cumplimiento estricto de la Constitución.

La geopolítica mundial

El Orden Mundial vive un proceso de profundos cambios impulsado por la competencia tecnológica y de poder entre grandes potencias. El mundo se ha ido organizando por regiones de poder e influencia, de acuerdo con la ideología de los gobiernos, la cultura de las naciones, su historia y características geográficas. Venezuela pertenece al área de influencia de la llamada cultura occidental y por estas condiciones su desarrollo ha estado influenciado por tales realidades. Durante las dos últimas décadas se ha pretendido trastocar esta situación y ello está ocasionando consecuencias negativas de múltiple naturaleza. Se hace preciso por lo tanto hacer los ajustes geopolíticos pertinentes, sin que ello signifique perder la autonomía histórica que ha tenido para establecer relaciones de diferentes características con las diversas naciones que considere conveniente.

Un Mensaje Final

Venezuela enfrenta un momento decisivo que exige determinaciones fundamentales, entre ellas un proceso irreversible de Transición hacia una Democracia Plena.

Para lograrlo es indispensable un amplio consenso social. El presente pronunciamiento de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, dirigido a la sociedad civil y a sus liderazgos, busca impulsar esa convergencia.

Nuestra historia demuestra la fuerza transformadora que tiene la participación ciudadana, y hoy resulta imprescindible que los venezolanos, con creatividad y compromiso, asuman el papel fundamental en la superación de la grave coyuntura. En ella no podemos esperar que la solución sea fundamentalmente de origen foráneo.

Dado en el Palacio de las Academias Nacionales.
En Caracas, a los 10 días del mes de febrero de 2026.
La Junta de Individuos de Número, reunión N° 335/26

INFORME DEL ESTADO DE LA INOCUIDAD ALIMENTARIA EN VENEZUELA. PROPUESTA DE ACCIONES

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe, elaborado por la Comisión Interacadémica de Sistemas Alimentarios y Nutrición (CISAN)¹, examina el estado actual de la inocuidad alimentaria en Venezuela y plantea un conjunto de acciones estratégicas orientadas a fortalecer el sistema nacional de control de la calidad de los alimentos. La inocuidad, entendida como un componente esencial de la seguridad alimentaria y de la salud pública, constituye, además, un requisito indispensable para la competitividad del sector agroalimentario en los mercados internacionales. Las consecuencias de estas deficiencias son de carácter estratégico, afectan directamente la salud pública, generan barreras para la exportación y erosionan la confianza social en el sistema alimentario.

El análisis evidencia que, pese a la existencia de una sólida base histórica en materia normativa e institucional, el país enfrenta un proceso de debilitamiento que se traduce en retrocesos técnicos y operativos. Entre los principales factores se destacan el debilitamiento de la función supervisora y de control del estado, la desvinculación de Venezuela de foros internacionales como ISO y Codex, la pérdida de capacidades técnicas en organismos clave, la proliferación de la informalidad en la producción y comercialización de alimentos, la fiabilidad limitada de los laboratorios de análisis, el incumplimiento en programas de fortificación obligatoria y la presencia de contaminantes como micotoxinas y metales pesados en productos de consumo masivo. A ello se suma la vigencia de normativas desactualizadas y la ausencia de boletines epidemiológicos sobre enfermedades transmitidas por alimentos, lo que incrementa la vulnerabilidad del sistema y los riesgos de salud pública.

Frente a este panorama, el informe propone medidas concretas con un llamado a la acción coordinada entre gobierno, industria, academia y sociedad civil para reconstruir un sistema de inocuidad alimentaria robusto, alineado con estándares internacionales, capaz de proteger la salud de la población y garantizar la sostenibilidad y competitividad del sector agroalimentario venezolano.

Palabras clave: Inocuidad alimentaria, seguridad alimentaria, calidad de los alimentos, salud pública, sistemas alimentarios.

2. PRESENTACIÓN

El presente informe, elaborado por la Comisión Interacadémica de Sistemas Alimentarios y Nutrición (CISAN), examina el estado de la inocuidad alimentaria en Venezuela y plantea algunos términos de referencia para fortalecer y mejorar la inocuidad de los alimentos en el país. CISAN ha desarrollado este análisis desde una perspectiva propositiva, orientada a identificar fallas, generar soluciones y promover mejoras (Tapia et al., 2025; Agudo-Guevara y Tapia, 2025). Se busca examinar las fallas sistémicas, identificar los riesgos asociados y proponer un conjunto de acciones estratégicas para fortalecer el sistema nacional de control de la calidad higiénica de los alimentos. La inocuidad, considerada como un factor preponderante de la seguridad alimentaria y una responsabilidad de todos los actores, especialmente bajo el enfoque de “Una Sola Salud” (OMS, 2023), constituye un pilar fundamental no solo para la protección de la salud pública, sino también para el desarrollo económico y la viabilidad e imagen del sector agroalimentario en los mercados internacionales. En un contexto en el que las aspiraciones de exportación son cada vez más relevantes, garantizar la inocuidad de los productos nacionales se

convierte en una condición indispensable para la competitividad y la confianza.

El análisis de la situación actual revela una compleja interacción entre su sólida base histórica y el desafío de superar las deficiencias institucionales y operativas existentes, lo cual representa una oportunidad clave para la colaboración y la implementación de medidas que permitan reactivar y mejorar el sistema agroalimentario nacional y sus capacidades.

3. MARCO CONCEPTUAL

La inocuidad alimentaria implica que los alimentos no deben contener contaminantes a niveles perjudiciales para la salud, garantizando su condición óptima en toda la cadena de producción, desde “la granja hasta la mesa”. Este concepto integra la implementación de medidas y buenas prácticas en la producción primaria, transformación, procesamiento, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización, manipulación y conservación de los alimentos en el hogar y consumo final, junto con políticas, marcos legales y la promoción de una cultura de la inocuidad, reconocida como pilar esencial de la seguridad alimentaria

¹ Comisión conformada por miembros de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) y la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH).

3.1. Definición

La inocuidad alimentaria se refiere a la garantía de que los alimentos no presentan riesgos para la salud cuando se preparan y consumen según lo previsto (FAO/OMS, 2025). Es el conjunto de condiciones y medidas necesarias que preservan la calidad higiénica de los alimentos en toda la cadena alimentaria, desde la producción, el almacenamiento y la distribución, hasta la preparación final, para asegurar que no estén contaminados y evitar la transmisión de enfermedades una vez ingeridos. (FAO, 2025). Además, es una disciplina científica que previene o, en su defecto, detecta la presencia de peligros de diversa naturaleza en los alimentos. La OMS, por su parte, la conecta directamente con la nutrición y el desarrollo económico, al señalar que los alimentos insalubres son causantes de enfermedades, pérdidas económicas y afectaciones al comercio y al turismo (OMS, 2024a).

3.2. Mapa estructural

Los alimentos pueden volverse no inocuos en cualquier punto de la cadena de suministro. Los contaminantes pueden penetrar en los productos alimenticios desde el suelo, el agua, el aire, el equipo utilizado durante la producción y la elaboración, los operarios, el consumidor final, entre otros. Un almacenamiento inadecuado de los alimentos, su manipulación de manera antihigiénica y su transporte a una temperatura incorrecta pueden contribuir a que se vuelvan nocivos. El consumidor también puede ser el causante de la contaminación o del deterioro por una preparación inadecuada (FAO, 2025).

La **Figura 1** presenta la intervención de distintos agentes que participan en la cadena de suministro, desde la unidad de producción agrícola hasta el consumidor final. Se resaltan las etapas de transformación por parte de la industria alimentaria, así como los procesos de comercialización, venta y consumo, incluyendo la transformación y preparación en el hogar y los servicios de restauración.



Figura 1. Componentes de la cadena de valor de los alimentos

Fuente: iCommunity

El aseguramiento de la inocuidad de los alimentos es el resultado de considerar un conjunto de factores que operan a lo largo de la cadena agroalimentaria, desde la producción

primaria hasta el consumo final. Cada eslabón presenta puntos críticos que pueden afectar el logro de alimentos inocuos. Por ello, es fundamental identificar y vigilar sistemáticamente los factores determinantes (**Figura 2**) que pueden afectar la calidad sanitaria y, en consecuencia, definir medidas correctivas a partir de las auditorías internas que permitan documentar las desviaciones con respecto a la norma previamente establecida.

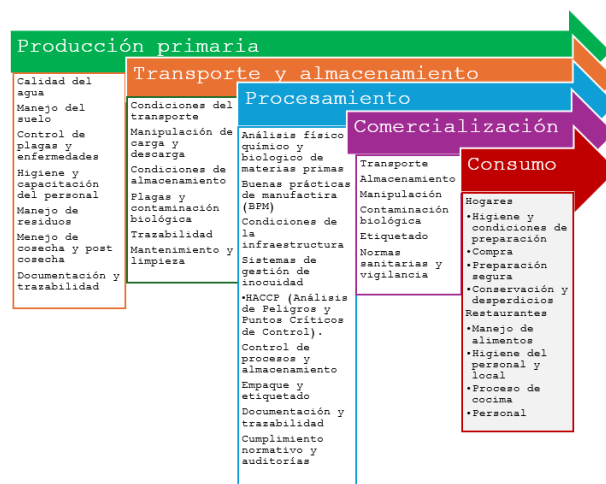


Figura 2. Factores determinantes de la inocuidad en la cadena agroalimentaria

3.3. Pilares fundamentales

- Cadena alimentaria completa:** La inocuidad no es responsabilidad de una sola etapa. Requiere de un enfoque integral que involucre a todos los actores de la cadena, incluyendo productores, procesadores, distribuidores, minoristas y consumidores. La prevención de peligros debe comenzar en el campo, en el agua de origen, en los fertilizantes, en los piensos (producción primaria) y continuar hasta el consumo final. La Ley Orgánica de Soberanía y Seguridad Alimentaria en sus artículos 65 y 66 lo describe y estipula con claridad (LOSSA, 2008). En este contexto se ha fomentado un enfoque multisectorial que concibe la seguridad alimentaria (la inocuidad es parte esencial de la misma) desde la perspectiva de sistemas alimentarios, considerados como todas las actividades que influyen directa o indirectamente en los procesos de siembra, cosecha, procesamiento, empaquetado, transporte, distribución, mercadeo, comercio, consumo y eliminación de desechos (BID, 2019). Sin embargo, el Grupo de Alto Nivel de Expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición (HLPE por sus siglas en inglés) propone un marco conceptual más amplio para los sistemas alimentarios en el que se establecen tres componentes que interactúan entre sí: las cadenas de suministro de alimentos, los entornos alimentarios y el comportamiento de los consumidores (HLPE, 2017).

- b. **Prácticas, normas y protocolos que garanticen la inocuidad.** Implica seguir un conjunto de requisitos, especificaciones, pautas y buenas prácticas, establecidos para garantizar la higiene (del personal, -de los espacios, equipos y utensilios-, uso de agua y materias primas salubres e inocuas, la eficiencia de los procesos (el mantenimiento de temperaturas seguras durante el procesamiento, la preparación, el empaque, el transporte, el almacenamiento), la trazabilidad de los productos hasta el consumidor final, entre muchas otras. La implementación de sistemas como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HACCP) es esencial en la industria para cumplir con estos principios. Estas reglas o protocolos son recogidos en normas internacionales ISO 22000-2018 (ISO, 2018); ISO 22002-X, que complementan la norma ISO 22000:2018 proporcionando requisitos específicos para los *Programas Prerrequisitos (PRP)*, que son condiciones básicas y actividades necesarias para mantener un entorno higiénico a lo largo de la cadena alimentaria. El número en X depende del sector de aplicación: fabricación de alimentos, catering, agricultura, fabricación de envases para alimentos, transporte y almacenamiento, alimentación animal. Ahora se está evolucionando hacia ISO 22002-100:2025: Cadena de suministro de alimentos, piensos y envases (versión consolidada) (ISO, 2025); CODEX CXC-1-1969 (FAO y OMS, 2025); y nacionales, como la Norma Técnica Fondonorma NTF 4073:2022 "Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)" (FONDONORMA, 2022), y la Norma COVENIN 3802:2002 "Directrices generales para la aplicación del sistema HACCP en el sector alimentario" (COVENIN, 2002).
- c. **Marco legal, sistemas y normativa:** Las normas se apoyan en leyes y regulaciones nacionales e internacionales, como, por ejemplo, las normas venezolanas COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) y las normas del Codex Alimentarius, que establecen estándares para garantizar prácticas comerciales equitativas y la salud del consumidor.
- d. **Cultura de inocuidad:** Se refiere a los valores, creencias y comportamientos compartidos a lo largo y ancho de una organización para priorizar la inocuidad alimentaria, fomentando la conciencia y la mejora continua. La definición procede de la literatura existente sobre inocuidad alimentaria y organizativa, tales como Food Safety System Certification 22000 (FSSC, 2023), y los Principios Generales de Higiene de los Alimentos. CXC 1-1969 (FAO y OMS, 2025). Este último, en su artículo 4.1, señala que los operadores de empresas de alimentos (OEA) deben construir una cultura positiva de inocuidad de los alimentos demostrando su compromiso con el suministro de alimentos inocuos y aptos, fomentando prácticas adecuadas para la inocuidad de los alimentos.

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN VENEZUELA

Para comprender a cabalidad los desafíos que enfrenta el tema de la inocuidad alimentaria en Venezuela, es crucial analizar la situación desde tres perspectivas interconectadas: i) el marco institucional y regulatorio que rige el sistema; ii) las fallas sistémicas que se manifiestan a lo largo de la cadena de producción y control; y, iii) las brechas críticas en materia de información y normativas. Este enfoque permite contextualizar los problemas desde una perspectiva interna, como parte interesada sensible, pero comprometida con un análisis objetivo, reconociendo la necesidad de soluciones adaptadas a la complejidad específica del contexto venezolano.

4.1. Marco Institucional: Una Sólida Base Histórica Frente al Desgaste Actual

El marco institucional venezolano presenta una marcada dualidad. Por un lado, el país ha poseído una fortaleza histórica, sustentada en una importante legislación y reglamentos actualizados basados en conocimientos científicos, lo que constituyó los cimientos para la gestión de la calidad e inocuidad alimentaria. Esta herencia normativa ha sido fundamental en el desarrollo de la industria nacional, proporcionando sólidas bases legales para la ruta de la calidad e inocuidad alimentarias. Un ejemplo de esta trayectoria fue la creación de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) en 1958 y la publicación de las Normas COVENIN, cuya responsabilidad de gestión pasó del Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad (FONDONORMA) al Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER), órgano coordinador del Sistema Venezolano para la Calidad y su respectiva Ley.

Sin embargo, en las últimas décadas, este andamiaje ha experimentado retrocesos institucionales significativos que han debilitado su capacidad de respuesta y supervisión. Entre los más destacados se encuentran:

- **Aislamiento Internacional:** La exclusión de Venezuela de la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 2009, por resolución gubernamental, representó un grave obstáculo para la armonización con los estándares globales.
- **Cese de Actividades Estratégicas:** Venezuela figura como Estado Miembro de la Comisión de Codex Alimentarius (CCA) desde 1969. No fue hasta 2001 cuando se creó el Comité Venezolano del Codex, con lo que el país dio un paso significativo para armonizar las regulaciones nacionales con las del Codex. La paralización de sus actividades en 2006, atribuida más a razones de índole política y no a consideraciones técnicas o a una incompatibilidad de objetivos, desconectó al país del principal foro internacional para el desarrollo de normas alimentarias.
- **Debilitamiento de Capacidades Técnicas:** Instituciones clave como SENCAMER han enfrentado

una reducción significativa en su capital humano especializado, lo que ha dado lugar a procesos de incorporación de nuevo personal que requiere de capacitación acelerada. Esta situación plantea desafíos importantes para preservar la objetividad y el rigor en los procedimientos de acreditación y certificación. Ante la desvinculación de SENCAMER del International Accreditation Forum (IAF) (<https://iaf.nu/en/home/>) se vuelve prioritario revisar los mecanismos de acreditación vigentes, por ejemplo, lo relativo al reconocimiento de FONDONORMA con la ISO 17011, con miras a fortalecer la confianza y alineación con estándares internacionales.

- **Vacío de Competencias:** La limitada disponibilidad de perfiles técnicos especializados genera vacíos funcionales en las instituciones. Situaciones como esta se dan en organismos clave como el Sistema Autónomo de Contraloría Sanitaria, lo cual afecta la capacidad institucional para ejercer una regulación efectiva y técnicamente fundamentada en materia de alimentos. Esto se ha evidenciado en la emisión eventual de circulares y providencias sin sustento técnico más allá del legal. Esta situación compromete la adecuada implementación de las normativas sanitarias. Este debilitamiento del andamiaje institucional no es una abstracción; se manifiesta en fallas operativas críticas a lo largo de toda la cadena de valor, comprometiendo desde la fiabilidad de los análisis hasta la vigilancia en el punto de venta.
- **Signos positivos:** No obstante, recientemente se observan signos positivos como la reincorporación de Venezuela a la ISO como "Miembro Corresponsal" y un renovado acercamiento al Codex. Estos pasos representan una valiosa oportunidad para iniciar un proceso de "reinstitutionalización" y recuperar el terreno perdido.
- **Fallas Sistémicas en la Cadena de Producción y Control:** Las debilidades institucionales se traducen en fallas operativas y de control que afectan directamente la inocuidad de los alimentos que llegan a la mesa de los venezolanos, así como la confianza de los consumidores.

4.2. Limitaciones de garantía de inocuidad en la producción agrícola

Las condiciones de inocuidad en la producción agrícola enfrentan limitaciones estructurales que requieren atención prioritaria. Entre ellas destacan: el uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes, la aplicación de insumos prohibidos en otros países, la precariedad sanitaria de las instalaciones de almacenamiento y beneficio de la cosecha, así como la insalubridad en mataderos y espacios de preparación de productos lácteos. Estas prácticas, frecuentemente desarrolladas en fincas sin protocolos ni medidas de garantía, se ven agravadas por la falta de capacitación técnica en todos los niveles profesionales y por la debilidad de los controles oficiales.

Esta situación compromete la capacidad de los agricultores para cumplir con estándares internacionales y garantizar alimentos seguros. Por ello, resulta indispensable:

- **Fortalecer las capacidades técnicas** mediante programas de formación continua y asistencia especializada.
- **Implementar protocolos de buenas prácticas agrícolas y pecuarias**, alineados con normas internacionales (Codex Alimentarius, FDA, EFSA, OMS).
- **Desarrollar sistemas de verificación y certificación confiables**, que respalden la trazabilidad y la calidad de los productos.
- **Consolidar controles oficiales robustos**, con recursos adecuados para monitoreo, inspección y sanción.
- **Promover la cooperación institucional y multisectorial**, que permita articular esfuerzos entre productores, autoridades y organismos internacionales.

4.3. Fiabilidad de los Laboratorios de Análisis

Existe una preocupación significativa sobre la fiabilidad de los laboratorios en el país, incluyendo aquellos que cuentan con acreditación de SENCAMER. La alarmante variabilidad encontrada en algunos casos en los resultados de análisis para las mismas muestras y lotes de productos, es una manifestación de esta debilidad sistémica, comprometiendo la calidad tanto de productos de consumo interno como de aquellos con potencial de exportación.

Actualmente, existen alrededor de 250 Normas COVENIN aplicables de manera directa o transversal al sector alimentario, y 10 laboratorios (públicos y privados) se encuentran acreditados por SENCAMER para el análisis de alimentos (3 de industrias de alimentos, 2 gubernamentales y 5 privados) (https://www.sencamer.gob.ve/?page_id=1283). SENCAMER, como órgano coordinador, ejerce la función de garantía de la calidad a través de sus subsistemas clave: normalización, metrología, acreditación, certificación, ensayos y reglamentaciones técnicas. En este marco, las Normas COVENIN establecen los requisitos técnicos (el *marco normativo*), mientras que SENCAMER se encarga de la supervisión y la certificación de su cumplimiento. Ambos mecanismos resultan fundamentales para el fortalecimiento de la calidad, la innovación y la competitividad nacional.

4.4. Proliferación de la Informalidad y Laxitud en la Vigilancia

El crecimiento de la "informalidad" en el sector alimentario ha configurado un escenario de riesgo elevado para la salud pública, agravado por mecanismos de control y vigilancia insuficientes y poco eficaces. Algunos ejemplos preocupantes incluyen:

- **Quesos Artesanales:** El sector de quesos artesanales, que representa aproximadamente el 80 % de la proporción de la leche que no es procesada industrialmente, opera en gran medida fuera de los

marcos regulatorios vigentes. La obtención de permisos por parte de la Contraloría Sanitaria se ha caracterizado por una relativa flexibilidad, en contraste con los requisitos más rigurosos exigidos por otros organismos como el INSAI. Esta disparidad ha generado una brecha normativa que dificulta la articulación coherente del sistema de control sanitario. Además, las medidas de protección adoptadas para fabricantes artesanales, con exigencias significativamente menores que las aplicadas a la industria alimentaria formal, han suscitado preocupaciones en torno a la equidad regulatoria y la garantía de protección al consumidor.

- **Comercio Ambulante:** La venta de alimentos preparados en "tarantines de street food" y en formatos improvisados como, por ejemplo, "barriles de acero inoxidable donde preparan cerdo", se realiza sin supervisión y control constante. Diversos actores han advertido sobre la fragilidad del proceso de otorgamiento, inspección y renovación de los permisos sanitarios. Esta debilidad institucional ha propiciado la aparición de prácticas irregulares que permiten la renovación no conforme de permisos a algunos productores y comerciantes, alimentando un ciclo persistente de incumplimiento normativo, riesgo sanitario y deterioro de la probidad administrativa. En el caso de los mercados de cielo abierto o populares, el problema de la manipulación inadecuada de carnes y quesos es de grandes dimensiones.

4.5. Señales de alerta: Incumplimientos y Posibles Contaminaciones en Alimentos de Consumo Masivo

Se han detectado casos de presuntos incumplimientos y contaminación en alimentos básicos que forman parte de la dieta de la población con posibles consecuencias directas para la nutrición y la salud, de los que algunos ejemplos se sistematizan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Algunos problemas detectados, advertidos o sospechados, de contaminación e incumplimiento de normativas de inocuidad alimentaria en Venezuela.

Problema Detectado	Descripción y Consecuencias
Possible incumplimiento del enriquecimiento obligatorio de harina de maíz precocida	Se ha señalado que un número de las nuevas marcas nacionales de harina precocida de maíz podrían no cumplir con los niveles de enriquecimiento de hierro y vitaminas declarados en sus etiquetados. En el Laboratorio de Nutrición del Decanato de Agronomía de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA) cerca del 90 % de marcas analizadas no cumplen con lo declarado en la etiqueta. Asimismo, se ha advertido que la calidad (contaminación con metales pesados; Boada, 2022; Zang et al., 2023) y la concentración de las

Problema Detectado	Descripción y Consecuencias
	premezclas vitamínicas suministradas por algunos proveedores nacionales podrían ser insuficientes, lo que afectaría el objetivo principal del programa, constituido por la prevención de las anemias nutricionales.
Contaminación por micotoxinas	Se ha advertido que, incluso entre empresas de gran escala, persiste una tendencia a privilegiar pruebas cualitativas por sobre las cuantitativas en el control de contaminantes. Esta limitación metodológica puede conducir a una subestimación significativa del riesgo real asociado a la presencia de micotoxinas en productos como la harina de maíz precocida. Un factor crítico en esta exposición es el almacenamiento inadecuado de maíz con niveles elevados de humedad, que favorece la proliferación fúngica. Diversos estudios vinculan la exposición prolongada a micotoxinas con efectos adversos en la salud: incrementos en la incidencia de cáncer y enfermedades gastrointestinales e inmunológicas, particularmente en la población infantil (OMS, 2024b).
Contaminación por Metales Pesados	Se ha reportado la presencia de plomo y mercurio en materias primas importadas (UCLA, Laboratorio de Nutrición, Decanato de Agronomía, datos no publicados), principalmente de origen chino. Los niveles superarían hasta cuatro veces los umbrales establecidos por normas internacionales, lo que representaría un riesgo significativo para la salud pública a largo plazo. La exposición a metales pesados ha sido asociada en diversos estudios realizados en otros países con efectos adversos en el desarrollo neurológico, incluyendo posibles vínculos con el incremento de trastornos del espectro autista, así como con afecciones inmunológicas y gastrointestinales, especialmente en poblaciones infantiles (Zang et al., 2023). Importante es notar, sin embargo, que China, país que actualiza periódicamente sus estándares reforzando la gobernanza técnica, acaba de publicar la Norma GB 2762-2025 (25 de septiembre de 2025 con entrada en vigor el 2 de septiembre de 2026) emitida conjuntamente por la

Problema Detectado	Descripción y Consecuencias
	NHC y la SAMR, principales organismos reguladores de salud y mercado en China. Este estándar actualizado se aplica a los límites de contaminantes generados durante la agricultura, producción, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y consumo, o provenientes de contaminaciones ambientales, e incluye límites para Pb, Cd, Hg, arsénico, estaño, níquel, cromo, nitritos/nitratos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, nitrosaminas, entre otros.

4.6. Normativas desactualizadas y carencia de estadísticas.

Existen algunos problemas relacionados con la actividad de normalización en el país. Así, por ejemplo, a pesar de recientes desarrollos y actualizaciones de algunas NORMAS VENEZOLANAS COVENIN, por ejemplo, COVENIN 1431:2024. Agua potable envasada. Requisitos. 1ra. Revisión (COVENIN, 2024); COVENIN 1291-1:2025. 2da. Revisión. Aislamiento e identificación de *Salmonella spp.* Parte 1: alimentos (COVENIN, 2025a); Proyecto de Norma Venezolana COVENIN 1291-2. Aislamiento e identificación de *Salmonella spp.* Parte 2: Agua (COVENIN, 2025b); entre otras, el marco regulatorio venezolano en materia de inocuidad alimentaria presenta un rezago frente a estándares internacionales, con normativas que, en ciertos casos, no han sido actualizadas en más de cinco décadas. Un ejemplo emblemático es la norma vigente para alimentos de baja acidez, emitida en 1985 (COVENIN 2872-85. Alimentos comercialmente estériles. Evaluación de la esterilidad comercial) (COVENIN, 1985); cuyo enfoque predominantemente reactivo resulta incompatible con los modelos de gestión preventiva actualmente exigidos a nivel global, como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Diversos países latinoamericanos —como México, Perú y Colombia— han adoptado normas para el procesamiento de alimentos enlatados ácidos y de baja acidez, basadas en los códigos federales de la FDA y USDA-FSIS, así como en el Codex Alimentarius. Chile, por su parte, ha establecido una guía HACCP específica para conservas de baja acidez. En Venezuela, la norma vigente (COVENIN 2278-85) se centra en la evaluación de la esterilidad comercial, funcionando más como un control posterior que como un sistema preventivo. Sin embargo, en la práctica, los procesos térmicos suelen extrapolarse de otras industrias o aplicarse de manera empírica, sin respaldo científico, lo que genera riesgos en la seguridad alimentaria. Por ello, se plantea la necesidad de una normativa más amplia y preventiva, basada en HACCP y en lineamientos internacionales (FDA, Codex), que incluya: a) Registro obligatorio de procesos térmicos ante entes regulatorios; b) Certificación y registro de profesionales

calificados para diseñar dichos procesos; c) Participación de gobierno, industria, comunidad científica y consumidores en su elaboración, d) Periodos de adaptación y mecanismos de auditoría e inspección.

A esta brecha normativa se suma la ausencia sostenida de boletines epidemiológicos que incluyen los casos y brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), a pesar de que su declaración es obligatoria. Esta carencia de información oficial debilita sistémicamente el control alimentario, pues compromete el monitoreo y la respuesta oportuna ante posibles brotes. Este conjunto de fallas institucionales, operativas y normativas configura un escenario de alta vulnerabilidad y consecuencias negativas para la población.

5. RIESGOS E IMPACTOS ESTRATÉGICOS PARA EL PAÍS

Las deficiencias mencionadas en el sistema de inocuidad alimentaria no son meramente técnicas, generan riesgos tangibles y profundos con impactos directos en la salud pública de los venezolanos, la viabilidad económica del sector agroalimentario en los mercados internacionales y la confianza social en el sistema de alimentos en su conjunto.

5.1. Impacto directo en la salud pública

Las consecuencias de la falta de inocuidad se manifiestan directamente en la salud de la población afectando de manera desproporcionada a los grupos más vulnerables.

- **Aumento de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA):** A escala global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que una de cada diez personas enferma cada año por el consumo de alimentos contaminados, lo que subraya la importancia crítica de contar con sistemas nacionales de inocuidad robustos y actualizados (OPS, s/f). En el caso de Venezuela, aunque no se dispone de estadísticas epidemiológicas oficiales actualizadas, esta ausencia de información no impide inferir un escenario preocupante en un contexto de vigilancia debilitada y escasa trazabilidad, en el que podrían estar aumentando los casos de ETA con consecuencias particularmente graves para grupos vulnerables como niños y personas mayores. Esto hace suponer la magnitud del riesgo sanitario y la urgencia de fortalecer los mecanismos de monitoreo, reporte y respuesta interinstitucional.
- **Posible relación con el incremento de Anemias Nutricionales:** La posible falta de cumplimiento de la norma establecida en el proceso de enriquecimiento de harinas de maíz precocida (COVENIN 2135:2017. Harina de maíz precocida. 4ta. Revisión) (COVENIN, 2017); —especialmente en ciertos grupos de pequeñas empresas que han proliferado en el país— genera preocupación en el ámbito de la salud pública. El Instituto Nacional de Nutrición (INN) inició en 1990 el

estudio de factibilidad para enriquecer la harina de maíz precocida (HMP), considerándola un vehículo ideal para el enriquecimiento debido a su alto consumo en Venezuela y también porque en su estado natural carecía de vitaminas del complejo B y cantidades significativas de hierro. Este proyecto, con el apoyo de la industria privada y la Comisión Nacional de Alimentos y Nutrición (CENA), resultó en una norma obligatoria para el enriquecimiento de la HMP a partir de 1993, que luego se extendió a la harina de trigo panadero (Chávez-Pérez, 2020). El programa de enriquecimiento fue un producto de las encuestas Nacionales de Nutrición de 1981-82, cuando se detectó la alta prevalencia de la anemia nutricional en toda la población venezolana. Por lo tanto, este exitoso programa representa hoy un patrimonio de gran valor para el país para contrarrestar la anemia nutricional. De acuerdo al Informe de Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo 2025 (SOFI) la prevalencia de anemias en Venezuela en mujeres de 15 a 49 años, grupo que corresponde a las mujeres en edad fértil ha aumentado de 19 % para el año 2012, a 25,2 % para el año 2023, lo que representa un incremento de 6,2 puntos porcentuales (FAO, FIDA, UNICEF, WFP y WHO, 2025). Para descartar una relación de esta prevalencia con la dieta, en especial con el consumo de harinas enriquecidas, se requieren estudios específicos de consumo de alimentos y evaluación del cumplimiento de la norma de enriquecimiento de las harinas.

- **Exposición a Contaminantes Crónicos:** La exposición a contaminantes como micotoxinas y metales pesados en alimentos de alto consumo ha sido objeto de creciente preocupación sanitaria, especialmente en contextos, como en el caso venezolano, donde los controles son insuficientes y la trazabilidad es limitada, lo cual genera preocupaciones razonables sobre sus efectos a largo plazo en la salud de la población.

5.2. Riesgos económicos y barreras para la exportación

Las fallas en el sistema de inocuidad comprometen severamente el potencial económico y comercial de Venezuela y la meta de diversificar la economía, levantando barreras para el acceso a mercados internacionales.

- La capacidad de acceder a mercados internacionales exigentes para productos estratégicos como la carne y la leche está directamente condicionada por la existencia de sistemas robustos de “trazabilidad, inocuidad y certificación” avalados por terceros confiables. La debilidad de un marco institucional no alineado cabalmente con estándares internacionales compromete la viabilidad de exportación.
- La vulnerabilidad del sistema de inocuidad nacional queda expuesta incluso al analizar incidentes que ocurren en empresas grandes y con altos estándares de calidad, lo cual hace inferir una situación potencialmente más grave y peligrosa en el resto de empresas, algunas muy pequeñas, que han proliferado en el país y que no

cuentan con la misma capacidad de vigilancia, mitigación de riesgos y cultura de inocuidad. Esto puede interpretarse como una debilidad sistémica, no solo sectorial.

- Los retrasos en la entrega de resultados de laboratorio — que en algunos casos pueden extenderse hasta por un mes— representan una barrera operativa crítica para la exportación de productos perecederos. Esta demora compromete seriamente la capacidad de respuesta logística, afecta la vida útil de los productos y debilita tanto la competitividad como la confiabilidad de los productores venezolanos ante mercados internacionales que exigen eficiencia, trazabilidad y cumplimiento riguroso de plazos. Superar esta limitación requiere fortalecer la infraestructura analítica, optimizar los tiempos de respuesta y garantizar la interoperabilidad entre laboratorios, autoridades sanitarias y operadores.

5.3. Consecuencias sociales y erosión de la confianza

El impacto social de esta crisis se manifiesta en la erosión de la confianza del consumidor y en la alteración de sus patrones de consumo.

- La precarización económica y la falta de garantías de calidad obligan al consumidor a tomar decisiones “sobre la base del precio y no de la calidad del alimento”, perpetuando un ciclo de consumo de productos de bajo costo y calidad con alto riesgo para la salud.
- Programas de distribución de alimentos, como el CLAP, concebidos para fortalecer la seguridad alimentaria, han terminado por afectar la confianza ciudadana. Factores como los retrasos en la entrega, fallas en la transparencia administrativa y la percepción de baja calidad de algunos de los alimentos suministrados se han generalizado en la opinión pública. Esta situación se refleja en reportes mediáticos que transmiten erosión de la confianza e insatisfacción de los beneficiarios.

La identificación de estos riesgos e impactos subraya la urgencia de implementar un conjunto de acciones correctivas y estratégicas.

6. MEDIDAS Y ACCIONES PROPUESTAS POR LA COMISIÓN INTERACADÉMICA

Ante el análisis técnico, imparcial y multifactorial presentado, la Comisión Interacadémica de Sistemas Alimentarios y Nutrición (CISAN) procede a formular un conjunto de estrategias prioritarias con una visión constructiva de todos los componentes de la cadena de suministro, extensiva a otros actores y actividades del sistema agroalimentario. El propósito fundamental es abordar la crisis con un enfoque de largo plazo y superar la inercia del desgaste, proponiendo una hoja de ruta clara que se articula en tres pilares de acción: una colaboración interinstitucional efectiva, el fortalecimiento de capacidades técnicas y una incidencia estratégica orientada a incidir en el diseño y ejecución de políticas públicas. La finalidad es impulsar

mejoras estructurales que garanticen la salud del consumidor, ayudando a corregir desequilibrios, a reactivar el dinamismo competitivo y las capacidades estratégicas del sistema agroalimentario nacional.

6.1. Fortalecimiento Institucional y Gobernanza

La piedra angular de la recuperación es la "reinstitucionalización" del sistema de control de alimentos. Para ello, se proponen las siguientes acciones clave como parte de una hoja de ruta estratégica:

- **Acercamiento Estratégico a SENCAMER:** Se recomienda establecer una estrategia de relacionamiento directo al más alto nivel institucional. Esto implica invitar formalmente a la máxima autoridad de SENCAMER para que comparta la visión institucional de la entidad ante las academias. El propósito de este encuentro es conocer su articulación con FONDONORMA, Codex Alimentarius, ISO, el sector académico e industrial. Adicionalmente, se busca ofrecer nuestra colaboración para fortalecer las competencias técnicas del personal de SENCAMER. Esto representaría un enfoque estratégico que prioriza la interlocución directa con la dirección del organismo para la colaboración e impulso de reformas.
- **Reactivación del proyecto clave para el aseguramiento de la calidad de los alimentos y la modernización normativa:** Bajo la coordinación de SENCAMER, durante los años 2005-2006, un grupo de trabajo interinstitucional estructuró el proyecto "Sistema Nacional Integrado de Control de Alimentos (SNICA)", con asistencia Técnica del Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA) y la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). El proyecto SNICA constituyó un esfuerzo interinstitucional elaborado por un grupo de profesionales con carácter multidisciplinario e intersectorial, quienes diseñaron una propuesta con el fin de sistematizar y organizar las actividades desarrolladas y por ejecutar en materia de control e inocuidad de los alimentos en el país. La reactivación y actualización de ese proyecto constituirían una acción estratégica de alto impacto. Retomar este esfuerzo proyectaría un compromiso político claro con la protección de la salud pública y la modernización del marco normativo nacional.
- **Plena Participación Internacional:** Se recomienda priorizar la reactivación formal de Venezuela como miembro pleno de la Organización Internacional de Normalización (ISO), así como la reactivación formal de la Comisión Venezolana del Codex. Esta acción es indispensable para asegurar la modernización y alineación inmediata del sistema regulatorio nacional con los estándares y marcos normativos internacionales de referencia, que además envían un mensaje claro de que el país está dispuesto a recuperar su lugar en el escenario mundial.

6.2. Mejoras Técnicas, Regulatorias y de Control

Para mejorar la fiabilidad y efectividad del sistema a nivel operativo, se proponen las siguientes medidas técnicas:

- **Implementación inmediata de programas de ensayos interlaboratorios y de aptitud:** El objetivo es homogeneizar y garantizar la confiabilidad y la precisión de los resultados emitidos por los laboratorios de análisis de alimentos en el país. Esta acción es fundamental, ya que servirá como una herramienta objetiva para identificar y corregir fallas sistémicas en los métodos de análisis.
- **Actualización de normativas:** Es imperativo modernizar las normas que estén desactualizadas, como la de alimentos de baja acidez. El enfoque debe transitar de un modelo reactivo a uno preventivo, basado en el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), en línea con las tendencias internacionales.
- **Procedimiento y técnicas de análisis de laboratorio:** Resulta imperativo actualizar los protocolos de análisis vigentes, incorporando una revisión sistemática orientada a la sustitución de reactivos de alta toxicidad por insumos más seguros o técnicas instrumentales. Esto no solo responde a criterios de protección de la salud del personal técnico y del entorno, sino que también fortalece la credibilidad del sistema analítico nacional. La modernización de estos procedimientos es clave para garantizar la calidad de los resultados, reducir riesgos operativos y alinear las prácticas locales con estándares internacionales de bioseguridad y sostenibilidad.

6.3. Plan de Capacitación y Formación a Múltiples Niveles

La capacitación es un eje transversal que debe abarcar a todos los actores de la cadena alimentaria (**Tabla 2**) desde el productor primario hasta el consumidor final.

6.4. Escalamiento temporal de las acciones

En la búsqueda de soluciones se propone una serie de acciones a corto, mediano y largo plazo (**Figura 3**). Las medidas a corto plazo priorizan acciones de sensibilización pública, la emisión oportuna de alertas y el establecimiento de primeros acercamientos institucionales. Estas se complementan con intervenciones orientadas a corregir fallas críticas y a iniciar la formación de una cultura de inocuidad. Estas medidas podrían ser iniciadas de manera simultánea. Por su parte, las medidas a mediano plazo contemplan el fortalecimiento de capacidades técnicas e institucionales, la optimización de los sistemas de control de calidad y la revisión y actualización del marco normativo vigente. Finalmente, las medidas a largo plazo implican cambios fundamentales en el sistema regulatorio, reformas legislativas sustantivas y la modernización integral de procesos, con miras a garantizar la eficiencia y la competitividad.

Tabla 2. *Acciones propuestas para la capacitación de los actores de la cadena alimentaria*

Componente	Acciones Propuestas
Industria y técnicos	Se recomienda establecer la colaboración formal de las academias para la capacitación especializada en inocuidad, enfocada en los Códigos Federales de Regulación de la Food and Drug Administration (FDA) de EE. UU. Para la implementación de estos programas, es crucial identificar y movilizar expertos en la materia.
Productores agrícolas	Se recomienda diseñar y publicar una Guía Modelo de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). El objetivo es proporcionar a los productores un manual didáctico, conciso y de fácil acceso que ofrezca orientación clara y adaptable a la naturaleza de su negocio, para fortalecer la inocuidad directamente desde el origen de la producción, asegurando el cumplimiento de los principios sanitarios en el sector primario. Realizar talleres de las principales zonas de producción en las cadenas de valor con mayores riesgos y problemas de salud por la inocuidad.
ONG y manipuladores de alimentos	Desarrollar manuales específicos para organizaciones no gubernamentales que distribuyen alimentos, con un fuerte énfasis en la capacitación continua del personal, dada la alta rotación existente en este sector. Un ejemplo es la Guía Rápida para la Inocuidad, Higiene y Manipulación de Alimentos, del Cluster de Seguridad Alimentaria y Medios de Vida (OCHA, 2023).
Consumidores	Se recomienda establecer programas de educación masiva y continua, para la promoción de una cultura de inocuidad a nivel del consumidor, que debe abarcar la correcta compra y manipulación de alimentos en el hogar, componente esencial que actúa como la última línea de defensa contra las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).



Figura 3. Medidas a corto, mediano y largo plazo propuestas por CISAN para la mejora de la inocuidad alimentaria en Venezuela

6.5. El Rol de la Academia: Sensibilización y apoyo técnico

La Comisión Interacadémica (CISAN) asume un rol proactivo y técnico en este proceso, centrado en la sensibilización y la formulación de propuestas basadas en evidencia científica y experiencias exitosas nacionales e internacionales. La función principal de la Comisión es ayudar a identificar fallas críticas en el sistema alimentario y contextualizarlas a la luz de la evidencia nacional e internacional. Este proceso culminaría con la formulación y presentación de acciones prioritarias y una hoja de ruta estratégica dirigida a los entes competentes.

Se propone la organización de eventos de sensibilización, como foros y talleres, para presentar el diagnóstico de la situación, los desafíos identificados y las propuestas de acción con visión de sistema agroalimentario e involucramiento de todos los actores.

El objetivo estratégico final es visibilizar el alto costo que generan las actuales deficiencias, especificando el impacto socioeconómico, sanitario y laboral derivado de la crisis de inocuidad. Esta evidencia rigurosa busca construir un argumento irrefutable para las autoridades regulatorias para una intervención estricta, inmediata y sostenida.

El objetivo estratégico final es visibilizar el alto costo que generan las deficiencias actuales, detallando sus impactos socioeconómicos, sanitarios y laborales en el contexto de las fallas en el sistema de inocuidad. Esta evidencia rigurosa pretende ofrecer a las autoridades regulatorias un fundamento sólido que impulse una intervención estricta, urgente y sostenida en el tiempo irrefutable para las autoridades regulatorias.

En esta línea de acción se requiere fortalecer la gestión de proyectos de cooperación internacional, articulando la participación de todo el capital humano calificado disponible en el país. En este contexto, la Academia se erige como referencia estratégica por su misión, imagen y prestigio dentro de la comunidad científica, aportando legitimidad y capacidad técnica al proceso.

La aplicación de estas medidas implica una acción concertada y sostenida, orientada a fortalecer nuestras instituciones y restablecer la confianza pública en las mismas, al tiempo de garantizar la protección sanitaria de la población venezolana.

7. CONCLUSIÓN: UN LLAMADO A LA ACCIÓN COORDINADA

Este informe revela una paradoja estructural crítica: aunque Venezuela cuenta con una base legal y normativa sólida en materia alimentaria, el desgaste institucional acumulado —que no necesariamente responde a una intencionalidad explícita, sino que puede derivar de dinámicas prolongadas de desatención, rezago normativo y limitaciones operativas— ha

socavado su capacidad de implementación efectiva. Las deficiencias en la confiabilidad de los laboratorios, el crecimiento sostenido de la informalidad, el libre albedrío por la falta de supervisión, y la sospecha de incumplimiento de normas en alimentos de consumo masivo, junto con la desactualización de normativas clave, configuran un conjunto de síntomas que evidencian una crisis con riesgos para la salud pública y barreras serias para el desarrollo económico. Superar este escenario exige una intervención integral, articulada y multisectorial, orientada a restaurar la gobernanza técnica, fortalecer los mecanismos de control y garantizar condiciones mínimas de inocuidad, trazabilidad y competitividad, con certificación y sellos de calidad.

En consecuencia, la mejora de la situación de la inocuidad alimentaria en el país, no reside en acciones aisladas, sino en un esfuerzo mancomunado entre el sector público, la industria privada y la academia, alineado con el enfoque multisectorial “Una Sola Salud” (OMS, 2023). Para ello, es imperativo reconstruir las capacidades técnicas de los organismos de control, actualizar el marco regulatorio con un enfoque preventivo y fomentar una cultura de inocuidad que permea a toda la cadena de valor, y al sistema agroalimentario nacional, guiado por un plan de acción coherente y bien estructurado en cuanto a objetivos, metas y estrategias y políticas públicas articuladas. La Comisión Interacadémica, desde su rol técnico y apolítico, reitera su firme compromiso de colaborar en procesos de capacitación, actualización normativa y emisión de recomendaciones basadas en ciencia. Proteger la salud de la población venezolana y garantizar un sistema agroalimentario seguro y confiable es una responsabilidad compartida y una prioridad nacional impostergable.

8. FUENTES CONSULTADAS

Referencias

1. Agudo-Guevara, R., y Tapia, M. S. (2025). *Challenges of the milk value chain and food security of Venezuelans*. CISAN. Comisión Interacadémica del Sistema Alimentario y Nutrición (ACFIMAN-ANIH). II Congreso Mundial sobre Inocuidad Alimentaria, Salud y Seguridad. Rotterdam, Países Bajos.
2. Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe*. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Seguridad_alimentaria_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe.pdf
3. Boadas-Morales, J. A. (2022). *Autismo y su relación con los metales pesados. ¿Cuál es la realidad?* LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/autismo-y-su-relaci%C3%B3n-con-los-metales-pesados-cu%C3%A1l-es-boadas-morales>
4. Chávez-Pérez, J. F. (2020). El enriquecimiento de la harina de maíz precocida y de la harina de trigo en Venezuela. Una gestión con éxito. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 33(1). <https://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2020/1/art-9/>

5. Comisión Interacadémica del Sistema Agroalimentario y la Nutrición. (2025). *La seguridad y la inocuidad alimentaria. Riesgos y desafíos en el país*. Seminario de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) y la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). <https://acfiman.org/claves-para-entender-el-estatus-de-la-seguridad-e-inocuidad-alimentarias-en-venezuela/>
6. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1985). *Alimentos comercialmente estériles. Evaluación de la esterilidad comercial* (COVENIN 2872-85). <https://sigbs.sencamer.gob.ve/>
7. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2002). *Directrices generales para la aplicación del sistema HACCP en el sector alimentario* (COVENIN 3802:2002). <https://sigbs.sencamer.gob.ve/>
8. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2017). *Harina de maíz precocida* (COVENIN 2135:2017, 4.ª rev.). <https://sigbs.sencamer.gob.ve/>
9. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2024). *Agua potable envasada. Requisitos* (COVENIN 1431:2024, 1.ª rev.). <https://www.sencamer.gob.ve/wp-content/uploads/2024/04/PNVC-1431-2024.pdf>
10. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2025a). *Aislamiento e identificación de Salmonella spp. Parte 1: alimentos* (COVENIN 1291-1:2025, 2.ª rev.). <https://www.sencamer.gob.ve/wp-content/uploads/2025/02/PNVC-1291-1-2025.pdf>
11. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2025b). *Proyecto de Norma Venezolana COVENIN 1291-2. Aislamiento e identificación de Salmonella spp. Parte 2: Agua*. <https://www.sencamer.gob.ve/?p=14198>
12. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad. (2022). *Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Requisitos* (Fondonorma 4073:2022). <https://fondonorma.abcdonline.info/>
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Inocuidad y calidad de los alimentos*. <https://www.fao.org/food-safety/about/q-a-on-food-safety/es>
14. Food and Agriculture Organization & World Health Organization. (2025). *Principios generales de higiene de los alimentos*. Codex Alimentarius (CXC 1-1969). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6e28e86b-cf11-466b-b997-6e943b9d6376/content>
15. Food Safety System Certification. (2023). *Documento de orientación: Cultura de calidad e inocuidad alimentaria* (FSSC 22000, Ver. 2). https://www.fssc.com/wp-content/uploads/2023/03/Guidance-Documents-Food-Safety-and-Quality-Culture-V6_ES.pdf
16. Global Agriculture Information Network & United States Department of Agriculture. (2025). *National Food Safety Standard on Maximum Levels of Contaminants in Foods* (GB 2762-2025). Voluntary Report.
17. Heng, Y. Y., Asad, I., Coleman, B., Menard, L., Benki-Nugent, S., Were, F. H., Karr, C., y McHenry, M. S. (2022). Heavy metals and neurodevelopment of children in low and middle-income countries: A systematic review. *PLOS ONE*, 17(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265536>
18. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. (2020). *Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030*. Committee on World Food Security. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f2951ae9-e9b0-4faa-993e-0c2df8e9aa27/content>
19. ICommunity. (2022). *Food traceability and Blockchain: the perfect tandem*. <https://icommunity.io/en/food-traceability-and-blockchain-the-perfect-tandem/>
20. International Organization for Standardization. (2018). *Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos: Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria* (ISO 22000:2018).
21. International Organization for Standardization. (2025). *Prerequisite programmes on food safety. Part 100: Requirements for the food, feed and packaging supply chain* (ISO 22002-100:2025).
22. Ley Orgánica de Soberanía y Seguridad Alimentaria. (2008). *Decreto Ley N.º 6.071/08*. Gaceta Oficial N.º 5.889. Caracas, Venezuela.
23. Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de Naciones Unidas. (2023). *Guía rápida para la inocuidad, higiene y manipulación de alimentos*. Cluster de Seguridad Alimentaria y Medios de Vida. <https://fsccluster.org/es/document/guia-de-inocuidad-higiene-y-manipulacion>
24. Organización Mundial de la Salud. (2023). *Una Sola Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/one-health>
25. Organización Mundial de la Salud. (2024a). *Inocuidad de los alimentos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
26. Organización Mundial de la Salud. (2024b). *Micotoxinas*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
27. Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Enfermedades transmitidas por alimentos*. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>
28. The State of Food Security and Nutrition in the World 2025. (2025). *Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. FAO; FIDA; UNICEF; WFP; WHO. <https://doi.org/10.4060/cd6008en>
29. Tapia, M. S., Rivas, S., Ávila, R. M., Carmona, A., Torres, A., Núñez, M., Machado-Allison, C., Padrón, M., Agudo, R., y Lira, B. (2025). *Food Safety in Venezuela. Some particularities*. CISAN. II Congreso Mundial sobre Inocuidad Alimentaria, Salud y Seguridad. Rotterdam, Países Bajos.
30. Zang, Z., Kluz, T., y Costa, M. (2023). Toxic element contaminations of prenatal vitamins. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 477. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2023.116670>

GENERAR EMPLEO DE CALIDAD PARA AMPLIAR LA INCLUSIÓN SOCIAL EN LAS FASES DE RECUPERACIÓN, Y A LO LARGO DEL DESARROLLO FUTURO

Comisión de Desarrollo Nacional ANIH

Durante los últimos cincuenta años, los hogares de Venezuela han vivido una persistente tendencia al empobrecimiento, un fenómeno alimentado por tres procesos que se instalaron en la economía desde la década de 1970: un crecimiento inestable, afectado por shocks externos pronunciados; la precarización laboral de la población activa; y una inflación que desde entonces ha erosionado el poder adquisitivo de los salarios.

En lo que respecta a la inflación, superar esas tendencias exige conductas macroeconómicas del gobierno que limiten estrictamente el déficit fiscal, y políticas del banco central que impidan su financiamiento monetario y contribuyan en el corto plazo a estabilizar los precios y fomentar el empleo.

En cuanto a la precariedad laboral, que incluye tanto el desempleo abierto como el empleo informal, la respuesta necesaria es una política de *creación de empleos de calidad*, entendidos como los que ofrecen remuneración digna, estabilidad y seguridad social; es decir, emprendimientos y empleos formales.

En una economía que ha consolidado su crecimiento sostenido, la generación de empleos de calidad resulta de dos procesos que se retroalimentan, propiciados simultáneamente por inversiones mayores de capital en empresas de gran escala, y por muchas inversiones menores en el tejido general de la economía, inducidas mayormente por la demanda interna de los hogares que se apoyan en empleos de calidad. No obstante, en lo inmediato, los grandes motores productivos de Venezuela no habrán alcanzado un vigor que impulse tal dinámica, planteando un desafío urgente para el desarrollo humano y la libertad ciudadana durante la transición.

Proponemos responder al desafío con una política articulada en tres ejes. El primero contempla la *Creación de Capital Humano*; el segundo *Reformas Institucionales* que den certidumbre a quienes generan empleo; y el tercero acciones de *Política Productiva y Comercial en sectores* que requieren baja inversión por empleo, con alto componente de trabajo en su Valor Agregado.

El primer eje: Creación de Capital Humano

El *Capital Humano* de una sociedad acumula el conocimiento, la experiencia y las destrezas de su gente, da sustento en todo momento al crecimiento económico del que ella es capaz por sus ventajas comparativas, su dominio tecnológico y su acervo de capital físico (económico), y, en el largo plazo, garantiza la sostenibilidad del crecimiento incluso más que éste último.

Adicionalmente, tanto en condiciones de emprendimiento autónomo como de dependencia laboral, el nivel de calificación de una persona eleva la probabilidad de que alcance las condiciones de formalidad, salario digno y protección social que caracterizan al empleo de calidad.

De allí que activar el eje de Creación de Capital Humano constituya el preámbulo para fomentar el empleo de calidad durante las etapas iniciales de la recuperación de Venezuela, y sostener tal creación en todo horizonte sea indispensable para mantener el crecimiento.

Venezuela tiene el desafío de superar la pérdida masiva de técnicos especializados y profesionales universitarios que causó la diáspora (p.e. médicos, ingenieros, economistas, administradores, biólogos, físicos y científicos sociales, entre otros), que la han hecho perder miles de años de experiencia y maestría en los oficios, profesiones y áreas de investigación.

Para contribuir a subsanar esa pérdida, proponemos, desde el muy corto plazo, complementar la formación académica propia de las Políticas de Educación,¹ con modelos de emergencia asociados a la actividad productiva, a través de cuatro líneas: i) una primera dirigida a programas cortos de capacitación;² ii) la segunda, orientada a estimular el regreso de contingentes de la diáspora calificada; iii) la tercera, conducente a promover una inmigración selectiva focalizada en objetivos de capacitación y de transferencia de tecnología y de redes de contactos globales;³ y iv) la cuarta, dedicada a construir y actualizar una base de información que apoye la formulación y el seguimiento de planes y programas en las tres primeras.⁴

¹ En cuanto a las Políticas de Educación, se sugiere que las reformas en los niveles de educación básica media y superior, incluyan incorporar en todos sus currículos conceptos básicos de economía y elementos de emprendimiento, gestión empresarial, comercio y mercadeo digital, entre otros.

² Por ejemplo: a) Certificaciones de capacitación cortas asociadas a servicios básicos (electricidad, agua, salud primaria); tecnologías digitales (software); y agroindustria; b) Aprender haciendo: alianzas con empresas para que la formación ocurra en los puestos de trabajo; y c) Validación de saberes: complementar la formación de quienes ya tienen la práctica, pero no el título.

³ El Estado y las empresas podrían crear la figura del inmigrante-mentor, quien debería aportar y validar la formación práctica de un grupo de trabajadores según estándares internacionales. También podría convenir atraer a expertos en informática y tecnologías digitales que, a cambio de incentivos fiscales, impartan *bootcamps* para jóvenes locales; así como a técnicos del sur de Europa que contribuyan a integrar tecnología de precisión en el campo venezolano, certificando a operarios locales, por ejemplo, en el uso de drones y sensores agrícolas.

⁴ Por ejemplo, información de indicadores como habilidades, conocimientos, cultura, demografía y salud de miembros de la fuerza de trabajo.

El segundo eje: Reformas Institucionales

La reforma institucional que requiere la economía venezolana para retomar el crecimiento, contribuir a la complejización productiva y hacerse sostenible en las dimensiones económica, social y ambiental, implica cambios fundamentales que fomenten la inversión privada garantizando los derechos de propiedad, que desaparezcan las normas que reservan exclusivamente al Estado la producción o la comercialización en sectores específicos, que propicien el relacionamiento de toda actividad económica con la naturaleza respetando los equilibrios naturales, y que, en suma, asignen el protagonismo a las iniciativas privadas y circunscriban el Estado a la creación de bienes públicos, incluida la regulación.

Y entrando en consideraciones particulares sobre una pronta dinamización de la economía privada en favor de la generación de empleos de calidad, se propone que el eje de reformas institucionales priorice tres líneas: i) modificar la legislación mercantil para agilizar los procesos de constitución, estructuración y operación de cualquier negocio o empresa, en particular empresas de un solo dueño, PyMEs y cooperativas; revisar la legislación referida a emprendimiento e integrarla con la legislación comercial; y digitalizar los procesos de registro de empresas para reducir costos y evitar discrecionalidades; ii) flexibilizar las relaciones en el mercado de trabajo, mediante un amplio consenso, para eliminar rigideces que inhiben la creación de empleos formales y la formalización de los informales, incluyendo la adopción de nuevas figuras como las de tercerización y de asociación para proyectos o la subcontratación a empresas independientes constituidas por trabajadores, y otras formas que han sido instrumentadas y validadas en otros países;⁵ y iii) revisar los instrumentos tributarios nacionales y locales que hoy aplican a las empresas, para adecuarlos en favor de la recuperación de la economía de nivel local y de su mayor contribución a la generación de empleos de calidad, incluyendo sincerar la carga tributaria total y facilitar trámites a través de su acceso digital y la implementación de “taquillas únicas”.⁶

Tercer eje: Acciones de Política Productiva y Comercial

Las propuestas planteadas en los dos ejes anteriores se dirigen a crear condiciones de marco para el funcionamiento competitivo de las empresas privadas, ambientes que hacen económicamente factible a los empresarios y emprendedores adaptar a la competencia sus funciones de producción, lo que es inviable sin las Reformas Institucionales y la mejora del

Capital Humano.

En un futuro próximo, tan pronto se inicie nuestra recuperación económica, una enorme variedad de productos originarios de todo el mundo se hará presente en Venezuela, y los productos venezolanos deberán enfrentar con ellos una seria competencia. En efecto, se desvanecerá la diferencia entre el “mercado nacional” y el “mercado internacional”, porque nuestro acceso al financiamiento internacional, a inversiones extranjeras, y a mercados de exportación, indispensables para la recuperación, estará condicionado a una pronta apertura a la competencia internacional en nuestro mercado interno.

En consecuencia, la creación de muchos empleos de calidad, será posible en la medida en que las empresas venezolanas asuman prácticas de innovación permanente en sus funciones de producción, que las haga prontamente competitivas y las mantenga siéndolo. Y ese progreso de la competitividad contribuirá a elevar las exportaciones venezolanas y a reducir las filtraciones de divisas vía importaciones, elevando la tasa de crecimiento del PIB real e induciendo un proceso acumulativo de generación de empleos de calidad.

Las acciones que se proponen en este tercer eje de la política, se dirigen en el corto plazo a mejorar las funciones de producción de ciertas ramas de la economía, a través de incentivar en ellas tres procesos: i) la creación de nuevas empresas capaces de generar muchos empleos de calidad; ii) el fortalecimiento de esa capacidad en empresas existentes; y iii) el mejoramiento continuo de la productividad y de la competitividad de las empresas, preexistentes y nuevas, para que se mantengan exitosas en la competencia frente a la oferta de otros países.

Las ramas de actividad en las cuales focalizar el despliegue de estas iniciativas pueden ser de mercado nacional o internacional. El criterio básico para seleccionarlas es que en ellas confluyan una reducida inversión por cada nuevo empleo, y una elevada proporción de la remuneración al trabajo en el valor agregado (PIB) de la rama.⁶ Y, finalmente, las clases de iniciativas a implementar en cada rama seleccionada pueden ser de dos clases: i) vía innovaciones en los procesos productivos, de logística y de gestión comercial en las ramas seleccionadas, y ii) a través de implementar un sistema de inteligencia comercial que apoye a la rama

⁵ Entre otros temas a revisar estarían: a) los horarios laborales para adaptarse a los diversos tipos de trabajo, a la movilidad urbana, a las nuevas rutinas de alimentación y descanso, a las condiciones de trabajo híbrido y remoto; b) las prestaciones sociales y particularmente la retroactividad, para permitir el funcionamiento de fondos de capitalización, cuentas de ahorro laboral y otras modalidades similares.

⁶ Como ilustración sobre pequeñas empresas y emprendimientos de ramas que podrían ser objeto de las propuestas del tercer eje, por ser grandes generadoras de empleo por unidad de valor agregado, se mencionan: a) Servicios personales y actividades relacionadas con el turismo: salud y cuidado, hoteles, restaurantes, proveedores de tours; b) horticultura sostenible/orgánica; c) manufactura tradicional de consumo (ligera) y artesanía incluyendo vestuario, muebles, alimentos en conserva; d) construcción de infraestructura básica, por ejemplo en remodelación de barrios urbanos y construcción de caminos rurales o pequeños sistemas de riego; y e) desarrollo de paisajismo en ciudades y conservación y mantenimiento de equipamiento y mobiliario urbano.

haciendo seguimiento a requerimientos de calidad y sostenibilidad social y ambiental en los mercados importadores más dinámicos del mundo, y a las empresas que son líderes en ellos, incluyendo las políticas de competitividad de sus países de origen.

Conclusiones

Para fomentar de manera continua y sostenible en el horizonte de largo plazo el empleo de calidad, Venezuela requiere un *cambio de estilo de desarrollo*, que fomente la noción de progreso, estimule valores positivos en la sociedad, y abra oportunidades para la realización personal basadas en el desarrollo de las capacidades humanas y la libertad para emprender.

La creación de empleo con escaso capital, necesidad que enfrentamos en el corto plazo, es, en esencia, un problema de eficiencia en la asignación del capital limitado. Es preciso ser altamente competitivo en nichos que dependen de la habilidad humana, la cultura, la proximidad a los mercados, y desarrollar en ellos la capacidad de innovar con pocos recursos.

La reactivación económica de Venezuela en el corto plazo depende intrínsecamente de su capacidad para transformar el autoempleo en empresas formales y escalables. Sin embargo, este proceso enfrenta un cuello de botella en el marco regulatorio vigente. Para corregirlo a corto plazo, es menester abordar, como se ha expuesto, reformas institucionales para modernizar la legislación mercantil se la estructurales: la modernización de la legislación mercantil y del mercado

laboral; y una racionalización de las imposiciones tributaria y parafiscal;

Finalmente, el Emprendimiento ha demostrado en Venezuela resiliencia, pero para convertirse en el motor de empleos de calidad que el país necesita, requiere de un entorno legal que promueva la formalidad en lugar de castigarla. La política de empleo de calidad debe apuntar a un Estado que actúe principalmente como facilitador.

Notas finales

⑥ En 2023 se promulgó la Ley Orgánica de Coordinación y Armonización de las Potestades Tributarias de los Estados y Municipios; su contenido permite considerar los aspectos que se deben tratar a fin de proteger y estimular los emprendimientos creadores de empleo. El Impuesto a la Actividad Económica, el tributo que cobran los municipios por el simple hecho de operar en su territorio, se calcula sobre los ingresos brutos (ventas), y no sobre las ganancias. La Ley ofrece un trato preferencial a los emprendedores registrados: la sumatoria de todos sus impuestos municipales no puede exceder el 1% de sus ingresos brutos anuales limitando este beneficio a los primeros dos años. Las Tasas por Servicios se pagan por un servicio recibido, tal es el caso del aseo urbano cuyas tarifas suelen calcularse por el metraje del local o el tipo de actividad, llegando a montos que superan el alquiler del local. Los municipios también pechan a los emprendimientos con Cargas Parafiscales Municipales, al respecto se citan: Propaganda y Publicidad Comercial: canon por avisos en la fachada o en etiquetas en vehículos de reparto. Derecho de Frente: impuesto anual sobre la propiedad o el uso del espacio físico. Licencias y Permisos: licencia de licores, permiso de bomberos o conformidad sanitaria.

**NOTICIAS E INFORMES DE EVENTOS
AUSPICIADOS POR LA ANIH**

CORROSIÓN Y DURABILIDAD EN EDIFICACIONES EXISTENTES EN EL LITORAL VENEZOLANO

Valentina MILLANO GONZÁLEZ^{1,2}, Andrés TORRES ACOSTA³, José Luis BEAUPERTHUY URICH^{2,4}
Editores: Oladis TROCONIS DE RINCÓN^{1,2,5,6}, Carlos QUINTINI⁶, Carlos RODRÍGUEZ ÁLVAREZ^{2,6}

RESUMEN

Este artículo sintetiza las ponencias y conclusiones del foro titulado **“Corrosión y durabilidad en edificaciones existentes en el litoral venezolano”** desarrollado en julio de 2025 por la Comisión de Infraestructura de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, junto con la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve). El documento analiza la grave problemática de degradación que afecta a la infraestructura costera de Venezuela, un entorno caracterizado por una agresividad corrosiva extrema (categoría CX según ISO) debido a la combinación de altas temperaturas, humedad relativa y transporte de cloruros por la brisa marina. A través de la revisión de programas de investigación iberoamericanos (MICAT y DURACON) y el análisis de casos de estudio específicos —como las torres de transmisión eléctrica (acero galvanizado), en el Lago de Maracaibo y estructuras de concreto armado en plantas industriales—, se demuestra que la falta de criterios de diseño orientados a la durabilidad ha provocado fallas prematuras, en ocasiones apenas dos años después de la construcción. El texto resalta que el enfoque tradicional centrado únicamente en la resistencia mecánica es insuficiente para el litoral venezolano. Finalmente, se plantean recomendaciones técnicas críticas, incluyendo el cumplimiento riguroso de la norma **NTF 4015:2012**, el uso de bajas relaciones agua/cementante, recubrimientos adecuados (5 a 7 cm) y la implementación de sistemas de protección superficial. Se concluye que la durabilidad debe ser tratada como una inversión estratégica indispensable para la sostenibilidad y seguridad de las edificaciones en la región.

ABSTRACT

Corrosion and durability in existing buildings on the Venezuelan coast

This article synthesizes the presentations and conclusions from the forum titled **"Corrosion and Durability in Existing Buildings on the Venezuelan Coast,"** held in July 2025 by the Infrastructure Commission of the National Academy of Engineering and Habitat, in collaboration with the Latin American Association for Quality Control, Pathology, and Construction Recovery – Venezuela Chapter (ALCONPAT-Ve). The document analyzes the severe degradation issues affecting Venezuela's coastal infrastructure, an environment characterized by extreme corrosive aggressiveness (category CX according to ISO standards) due to the combination of high temperatures, relative humidity, and chloride transport via marine breeze. Through a review of Ibero-American research programs (MICAT and DURACON) and the analysis of specific case studies—such as galvanized steel power transmission towers in Lake Maracaibo and reinforced concrete structures in industrial plants—it is demonstrated that the lack of durability-oriented design criteria has led to premature failures, sometimes occurring only two years after construction. The text emphasizes that the traditional approach, focused solely on mechanical strength, is insufficient for the Venezuelan coastline. Finally, critical technical recommendations are proposed, including strict compliance with the **NTF 4015:2012** standard, the use of low water-to-cement ratios, adequate concrete cover (5 to 7 cm), and the implementation of surface protection systems. It concludes that durability must be treated as an essential strategic investment for the sustainability and safety of buildings in the region.

Palabras clave: Corrosión atmosférica, durabilidad, concreto armado, galvanizado, litoral venezolano, cloruros, vida útil, ambiente marino.

Keywords: Atmospheric corrosion, durability, reinforced concrete, galvanized steel, Venezuelan coast, chlorides, service life, marine environment.

¹ Centro de Estudios de Corrosión (CEC), Universidad del Zulia, Venezuela.

² ALCONPAT-Ve.

³ Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, México; Academia de Ingeniería de México; ALCONPAT México.

⁴ B.R.S. Ingenieros, C. A.

⁵ University of Texas at San Antonio, USA

⁶ Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo es el resultado del foro titulado “Corrosión y durabilidad en edificaciones existentes en el litoral venezolano”, desarrollado el 18 de julio de 2025 por la Comisión de Infraestructura de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, junto con la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – Delegación Venezuela (ALCONPAT-Ve).

A manera de introducción, es necesario destacar que todo lo que se ha hecho en materia de corrosión atmosférica nace cuando se desarrolla el programa CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), creado en 1984 mediante un acuerdo-marco interinstitucional entre 19 países de América Latina, España y Portugal, bajo la idea principal de unificar criterios, conocimientos y experiencias entre especialistas iberoamericanos para contribuir al Desarrollo Sostenible de la región. Dentro del CYTED, la corrosión se incluye dentro del subprograma XV, Corrosión/Impacto Ambiental sobre los Materiales, lo cual se encuentra dentro del área de promoción al desarrollo industrial.

Los proyectos y redes temáticas incluidas y financiadas por este programa se muestran en la Figura 1

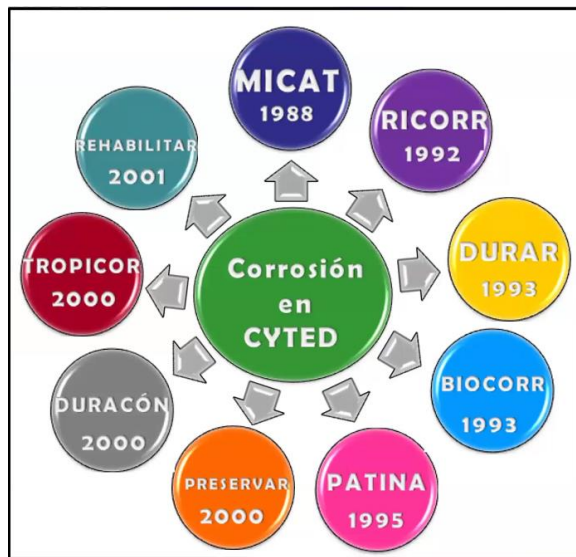


Figura 1. Proyectos de investigación y redes temáticas del CYTED

El primer proyecto especial del CYTED, aprobado en 1988, fue el MICAT (Mapas Iberoamericanos de Corrosividad Atmosférica), gestado durante el II Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección, celebrado en Maracaibo y presidido por la Dra. Oladis Troconis de Rincón. Del programa se derivaron los mapas de corrosividad atmosférica para 15 países para materiales desnudos (acero, cobre, aluminio y el galvanizado). Posteriormente, en el año 2000, surgió el proyecto DURACON con la finalidad de evaluar el refuerzo de acero embebido en el concreto. Ambos programas han dado resultados importantes.

El proyecto MICAT incluyó la instalación de 72 estaciones de registro en 15 países latinoamericanos. En la Figura 2 se muestra, como ejemplo, el Mapa venezolano de corrosividad atmosférica para el acero al carbono A-36. En el mismo, el tamaño del disco representa la velocidad de corrosión del acero y cada segmento de color aporta la información acerca de los factores tiempo de humectación, sulfatación, cloruros, temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento, que influyen en la velocidad de corrosión.

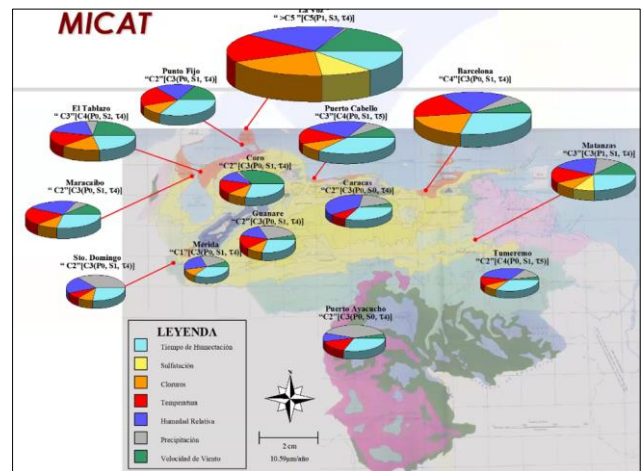


Figura 2. Mapa venezolano de corrosividad atmosférica para el acero al carbono A-36

En nuestro país, debido a su condición tropical, la temperatura y la alta humedad relativa prevalentes en amplias zonas, indudablemente favorecen y aceleran la corrosión electroquímica. De allí, la alta agresividad existente. Como ejemplo, la zona del Cabo San Román, en el estado Falcón, se identificó como extraordinariamente agresiva donde la pérdida de sección del acero de 1 mm/año, supera los máximos de las normas internacionales. El proyecto MICAT, con sus resultados en toda Latinoamérica, influyó en que la ISO que solo consideraba 5 categorías de agresividad (hasta C5) agregase una nueva categoría, denominada CX o de corrosividad extrema, que incluye las áreas tropicales y subtropicales. Del proyecto se generó un libro “Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Iberoamérica” en donde están todos sus resultados que incluyen dos estaciones en la Patagonia.

Antes de conocerse los resultados del proyecto MICAT, la ISO consideraba como velocidad de corrosión máxima para el acero, la categoría C5 de 200 µm/año mientras que en la estación venezolana “La Voz” se encontró un valor de 1000 µm/año. Por ello se incluyó la categoría de agresividad CX para un rango de la velocidad de corrosión entre 200 y 700 µm/año. En Venezuela, estas velocidades extremas de corrosión no solo se han encontrado para el acero sino también para el Cinc en el galvanizado, para el Cobre e inclusive, para el Aluminio.

La agresividad de la atmósfera no solo afecta a los metales desnudos, sino que también afecta al acero dentro del

concreto armado, aspecto que como antes se expresó, fue el objetivo del proyecto DURACON.

En el proyecto DURACON se integraron 10 de los 15 países que participaron en el MICAT. La idea fue determinar como el ambiente afecta la durabilidad del concreto armado. La Figura 3, muestra el avance de la corrosión en el tiempo para tres ambientes distintos. La línea roja corresponde a la estación Cabo Raso (Portugal), la negra a la estación La Paloma (Chile) y la magenta a la estación La Voz (Venezuela).

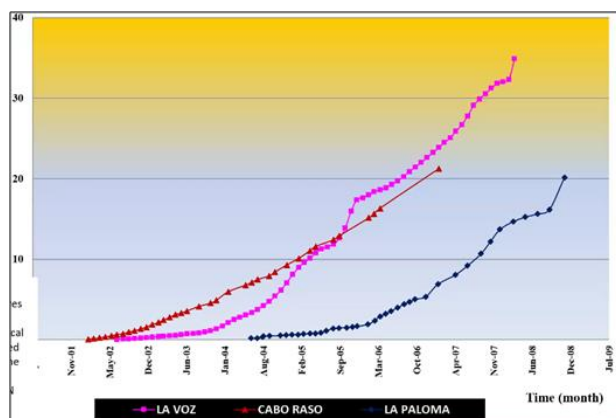


Figura 3. Comparativo del comportamiento de la tasa de corrosión acumulativa en tres estaciones de ensayo. Proyecto DURACON

La idea es hacer un símil con el diagrama de Tuutti (ver Figura 4) que da la información de como avanza la velocidad de corrosión del acero en el concreto en la parte de durabilidad. Así existe un proceso, en este caso en atmósfera marina, de iniciación de la corrosión cuando los cloruros alcanzan la armadura de acero y la activan y luego como es el período de propagación, asociado a que la durabilidad pueda ser muy alta o muy baja, lo cual depende de la velocidad de corrosión de la armadura de acero.

En la Figura 3 se observa claramente que en Venezuela este período de propagación es mucho más alto que en los otros dos países donde las condiciones son más agresivas, con cantidades promedio de cloruros en el ambiente que triplican las de nuestras estaciones de investigación pero con la diferencia básica representada por la temperatura (más de 10°C por encima de los dos países) situación demostrativa de cómo tanto la humedad relativa como la temperatura son factores determinantes en la aceleración drástica de la velocidad de corrosión. Esto ha influido que tengamos tantas estructuras en nuestras costas con su durabilidad afectada.

Cifras actuales indican que la producción mundial de acero crudo o primario se acerca a los 2.000 millones de toneladas, de las cuales China produce el 54%. De esa cantidad de acero crudo o primario, el 85% pertenece a los aceros al carbono que son los más susceptibles a la corrosión. El resto, 15%, son los aceros aleados dentro de los cuales se incluyen los más de 80 tipos de acero inoxidable.

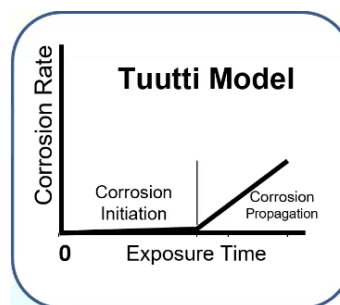


Figura 4. Diagrama de Tuutti

Las pérdidas anuales por corrosión, es decir por sustitución de miembros que se desintegran, por reparación, por pintado o aplicación de revestimientos protectores se aproximan a los 2,5 trillones de dólares americanos (1 trillón es un millón de millones). Esto representa el 3,4% del PIB mundial, cifra que da una idea de la importancia del tema objeto del foro.

PRIMERA PARTE EL LITORAL VENEZOLANO Y SU IMPACTO EN LA DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

Dra. Valentina Millano González

En esta sección del artículo, se hace referencia a los proyectos antes descritos, a través de la exposición detallada de dos casos particulares.

A lo largo de los años en el Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad del Zulia, se han evaluado un número importante de estructuras tanto metálicas como de concreto armado, abarcando tipologías industriales, petroleras, de transmisión eléctrica y de razón social. Para aquellas construidas en las costas venezolanas, se ha encontrado que, aparte de las particularidades que cada uno de estos proyectos o sistemas han tenido, las causas raíz de las fallas van directamente vinculadas con el medio ambiente agresivo, caracterizado como de tipo marino costero, tropical.

El primer caso es el de las torres de transmisión eléctrica que atraviesan el lago de Maracaibo (Figura 5). Son catorce estructuras metálicas y de concreto armado, apoyadas en pilotes pretensados, que atraviesan el lago, dispuestas en dos ramales, norte y sur, cada uno con siete torres.

Esta red de transmisión va desde el este o de la costa oriental del lago, en el sector de Los Puertos de Altagracia hasta el lado oeste en la parte norte de Maracaibo, en el sector conocido como Las Peonías o Cuatricentenario.

Son estructuras metálicas que fueron construidas en un medio ambiente agresivo. El CEC, siguiendo la metodología desarrollada en el MICAT, evaluó el ambiente a través de dos estaciones alrededor de este punto en donde su agresividad fue categorizada como mayor a C5 (muy alta agresividad).



Figura 5. Torres de transmisión eléctrica construidas en el lago de Maracaibo

Es importante mencionar que las estructuras fueron construidas a finales de la década de los 90s y en tan solo 2 años habían evidenciado problemas de corrosión. El CEC participó en los lineamientos conceptuales de diseño, oponiéndose a la intención de construir un sistema metálico de acero galvanizado sin recubrimiento, con la pretensión de que tuviera una vida útil de 30 años. En su momento, el CEC alertó que, sin un sistema de recubrimiento adicional, el galvanizado no iba a poder tener el desempeño deseado. En 1998, a pesar de la opinión negativa de parte del CEC, se construyó de acero galvanizado y en el 2001 ya había hallazgos de problemas en la torre.

En el 2003 se inició la evaluación y diagnóstico de este sistema, transformándose en un proyecto que duró un poco más de 6 años. El alcance de este fue evaluar tanto la superestructura metálica como la infraestructura de concreto reforzado y sus elementos de concreto pretensado.

El propósito era realizar una evaluación de las estructuras para cuantificar y evidenciar la clasificación y criticidad de los daños para generar como producto final el protocolo para la reparación y rehabilitación tanto de la estructura metálica como de la estructura de concreto armado. Para ello, se conformó un grupo multidisciplinario de profesionales expertos en el área de materiales, de estructuras, de análisis estadístico, ingenieros y técnicos que realizaron el levantamiento de daños in situ y el análisis posterior de los datos.

Las torres tienen una altura de más de 170 metros y cada una de ellas está conformada por más de 5.000 elementos. Estas están tipificadas en función de tramales y de troncales que están a diferentes alturas (Figura 6).

Debido a la magnitud de cada torre, fue preciso hacer un diseño de muestreo que garantizase una confianza de más del 95%. Los criterios de evaluación y procedimientos que se utilizaron para realizar esta evaluación fueron los siguientes:

Antes de generar el plan detallado para la evaluación de la totalidad de la obra con el 95% de confianza, se realizó una inspección preliminar de algunas de las torres para generar ese diseño de muestra y así garantizar la definición de lo que serían los perfiles defectuosos.

El diseño contempló los diferentes componentes de la estructura: perfiles, pernos y placas.

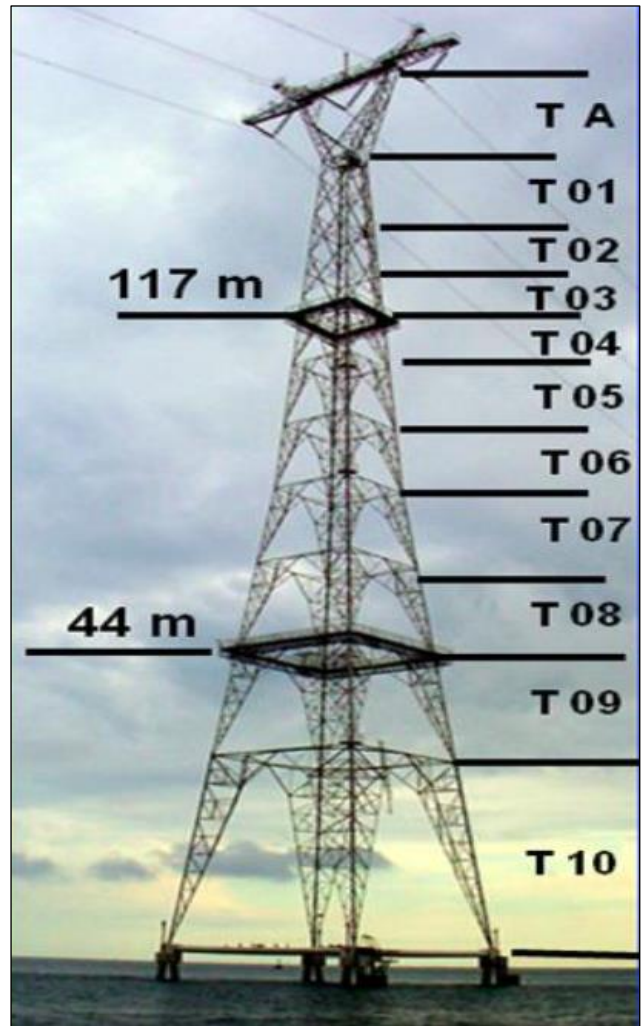


Figura 6. Diagrama esquemático de una torre típica en la que se identifican los distintos troncos y sus alturas

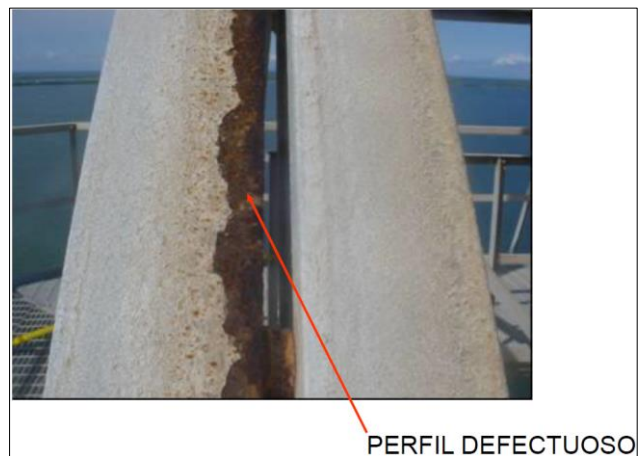


Figura 7. Daño típico en un perfil. Pérdida total del galvanizado en los bordes por corrosión-erosión



Figura 8. Daños en perfiles, placas y pernos



Figura 9. Color de los óxidos

Como puede observarse en las Figuras 7 a 9, uno de los criterios que se utilizaron fueron el color, es decir, el cambio de color en función de si la corrosión es del Zn en el galvanizado (compuestos blancos) o de si son por la corrosión del acero (compuestos marrón) por la total pérdida del recubrimiento de Zn del galvanizado. Un criterio de pérdida severa fue cuando se tenía una pérdida total de los bordes básicamente por efectos de corrosión-erosión (perfiles defectuosos/Figura 7). Lo mismo se hizo para el caso de los pernos, en donde se identificaron los pernos en malas condiciones y los que se pudieron denominar como en buenas condiciones.

Se hace énfasis en el diseño de muestra para garantizar la confiabilidad y la confianza en la desviación de los resultados. Con ese diseño se generó una plantilla donde el inspector levantaría todos esos grados de afectación, así como el lugar sitio y cara de cada uno de ellos. Es muy importante destacar lo de las caras porque como se verá más adelante, la exposición a los vientos preferenciales es uno de

los factores de mayor problema, por el efecto erosivo que puede destruir hasta los productos protectores que eventualmente pudiesen generarse en el galvanizado.

Como antes dicho, el diseño de la muestra se generó para garantizar no más de un 5% de error en la desviación y para ello se demostró que con una muestra de 196 perfiles por torre de ese conjunto de elementos se garantizaba dicha fiabilidad.

Otra nota importante fue la evaluación en diferentes tiempos que validaba las estimaciones que ya se tenían desde el proyecto MICAT, en donde en menos de 3 años el avance de la degradación del galvanizado y la exposición del acero era evidentemente dramática. Esto se pudo corroborar y se observó con mayor intensidad dependiendo de las alturas y de las caras de exposición.

Otro aspecto importante cuando se realizan evaluaciones de esta envergadura y con estas particularidades, es la caracterización de la atmósfera, la cual va de la mano con la validación del levantamiento de daños que se está realizando. Esta caracterización pasa por establecer sitios de muestreos de los contaminantes químicos ambientales y en este caso, se realizaron a diferentes alturas. Esto en conjunto con los datos tomados de las estaciones meteorológicas más cercanas, en este proyecto en particular se consideró la estación de Cuatricentenario.

Se categorizaron cada uno de los microclimas para cada torre observándose que, en función del promedio de la cantidad de cloruro, de los compuestos de azufre y del tiempo de humectación, la categoría se estableció en C4 (alta corrosividad).

¿Qué resultados se obtuvieron? Partiendo de la categorización C4, se incorporan las velocidades de corrosión calculadas en sitio (Tabla 1), y el hecho de que el galvanizado tuvo una pérdida de más de 30 $\mu\text{m}/\text{año}$, solamente en su cara resguardada, la no expuesta a los vientos preferenciales, teniendo en cuenta que la categoría C5, para antes de la actualización de la ISO (2012), no llegaba a 8 $\mu\text{m}/\text{año}$. La actualizada (CX) es de apenas 25 $\mu\text{m}/\text{año}$, y en este proyecto se alcanzó en las áreas expuesta a los vientos más del doble del máximo según ISO (CX) Entonces, ¿qué llama la atención en este sentido? teniendo la categorización, las velocidades de corrosión del galvanizado y del acero, donde este último se encontró en promedio de 200 $\mu\text{m}/\text{año}$.

La Figura 10 es alusiva a los mapas de corrosividad que se generaron en MICAT, para el cinc. Y se observa lo mismo, que el tamaño del gráfico circular para el caso de lo que sería El Tablazo a la izquierda y la Voz de Venezuela son los que presentan las mayores velocidades de corrosión del galvanizado. Este y el efecto de los vientos en este caso es lo que particularmente llama la atención.

Tabla 1. Velocidad de corrosión del acero galvanizado y del acero base a diferentes alturas y caras expuestas

Muestra	Velocidad de Corrosión del Galvanizado. ($\mu\text{m}/\text{año} > \text{C5}$)	
	44 m	117 m
Zona expuesta a los vientos preferenciales	52,92	52,92
Cara expuesta directamente al medio	35,7	35,5
Cara resguardada del medio	36,75	33,32

Altura	Velocidad de Corrosión del Acero en Campo ($\mu\text{m}/\text{año}$)
44 m	153
177 m	199,3

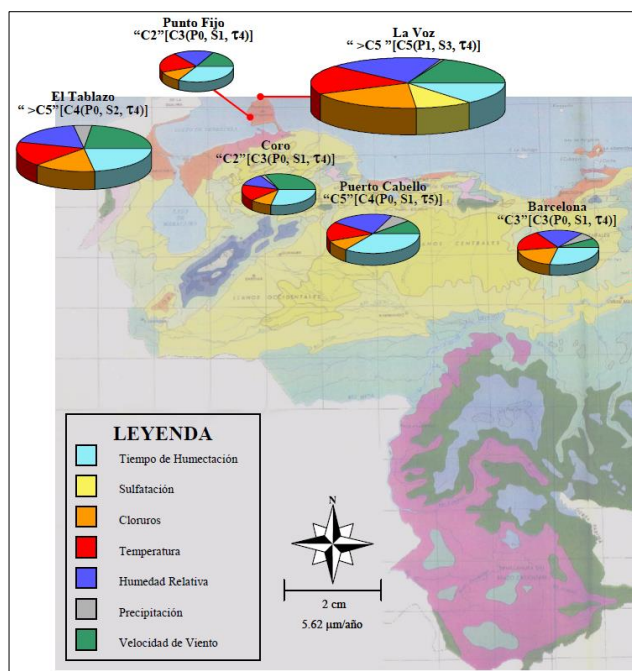


Figura 10. Segmento del mapa venezolano de corrosividad atmosférica para Cinc. Fuente: MICAT

Otro de los resultados del MICAT que se validó en este proyecto, es la velocidad de corrosión con la cual el acero se potencia al estar expuesto en estos medios. Puede verse que para el caso de las representaciones anuales del MICAT se alcanzaban 350-300 $\mu\text{m}/\text{año}$. La profesora Troconis de Rincón referenció que se han encontrado en la estación La Voz de Venezuela velocidades mayores a 1 mm por año. Por lo tanto, lo impactante es el hecho de que en el caso de las Torres, donde los espesores del galvanizado eran $\pm 80 \mu\text{m}$, en menos de 2 años se pierde el galvanizado y el acero queda expuesto. Las velocidades del acero en estos medios superan el C5, es decir, por encima de los 200 $\mu\text{m}/\text{año}$, un valor muy alto. Por lo tanto, era necesario evaluar el riesgo, la integridad estructural y vida útil de las torres, mediante la

estimación y modelaje de los daños, como otro producto del proyecto.

Otro de los proyectos relacionados fue PÁTINA, el cual evaluó los sistemas de protección sobre materiales desnudos, siendo parte de los alcances de este proyecto de evaluación de las estructuras de las torres de transmisión eléctrica; donde se evaluaron los posibles sistemas de recubrimiento que pudiesen ser usados para la rehabilitación de la superestructura. Como se describió previamente, los perfiles tenían corrosión severa del galvanizado. Sin embargo, para esos momentos, el acero base no había perdido el suficiente espesor como para poner en riesgo la estructura o como para considerar otra acción más allá que la rehabilitación de esos perfiles. Los cuales se consideraron como perfiles con acero galvanizado envejecido y, por lo tanto, se evaluaron los mejores procedimientos para la preparación de superficie y posterior aplicación de los sistemas de recubrimiento.

¿Cómo se evaluó esta situación? Una de las cosas importantes es que no solamente se evaluaron a nivel de laboratorio los sistemas de recubrimiento que podrían proponerse para la rehabilitación, sino que también se validó su comportamiento en campo en las mismas torres. A través de todas las normas y procedimientos estandarizados se realizó la inspección y evaluación del desempeño y las fallas de los recubrimientos, a través de ensayos como grados de ampollamiento, fisuramiento, hongos, corrosión, entre otros.

Una acotación importante es que la profesora Troconis de Rincón con su grupo, estaba negada a la falta de protección y básicamente lo propuesto en aquel momento que era un genérico de fondo epóxico y un acabado de poliuretano fue el sistema probado. El desempeño de los diversos sistemas de recubrimientos evaluados, variaron en función de las modificaciones de cada una de las empresas que participaron, en donde el mejor desempeño lo tuvo un esquema que solo tenía el fondo de base epóxica modificada, sin el acabado de poliuretano; siendo este el especificado para esta rehabilitación.

Las conclusiones para esta parte del caso es que las zonas de las torres y la línea de la torre que se encontró más afectada y con mayores avances o corrosión del galvanizado eran las que se encontraban en dirección de los vientos preferenciales o predominantes del noreste.

La atmósfera que rodea, evidentemente, tiene una alta corrosividad, una categorización C4 con el agravante adicional de la velocidad de viento y de las partículas que vienen en estos, en particular todo lo sólido que pueda venir y que entonces erosiona el galvanizado, por lo cual incrementa esa agresividad a más de CX, estipulado en la norma ISO 9223:2012.

Dentro de la recopilación de resultados, se estimó un reemplazo de los pernos entre un 26%, e incluso en función de las alturas, hasta un 33%. El análisis probabilístico permitió priorizar las reparaciones para garantizar la estabilidad estructural de las torres. Es fundamental destacar

que, en ese momento el nivel de daño y su extensión no configuraban un problema estructural.

El alcance de este proyecto también correspondía a lo que eran los elementos de concreto armado y elementos pretensados que fueron inspeccionados. Esa evaluación e inspección se hizo a través de todo el procedimiento estipulado en el DURAR y las normas que allí son referidas. De manera general se puede decir que se encontraron en los cabezales áreas de corrosión o extensiones importantes de problemas por corrosión, indudablemente vinculados al medio ambiente que lo rodea, acero expuesto, áreas fofas, entre otros, sin que ello afectase la estabilidad de las torres. Los pilotes se encontraron en muy buen estado.

El segundo caso se ubica en el oriente de Venezuela, también en las costas, pero referido a un problema en estructuras de concreto armado.

Este problema de concreto armado en una planta industrial, en lo particular en una edificación utilizada como “Pipe Rack”, que está identificada en la Figura 11, donde se puede observar que está a menos de 3 km de la costa del mar Caribe.

Es una edificación con una longitud de aproximadamente 1 km, tres niveles y una altura aproximada a los 20 m.



Figura 11. Instalación industrial y estructura de Pipe Rack

Los criterios de evaluación se establecieron en función a los planteados en el DURAR, reconociéndose manchas de humedad y óxido, lixiviación, grietas, concreto fofa, delaminación del concreto y acero expuesto. Se hizo la inspección visual y el levantamiento de todos los elementos, pórticos completos en sus columnas, vigas longitudinales y transversales.

Entre los daños encontrados (Figura 12) se mencionan grandes extensiones con acero expuesto, muchas zonas

fofas y con desprendimiento del concreto y la existencia de áreas donde se aplicaron procedimientos de reparación errados que potenciaron daños en áreas anexas. El levantamiento de daños se hizo en los tres niveles y en todos los pórticos.



Figura 12. Vistas de daños encontrados en vigas

Para la criticidad de los daños, se generó un código de colores para de una manera visual generar y ubicar esos sitios de mayor daño para evaluar los orígenes de causas particulares (Figura 13). Esos niveles de daño se realizaron en función de los criterios anteriormente mencionados.

Levantamiento general de daños para los elementos seleccionados en los 3 niveles.																					Clasificación de los daños por corrosión encontrados.		
Nivel/je	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Nivel de daños	Código de colores
1 ^{er}	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	2	1	2	1	0	0	Sin daños	0
2 ^{do}	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	3	3	1	1	0	0	Leve	1
3 ^{er}	0	0	0	4	2	2	4	2	4	1	4	4	4	4	0	1	0	1	4	0	0	Moderado	2
																						Severo	3
																						Muy severo	4

Figura 13. Criterios y niveles de daños establecidos

Luego de tener esa evaluación de daños de toda la estructura, se concentró la actividad en los sitios donde se hizo el levantamiento electroquímico detallado. Este levantamiento electroquímico se realiza en función también del procedimiento encontrado en el DURAR, en donde se genera un mapeo del potencial de corrosión y puntual donde luego de generar el barrido de potencial de los elementos, se seleccionan los sitios para medir la velocidad de corrosión. El criterio simplificado que está en el DURAR significa que las áreas con potenciales mayores a o más negativos de -200 mV se incluyen en el color rojo y disminuyendo hacia el color verde los valores más nobles. Aquí originalmente se concretó en este nivel de riesgo porque ya se tenía el conocimiento que la fuente raíz eran los cloruros.

La Figura 14 muestra un levantamiento detallado de la parte electroquímica en donde se observan la actividad del acero para diferentes elementos evaluados (potenciales y velocidades de corrosión), donde se muestra un comportamiento de elevada actividad electroquímica asociada al contenido de cloruro en el concreto.

Eje	Elemento	Rango de las variables electroquímicas de corrosión		Núcleo (testigo)	Concentración de cloruros (profundidad)		Nivel de daño
		Ecor (mV vs Cu/CuSO ₄)	Icor (μA/cm ²)		5 cm	1 cm	
1	VT1CN-N1	-88 a -290	0.002 a 0.020	N15	4.775.0	2.468.0	SD
16	VT16CN-N1	+94 a +24	0.190 a 0.270	N9	2.799.0	3.611.0	SD
	VT12CN-N1	+90 a -175	0.190 a 0.155	N11	1.423.0	15.417.0	SD
	VL21-20COLENI	-8 a -175	0.071 a 0.155	SN	-	-	SD
	VT21CNLENI	+81 a -162	0.290	SN	-	-	SD
21	VT21CSUPLENI	-2 a -149	0.190	N1	SM	21.800.0	SD
	VT21CSLENI	+3 a -177	0.170 a 0.270	SN	-	-	SD
	VT21CNLENI	+75 a -174	0.094 a 0.396	N2	1.930.0	5.159.0	M
	VT21CSLENI	+67 a -117	0.084 a 0.207	SN	-	-	M
	VT24CN-N1	+20 a -293	0.281 a 0.470	N8	8.222.0	25.071.0	SD
	VL24-25COLENI	+28 a -160	0.090 a 0.270	N6	3.224.0	5.955.0	SD
	C24LENI	-8 a -115	SMI	N7	2.100.0	5.803.0	SD
24	VT24CNLENI	+75 a -220	0.114 a 0.370	SN	-	-	SD
	VL24-23COLENI	-32 a -213	0.680 a 0.370	SN	-	-	SD
	VL24-25COLENI	-157 a -242	SMI	N5	8.303.0	15.460.0	SD
	VT24CNLENI	+17 a -255	1.130 a 0.470	N4	3.867.0	13.705.0	SD
	VL24-25COLENI	+217 a +132	SMI	N3	3.544.0	14.669.0	M
	VT27CNLENI	+30 a -245	0.01 a 0.116	SN	-	-	SD
	VL27-28COLENI	+30 a -275	0.020 a 0.100	SN	-	-	SD
	VL27-28COLENI	+30 a -275	0.020 a 0.100	SN	-	-	SD
	VT27CSLENI	+29 a -245	0.117 a 0.370	SN	-	-	M

VT: viga transversal. VL: viga longitudinal. C: columna. SMI: sin medidas de velocidad de corrosión. SN: sin núcleo. SM: sin muestra. SD: sin daños aparente. M: daños moderado. S: daños severos.

Figura 14. Ejemplo de levantamiento electroquímico

Luego de la evaluación electroquímica, se confirmaban los sitios para la extracción de núcleos en donde se validó el origen de causa, es decir, la cantidad de cloruro dentro del concreto. Un gran número de los sitios escogidos por esa particularidad electroquímica presentaron una cantidad de cloruro muy por encima del límite para iniciar el proceso de corrosión, el cual es 4.000 ppm en base a cemento.

Nótese en la Figura 15 que se tuvieron caras más externas con valores por encima de los 10.000 ppm. Esto corrobora la particularidad de nuestros medios agresivos, que obviamente van ligados al diseño de mezcla que se pudo realizar en su momento, calificado como deficiente. Esto es un resumen de la parte electroquímica con el nivel de daño en donde es interesante destacar velocidades de corrosión y de cantidad de cloruro con valores elevados que evidentemente comprometen la durabilidad y la vida útil de la estructura.

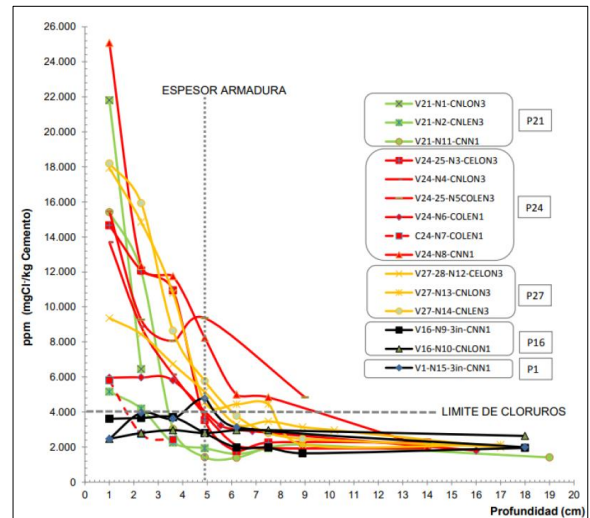


Figura 15. Perfiles de concentración de cloruros en los testigos extraídos en la estructura

Las conclusiones para este trabajo precisaron el origen de causa en el mecanismo de corrosión, por ataque de cloruro. Hay factores particulares en esta estructura que potenciaron esa entrada en algunos sitios de esta, que tenía que ver con un sistema de ventiladores en la parte superior del Pipe Rack que incrementaron la formación y el avance de las grietas. La extensión y el grado de corrosión de la estructura fue una combinación con el medio ambiente y las particularidades mencionadas y la baja calidad del diseño de mezcla utilizado.

SEGUNDA PARTE

ADECUANDO EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MARINAS PARA CONSIDERAR EL USO DE CEMENTOS CPCA o CPCB CON ALTOS CONTENIDOS DE CALIZA

Dr. Ing. Andrés Torres-Acosta

Este artículo presenta y analiza el efecto que están teniendo en la durabilidad algunas formulaciones de cemento que se están utilizando en los últimos años en México, en las cuales se ha reducido el contenido de clinker de los mismos buscando la sostenibilidad de la industria cementera y, por ende, de la concretera. Al incidir tan directamente en la durabilidad de las construcciones, el tema está siendo estudiado y debatido debido a su trascendencia y alto significado económico y social. Siempre se ha pensado que el concreto es un material eterno, de propiedades invariables, pero en realidad esto ha cambiado en los últimos 20 años desde el momento que el propio cemento Portland se ha modificado, esencialmente mediante la reducción del clinker y su sustitución por otras adiciones, con el agravante de que algunas de estas adiciones no son cementantes, sino más bien rellenos inertes.

Existe la costumbre de diseñar estructuras donde al concreto se le asigna una resistencia en términos de $f'c$ entre 20 y 30 MPa (Megapascasles). Esas resistencias mecánicas son de concretos con una relación agua: cemento, la de 20 MPa de 0,80 y la de 30 MPa de 0,65 mientras que la

normativa internacional pide una relación agua: cemento máxima de 0,45 para obras durables. Obviamente, concretos con estos niveles de resistencia no satisfacen los requisitos de durabilidad toda vez que las mismas generan concretos con contenidos de vacíos de entre un 20% el de 30 MPa hasta un 25% el de 20 MPa. Todo esto afecta la durabilidad debido al aumento de la difusividad de los agentes agresivos al interior del concreto. A esta situación de por sí compleja, se le agregan las condiciones climatológicas que tenemos en nuestros países latinoamericanos. En los países del hemisferio norte siempre se tienen temperaturas bastante bajas con muy pocos meses por encima de los 25 °C mientras que en nuestros países regularmente tenemos esas temperaturas casi todo el año, así que tendríamos efectos dañinos por corrosión en tan solo 5 a 10 años.

Las imágenes de la Figura 16 son algunos ejemplos de puentes carreteros y muelles en los puertos mexicanos evaluados entre los años 2012 y 2014, donde todos tenían este tipo de daños.



Figura 16. Daños por corrosión del acero de refuerzo en estructuras de muelles en puertos mexicanos

Y estos daños se debían a que el concreto de nueva cuenta se diseñaba con resistencia a la compresión de 25 MPa y no por durabilidad.

Son tres los ambientes de exposición agresivos que pueden generar problemas de durabilidad en estructuras de concreto, principalmente la corrosión del acero. En primer lugar, en ambientes urbanos en donde el dióxido de carbono penetra en la porosidad del concreto y genera cambios químicos principalmente el pH de este, aunque también ya se ha visto que puede también generar esta carbonatación contracciones que a su vez generan fisuras y grietas en el interior del concreto, situación que antes no se veía porque la carbonatación regularmente se daba en la superficie del concreto hasta una profundidad de 2 a 5 mm, máximo 10 mm, pero ahora con la alta carbonatación que tienen los nuevos concretos con las nuevas formulaciones de cemento, al reducir el clinker, el concreto se puede carbonatar todavía más (10-35 mm) y entonces existen más efectos dañinos con la carbonatación que hace 20 años. Anteriormente solo se le daba importancia al cambio del pH por esta carbonatación del concreto, hoy en día como ya comenté también hay otros problemas que afectan en el concreto. En segundo lugar, en las zonas industriales, no solo el dióxido de carbono, también el dióxido azufre generan problemas en el propio concreto por ataque por sulfatos. Por tercero y último, las zonas marinas, donde el cloruro es el que afecta principalmente al acero. Hasta ahora no se ha visto que el cloruro afecte al concreto, más bien afecta al acero.

En la Figura 17 se presenta el modelo de durabilidad más utilizado, en donde se relaciona la capacidad y carga de la estructura en función del tiempo de vida de esta y se puede dividir en dos etapas principales: la vida útil que a su vez se divide en otras dos que sería el tiempo de iniciación (T_1) y el tiempo de propagación (T_2). El tiempo de iniciación es cuando el cloruro penetra hasta llegar a la varilla e inicia su proceso de corrosión. El tiempo de propagación es cuando ya la varilla se expande por los óxidos y empieza a agrietar el concreto hasta llegar a unas primeras grietas en la superficie (así es donde finaliza el tiempo de propagación). En este tiempo de iniciación y propagación, la capacidad de carga del elemento estructural es prácticamente es la misma. Es hasta después cuando se empieza a agrietar más el concreto, cuando delaminaciones o desconchamientos del recubrimiento empiezan a caerse es cuando ya tenemos pérdida de capacidad de carga y eso se conoce como vida residual.

Por lo tanto, con esta visión del modelo de durabilidad, se busca que las estructuras puedan cumplir el ciclo de vida considerando la economía circular para alcanzar la sostenibilidad.

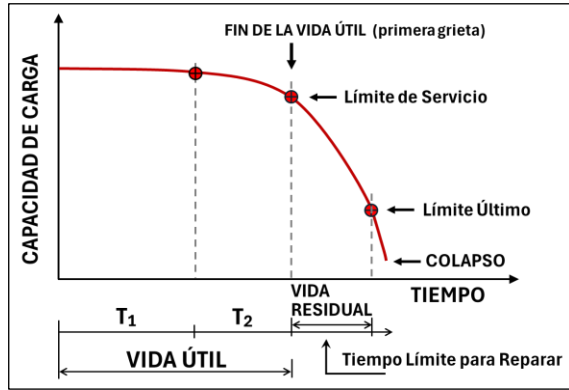


Figura 17. Modelo de durabilidad para estructuras de concreto armado

Y esa sostenibilidad, ¿qué significa? Desde el punto de vista ambiental, significa que se tenga la menor cantidad de emisiones de CO₂ durante todo el ciclo. Y ese ciclo se puede dividir en las etapas mostradas en la Figura 18: la etapa de extracción y fabricación de los materiales, después se tiene la segunda etapa de construcción, diseño y construcción de la infraestructura. La tercera etapa sería el uso y la ocupación para darle un mantenimiento a la infraestructura, principalmente mantenido preventivo. Y, por último, cuando ya llegó el final de su etapa de servicio, continuando con la deconstrucción y el reciclado de los materiales que la constituyeron.

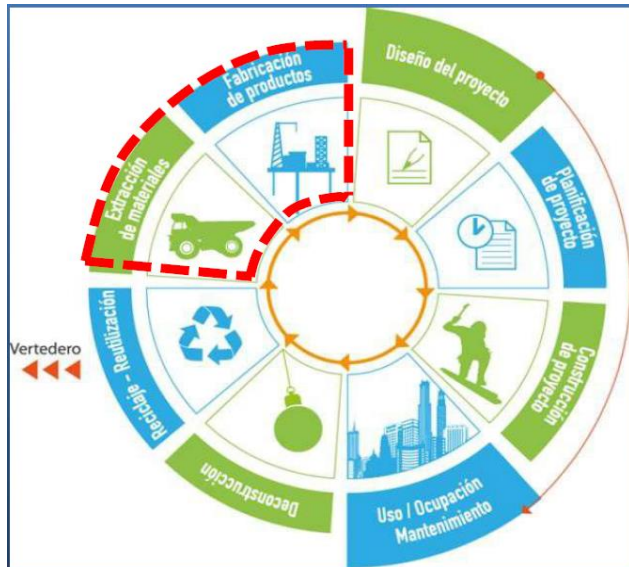


Figura 18. La economía circular en la industria de la construcción. JP Yumba, 2014

Básicamente ahora se tiene a nivel mundial la filosofía de reducir las emisiones de CO₂ en la fabricación de los materiales y principalmente el caso del cemento. Y esta filosofía se basa en reducir el clinker, porque por cada tonelada de clinker que se produce, implica una emisión de 0,8 a 1 tonelada de CO₂. Dicho de otra forma, por cada saco de cemento se están emitiendo 40 a 50 kg de CO₂. Visto a nivel mundial, son 4.000 – 4.300 millones de toneladas al año la producción de cemento y son estas las emisiones que se quieren reducir y obviamente eso obliga a cambiar las

estrategias para poder reducirlas. Desde el punto de vista de fabricante se está haciendo. La Figura 19 permite dividir el origen de estas emisiones durante la fabricación del clinker.

El 50% es el cambio de carbonato de calcio a óxido de cal (la denominada decarburización), el 35% es el combustible que se usa en los hornos y el 15% la electricidad y transporte en las fábricas cementeras.

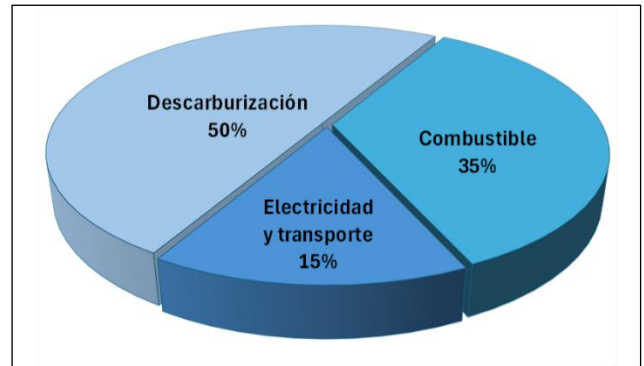


Figura 19. La economía circular en la industria de la construcción. Fuente: E.F Irassar. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro, de la Provincia de Buenos Aires. Argentina

En el caso de los cementos antes del año 2000, en México, se utilizaron los cementos según la clasificación ASTM, tipos I al V, que eran cementos con 92- 95% de clinker (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de cemento Norma NMX-C-001 (ASTM C-155)

CEMENTO	USO
TIPO I	Cemento de uso general.
TIPO II	Genera menor calor de hidratación que el tipo I y es más resistente al ataque por sulfatos. Se utiliza en grandes estructuras en las que el calor de hidratación puede provocar agrietamientos.
TIPO III	Cemento de alta resistencia a temprana edad y rápido fraguado. Es usado cuando se requiere alcanzar una elevada resistencia en pocos días.
TIPO IV	Presenta un calor de hidratación más bajo que el tipo III, se utiliza en construcciones de concreto masivo.
TIPO V	Cemento de alta resistencia a la acción de los sulfatos, se utiliza en estructuras que están en contacto con suelos de aguas freáticas de alto contenido de sulfatos y en hormigones con aguas negras domésticas concentradas.

Contenidos de clinker entre el 92% y 95%, el resto era yeso
Norma mexicana cancelada y modificada en el año 2000

A partir del año 2000, esto se modifica con la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2017 que contempla seis diferentes tipos de cemento (Tabla 3).

Tabla 3. Tipos de cemento en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2017.

TIPO	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
CPO	Cemento Portland ordinario.	Es el cemento producido a base de la molienda del clinker Portland y usualmente, sulfato de calcio.
CPP	Cemento Portland puzolánico.	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta del clinker Portland, materiales puzolánicos y usualmente, sulfato de calcio.
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de Alto Horno.	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, escoria de alto horno y usualmente sulfato de calcio.
CPC	Cemento Portland Compuesto.	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, usualmente, sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza. En el caso de la caliza, este puede ser el único componente.
CPS	Cemento Portland Con Humo de Sílice.	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta del clinker Portland, humo de sílice y usualmente sulfato de calcio.
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno.	Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda conjunta de clinker Portland, y mayoritariamente escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio.

En la nomenclatura, se eliminan los números romanos y se les dan ya nombres con siglas como CPP, cemento portland puzolánico o el CPC cemento portland compuesto. En los últimos años esta línea de cemento se ha ido evolucionando a tal grado que solo se produce CPC. El CPO (cemento portland ordinario) desde hace 3 años no se fabrica, sino únicamente CPC, los otros tipos de cemento se fabrican sobre pedido. Entonces en realidad se tiene como línea principal los cementos portland compuestos (CPC) y estos cementos son aquellos que pueden tener de todo: tienen clinker, materiales puzolánicos, escoria granulada de alto horno, humo de sílice, caliza, pero también en esta norma se pueden llamar CPC a todo cemento que tenga únicamente clinker y caliza. Entonces, eso hace una gran confusión porque el mismo nombre tiene cementos que pueden tener buenos cementantes como es la escoria, la puzolana, el clinker, pero que no tienen ninguna adición cementicia, como es el caso de la caliza, que es un relleno inerte.

Como puede verse en la Tabla 4, el CPC puede tener, además de clinker, sulfato de calcio, material puzolánico, escoria de alto horno y caliza. Nótese que la caliza puede ser la única adición y en el caso de México, está autorizado hasta un 35%, siendo el país que más proporción de caliza autoriza mientras que Venezuela y Argentina la limitan a 20%.

Tabla 4. Componentes de los distintos tipos de cemento en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2017

TIPO	DENOMINACIÓN	COMPONENTES					
		Clinker + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos	Humo de sílice	Caliza	MINORITARIOS
CPO	Cemento Portland ordinario	95 – 100	---	---	---	---	0 – 5
CPP	Cemento Portland puzolánico	50 – 94	---	6 – 50	---	---	0 – 5
CPEG	Cemento Portland con escoria granulada de alto horno	40 – 94	6 – 60	---	---	---	0 – 5
CPC	Cemento Portland compuesto (4)	50 – 94	6 – 35	6 – 35	1 – 10	6 – 35	0 – 5
CPS	Cemento Portland con humo de sílice	90 – 99	---	---	1 – 10	---	0 – 5
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	20 – 39	61 – 80	---	---	---	0 – 5

Como se ve en la Figura 20 una evaluación de cómo han ido cambiando las adiciones con el tiempo indica que la gran mayoría ha ido reduciéndose, como es el caso de la escoria. Lo mismo sucede con la ceniza volante pues esta es el

producto de las emisiones de carbón en las plantas termoeléctricas, las cuales están cerrando en muchos países por decisiones ambientales. Pero la caliza es lo que ha estado incrementándose cada vez más. ¿Por qué? Porque es el material base de la fabricación del clinker, lo tienen ahí mismo en sus fábricas. Únicamente hay que secarla, triturlarla y pulverizarla, hacerla más fina y añadirse al cemento.

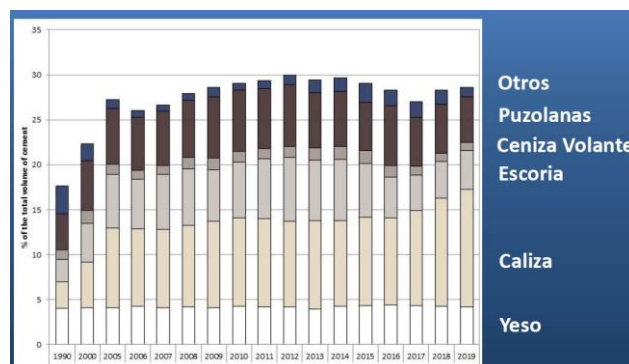


Figura 20. Cambios en la cantidad de adiciones, 1990-2019

La Figura 21 muestra el efecto que sobre la resistencia a la compresión del concreto tienen las adiciones de caliza.

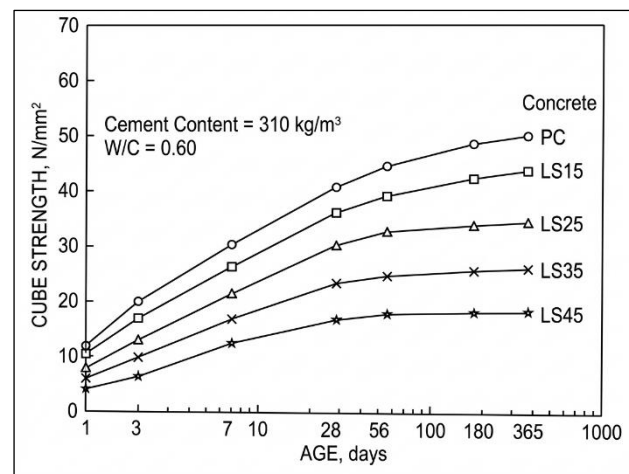


Figura 21. Efecto de las adiciones de caliza sobre la resistencia a la compresión del concreto

Como puede verse, para un mismo contenido de polvo de cemento, que es clinker y caliza, y una misma relación agua: cemento de 0,60, al aumentar el contenido de caliza se reduce la resistencia. Cada vez más baja es la resistencia de los concretos porque cada vez se le añade más caliza. ¿y qué es lo que se debe de considerar en esta etapa de la economía circular de los fabricantes? Obviamente innovar materiales para reducir gases de efecto invernadero, definir bien los componentes de estos materiales (especialmente de los cementos compuestos), especificar también posibles restricciones, porque puede haber algunos cementos en donde van a tener concretos de altas contracciones o también se van a tener contenidos bajos de clinker o habrá la necesidad de dejar la estructura con mayor tiempo de curado, porque necesitaran más tiempo éstos de curado que los cementos que no tenían ninguna adición. Y, obviamente

también es evaluar los concretos con bajas emisiones de CO₂ (también llamados verdes) a largo plazo para determinar su durabilidad.

En una segunda etapa, ya el responsable no es el fabricante del material, sino el arquitecto, el proyectista estructural y el constructor, quienes están a cargo de la construcción adecuada de la obra para lograr la sostenibilidad.

¿Qué es lo que se debe de considerar para el caso de los diseñadores? diseñar también por vida de servicio, no solo por cargas estructurales o cargas mecánicas, sino pensar en que hay que diseñar los edificios con vidas de servicio de 60 años u 80 años para estructuras más importantes como son puentes, escuelas, hospitales, considerar las cargas ambientales. Es decir, si se va a colocar el edificio o el puente en una zona marina, se tendría que considerar estas cargas ambientales muy diferentes a si se vaya a construir en una zona rural donde no hay ningún efecto de estos agentes agresivos. Se debe también diseñar o seleccionar el material adecuado antes de que empiece la construcción. Se resalta la necesidad de hacer pruebas previas de durabilidad de los materiales antes de que se empiece a construir la obra. También se debe especificar sistemas constructivos, porque si se está hablando de concretos de alto desempeño, de alta durabilidad, pues se necesitaría entonces tener métodos constructivos, como es el caso de mayor tiempo de curado, como es el caso de vibrado con vibradores, entre otras previsiones. Y, por último, también el diseñador debe entregar manuales de mantenimiento preventivo para que se cumplan estos 60 u 80 años de diseño.

Los pasos que las normas mexicanas, tanto NTC 2023 como la NMX-C-530-ONNCCE-2018, definen en el proceso de diseño, primero es definir la vida útil del proyecto, después seleccionar los materiales que deben utilizarse, y por último diseñar por cargas (método tradicional). Una vez que se tiene definido el concreto para esa aplicación específica y para ese ambiente, entonces se define la resistencia a la compresión que este concreto alcanzará. Ahora se está hablando de resistencias de la compresión de 40, 50, 60 MPa a diferencia de las de 20 o 30 MPa que los estructuristas están acostumbrados a utilizar. Es indispensable definir las especificaciones en planos de manera adecuada, sobre todo holguras, procedimientos constructivos. Por último, entregar estos manuales de mantenimiento preventivo. Eso es lo que se le está exigiendo en esta normativa a todo diseñador que involucre la durabilidad en sus diseños.

En la norma NMX-C-530-ONNCCE-2018, se indican para el caso del diseño, las designaciones o clasificaciones de exposición. Con estas características se definen cuáles son las propiedades del concreto, la máxima relación agua: cemento, el contenido mínimo de cemento, el recubrimiento mínimo que debe tener la estructura y la resistividad eléctrica saturada del concreto, que es un parámetro de diseño por durabilidad que se está proponiendo ahora en México. Si vemos los datos de la Tabla 4, la resistividad que ahora se está planteando como un parámetro de diseño para el caso

de carbonatación y cloruros. No es la resistencia a la compresión la que interesa para durabilidad sino esta resistividad eléctrica.

En la tabla de requisitos para las mezcla de concreto de la norma mexicana NMX-C-530-ONNCCE-2018, no se incluye la resistencia a la compresión, más bien lo que se pide es la resistividad eléctrica. ¿Y qué es la resistividad eléctrica? Es un método para determinar la resistencia eléctrica del concreto. Es una prueba no destructiva, como sucede con la resistencia a la compresión. El mismo cilindro se puede medir en varias fechas, estando el cilindro en una cámara de curado o en una tina de curado, se saca, se mide la resistividad y se regresa a la cámara. En la Tabla 4 se indican los valores de la resistividad exigidos, dependiendo del ambiente de exposición que tendrá la estructura.

Tabla 4. Requisitos para mezclas de concreto. Norma Mexicana NMX-C-530-ONNCCE-2018

REQUISITOS	SIN RIESGO DE CORROSIÓN	CORROSIÓN INDUCIDA POR CARBONATACIÓN				CORROSIÓN INDUCIDA POR PROVENIENTES DE AGUA DE MAR			
		C1				M1			
		C0	C1	C2	C3	M1	M2	M3	M4
Máxima relación agua: cemento	Masa	0.7	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.42	0.40
	Prescrito	0.6	0.55	0.50	0.45	0.45	0.42	0.38	0.35
Contenido mínimo de cemento (kg/m³)	Masa	230	250	250	250	250	250	250	250
	Prescrito	250	250	280	300	300	380	400	450
Recubrimiento mínimo (mm)	Masa	25	30	35	45	60	60	70	80
	Prescrito	25	30	35	45	60	60	70	80
Resistividad eléctrica (kΩ-cm)	Masa	10	10	15	20	20	20	20	20
	Prescrito	10	15	20	30	30	40	50	60

La Figura 22 muestra una correlación entre resistividad y coeficiente de difusión. En la segunda ley de Fick aparece el coeficiente de difusión, pero es un parámetro muy difícil obtener en el laboratorio porque hay que cortar rodajas, triturar, pulverizar, para luego hacer análisis químicos. Es una prueba muy costosa. En cambio, se ha encontrado que con la resistividad se puede directamente calcular el coeficiente de difusión de cloruros.

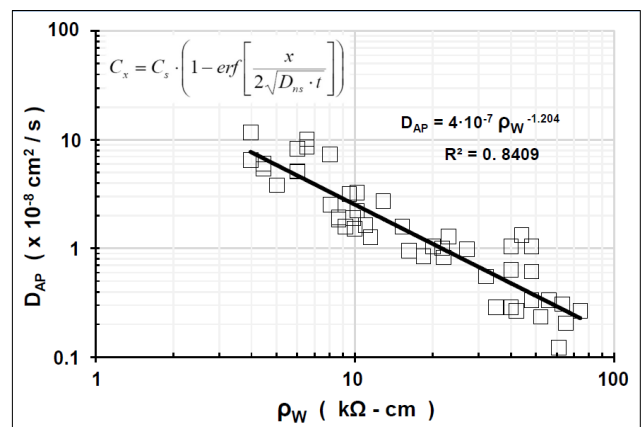


Figura 22. Correlación entre resistividad (abscisas) y coeficiente de difusión. Fuente. Investigaciones del autor en puentes de Florida, Yucatán y Ciudad del Carmen

Analizando la difusividad del cloruro para concretos con distintos contenidos de caliza se ha demostrado la relación directa existente entre ambas, dicho de otra manera, la difusividad del cloruro aumenta con el contenido de caliza

adicionada. Esto refuerza la necesidad de emplear cementos que tengan bajos contenidos de caliza para evitar estas difusividades.

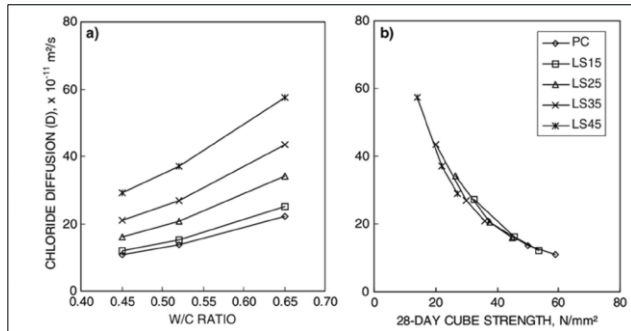


Figura 23. Difusividad del cloruro para concretos con distintos contenidos de caliza

Y no solo es la difusividad, también se ha visto que el umbral de cloruros, que sería el contenido de cloruros que iniciaría la corrosión en el acero de refuerzo. Para cementos que solo tienen clinker, el umbral está cercano a 0,44 como lo muestra los puntos a la izquierda de la Figura 24. Si tienen ceniza volante (datos del centro de la Figura 24), se observa cómo se reduce también el umbral de cloruros a 0,32, porque se reduce el clinker. El clinker es el que tiene los potasios y el sodio que le dan un mayor pH y por lo tanto una mayor resistencia a los cloruros, como se ha demostrado ya hace 40 años, que mientras más pH tenga el concreto tiene mayor resistencia a cloruros. Entonces, al añadir ceniza volante, se tiene una reducción del pH y por lo tanto también reducción del umbral a 0,32. Por último, a la derecha de la misma gráfica, la mezcla con LC3, que es un cemento que tiene 15% de caliza y 35% de arcilla calcinada y el resto 50% clinker. Obsérvese como el umbral bajó a 0,17, o sea, que estos concretos tienen mayor tendencia a que el acero se corroa por cloruros.

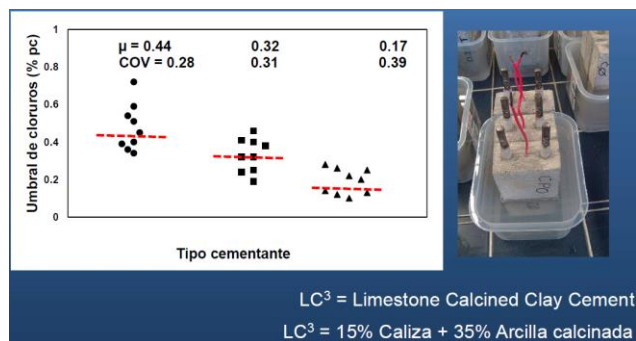


Figura 24. Variación del umbral de cloruro con relación al tipo de cementante

Sobre la base de lo anterior, se hicieron estudios para definir cuál es la resistividad eléctrica del concreto necesaria para 80 años de vida de servicio. En la Figura 25, la línea roja es una durabilidad de 80 años y las líneas inclinadas de colores representan diferentes recubrimiento del concreto: 10, 7,5, 5 y 3,5 cm. Si se coloca un recubrimiento de 10 cm, se necesitaría un concreto fabricado solo con cemento CPO de 9 kΩ-cm de resistividad eléctrica saturada. Y si se hace con un CPC, la resistividad debe subir a 16 kΩ-cm. Si el

recubrimiento es de 7,5 cm, y se hace con cemento CPO debe usarse 15 kΩ-cm de resistividad. pero tendría que ser de 26 kΩ-cm si se usare un CPC, un CPCA o un CPCB, y así sucesivamente para 5 cm y para 3 cm. Esto implicará que necesitarían concretos de mayor resistividad eléctrica si se utilizan, cementos con caliza.

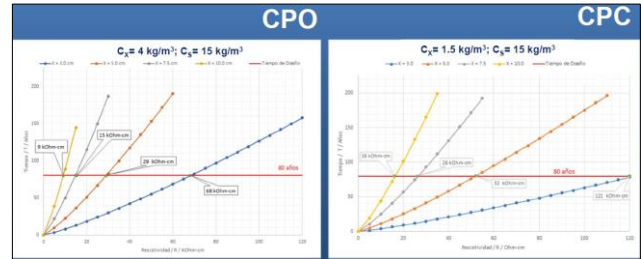


Figura 25. Resistividad necesaria para un concreto de 80 años de vida en función al recubrimiento y al tipo de cementante

El autor propone la tabla de la Figura 26, en donde dependiendo del nivel de agresión del ambiente por cloruros donde M2 es el menos agresivo, que sería a una distancia de costa de más de 100 m, M3 entre 50 y 100 m de la costa y M4 es expuesto directamente se establecen cuál sería la resistencia mecánica a 90 días en Megapascuales (MPa). ¿Cuál sería la relación agua: cementante? Aquí se define cementante, no polvo de cemento. Se debe saber cuánto es el cementante en el cemento y cuál es la resistividad eléctrica a 90 días en función del recubrimiento del concreto. Si se utiliza cemento CPC, entonces se debe multiplicar todo esto por un factor de seguridad de 1,7. Si el contenido de caliza está entre 30 y 20%, si el contenido de caliza está entre 20 y 15%, entonces debe multiplicarse por 1,5 todos estos valores o por 0,7 en el caso de la relación agua: cemento. Y, por último, si se tiene un contenido de caliza entre 10% y 14%, entonces habría que utilizar un factor de seguridad de 1,2.

	f _c (MPa) @90 días				Relación a/cm				ρ _s (kΩ-cm) @90 días			
	Recub. Min. (cm)				Recub. Min. (cm)				Recub. Min. (cm)			
	10	7.5	5	3	10	7.5	5	3	10	7.5	5	3
M4	60	75	-	-	0.35	0.32	-	-	40	70	-	-
M3	45	50	60	75	0.45	0.40	0.35	0.32	15	25	45	75
M2	40	45	50	70	0.47	0.45	0.40	0.35	10	15	25	50

• SF = 1.7 for f _c and ρ _s ; SF = 0.6 for w/cm	- 15% > LOI > 10%
• SF = 1.5 for f _c and ρ _s ; SF = 0.7 for w/cm	- 9.9% > LOI > 7%
• SF = 1.2 for f _c and ρ _s ; SF = 0.8 for w/cm	- 6.9% > LOI > 5%

Figura 26. Resistencias a compresión, relaciones c/c y resistividades necesarias ante distintos niveles de agresión del ambiente

¿Cuáles son las recomendaciones para lograr esta durabilidad en ambiente marino?:

- Considerar el diseño por durabilidad de la obra, no solo por cargas mecánicas.
- Especificar los materiales a ser usados, teniendo en cuenta también ahora el cemento, no solo el concreto, sino qué cemento utilizar. Usar un cemento con menos de 15% de relleno inerte de caliza.
- Especificar la resistividad eléctrica saturada del concreto en el proyecto y controlar la calidad a lo largo de la construcción de este.
- Especificar el recubrimiento mínimo según la agresividad de exposición.
- Evaluar los materiales antes de que se inicie la construcción, no solo el f'_c , también la resistividad eléctrica del concreto.
- Proponer los manuales de prevención de daños para alcanzar el diseño.

TERCERA PARTE

EL DESARROLLO URBANO EN EL LITORAL VENEZOLANO ¿SE HA TOMADO EN CUENTA LA DURABILIDAD DE SUS CONSTRUCCIONES?

Ing. José Luis Beaupérthuy Urich

2. El Marco Geográfico y Meteorológico

Venezuela posee una ubicación privilegiada, es el país caribeño con mayor extensión de costas, con una fachada al Caribe que va desde Castillete (Zulia) hasta Punta Peña en la península de Paria (Sucre), sumado a una fachada atlántica, menos poblada y desarrollada, en los estados Monagas y Delta Amacuro. Los estados Falcón y Sucre destacan por su mayor extensión costera. (Figura 27).

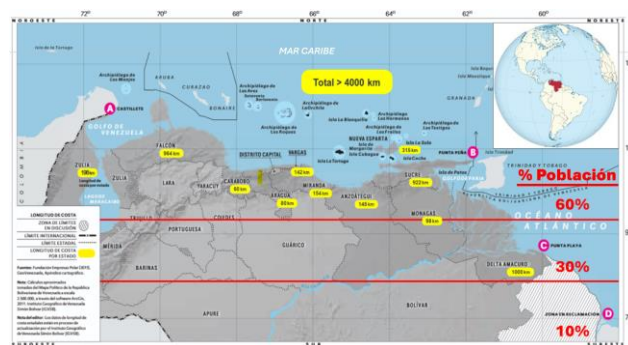


Figura 27. Extensión de costas por estado en Venezuela y porcentaje de población asentada

La mayor proporción de la población venezolana se asienta en esta franja costera. Bajo un clima tropical de muy alta corrosividad, se ha edificado masivamente. Sin embargo, surge una interrogante crítica: **¿Hemos sabido construir el futuro de este valioso espacio de manera sostenible?**



Figura 28. Panorámica de valiosas construcciones existentes en el litoral venezolano, un entorno desafiante

La experiencia nos indica que no. Aunque el desarrollo inmobiliario resulta seductor a la distancia, al detalle se revelan edificaciones con un deterioro generalizado y una degradación estructural considerable debido a la corrosión.



Figura 29. La realidad de las afectaciones por corrosión

¿Qué condiciones determinan el alto grado de corrosividad?

El alto grado de agresividad ambiental en nuestras costas está determinado por una combinación de factores:

- **Vientos Alisios:** Predominantes del Noreste (NE), transportan sales marinas directamente hacia las estructuras.
- **Temperatura:** Constante, generalmente superior a los 25°C durante todo el año.
- **Humedad Relativa (HR):** Rangos promedio entre 70% y 80%, condiciones ideales para los procesos electroquímicos de corrosión.
- **Tiempos de Humectación:** Los ciclos de humedecimiento y secado aceleran la concentración de sales en la superficie del concreto.
- **Lluvias Intensas:** Contribuyen al transporte de agentes agresivos hacia el interior de la matriz del concreto.

Tabla 5. Variables climáticas críticas que condicionan la alta agresividad en la costa venezolana

VARIABLE CRÍTICA	VALOR/CONDICIÓN
Vientos predominantes	Vientos Alisios (NE)
Temperatura	>25 °C promedio anual
Humedad Relativa	70-80% promedio anual
Tiempos de Humectación	Óptimos

3. La amenaza silenciosa: los cloruros

Los vientos provenientes del mar arrastran consigo abundante “bruma marina”, un aerosol de agua salada (principalmente cloruros) generado por la turbulencia de la brisa y el oleaje. Este puede transportarse varios kilómetros tierra adentro, donde se va depositando progresivamente sobre edificaciones e instalaciones a su paso.

A medida que estas sales (cloruros) van concentrándose en las superficies de las estructuras por efecto de los ciclos de humedecimiento-secado, van a su vez penetrando al interior del concreto, principalmente por difusión, un proceso estocástico que depende directamente de la permeabilidad y calidad de la mezcla. Al alcanzar las armaduras de refuerzo, rompen la capa de óxidos pasivantes, activando el proceso de corrosión. Este fenómeno es lento pero progresivo, comprometiendo la integridad y seguridad estructural a largo plazo de las edificaciones.



Figura 30. Ambiente marino: alta salinidad tanto del agua como del aire. Bruma marina, aerosoles de agua de mar transportados tierra adentro por la brisa. Altas temperaturas

Otras amenazas: Sismos e impactos climáticos

No podemos olvidar que el litoral venezolano se ubica sobre sistemas de fallas activos (San Sebastián y El Pilar). Eventos como el sismo de Tucacas (12/09/2009, M_w 6.4) y el de Yaguaraparo (21/08/2018, M_w 7.3) han demostrado la vulnerabilidad de estructuras ya debilitadas por la corrosión (Figura 31). Asimismo, los eventos hidrometeorológicos, como los deslaves de 1999 y los recientes sucesos de 2025, subrayan la urgencia de infraestructuras resilientes.



Figura 31. Izq. Sismo de Tucacas, 2009, M_w 6.4. Der. Sismo de Yaguaraparo, 2018, M_w 7.3 Lechería, Anzoátegui

4 .El Modelo de Durabilidad (Tuutti/Paulo Helene)

Es fundamental diferenciar dos conceptos clave:

- **Durabilidad:** Es la capacidad que tiene una estructura o miembro estructural de resistir el deterioro provocado por acciones distintas a las cargas y solicitaciones previstas en el diseño, o sea, distintas a las solicitaciones mecánicas, que perjudiquen su comportamiento o limiten su duración de servicio o vida útil (ACI 318-19).
- **Vida Útil:** Es el periodo en el cual la estructura debe conservar los requisitos de proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética sin costos inesperados de mantenimiento. (NTF 4015:2012: Concreto. Durabilidad; Red DURAR).

¿Estos términos se cumplen realmente, o son sólo una utopía? Aquí podremos conseguir la respuesta.

Veamos entonces a continuación un modelo típico de durabilidad y vida útil, tomado del libro “Proyectar para durabilidad” del Dr. Paulo Helene (Figura 32).

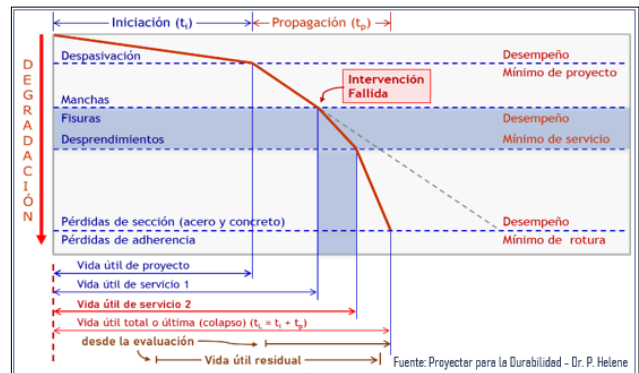


Figura 32. Modelo de durabilidad y vida útil. Fuente: Proyectar para la Durabilidad, Dr. Paulo Helene

- **Degradación:** Es el deterioro o envejecimiento que sufre la estructura con el uso y grado de exposición, lo que la va alejando cada vez más de su estado nominal.

Estos modelos destacan dos periodos en la vida de una edificación, el de iniciación y el de propagación. En el periodo de iniciación no hay síntomas, no se aprecia a simple vista degradación o daños a menos que se hagan pruebas a la estructura, pero la despasivación está ocurriendo. Dentro del periodo de iniciación y la aparición de las primeras manchas o fisuras debería estar contemplada

la vida útil de diseño de una estructura, y esto no se está cumpliendo en ninguno de los casos que hemos atendido. Muchas veces las primeras fisuras aparecen a los 5 o 6 años en los edificios construidos en nuestras costas. Por tanto, no estamos diseñando con durabilidad y mucho menos para cumplir con las vidas útiles requeridas.

Si nos vamos a la norma europea (Figura 33), porque en Venezuela no contamos con una norma donde se indiquen precisamente los tiempos de vida útil, para construcciones convencionales la vida útil debe ser de 50 años. En Venezuela la gran mayoría de las edificaciones convencionales en concreto reforzado (viviendas, oficinas, turístico-vacacionales), construidas en zonas costeras, no están cumpliendo con este requisito.

La misma norma especifica para las edificaciones de carácter monumental o de importancia especial, una vida útil de 100 años. Igualmente, las construcciones esenciales y las industrias e infraestructuras vitales en Venezuela no están cumpliendo este requisito en la mayoría de los casos.

TIPO DE ESTRUCTURA	VIDA ÚTIL
Estructuras de carácter temporal	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandales, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil; excepto obras marítimas, de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	
NORMA ESPAÑOLA EHE-08 "Instrucción de hormigón estructural"	

Figura 33. Vida útil según Norma Española EHE-08 "Instrucciones de hormigón estructural"

La durabilidad no debe tomarse en cuenta sólo para las etapas de diseño y construcción, también debe tenerse muy presente para las operaciones de mantenimiento, bien sea preventivo o correctivo. Si al aparecer las primeras manchas o fisuras, se hace una intervención de mantenimiento exitosa, se le va a prolongar la vida útil residual a la edificación. Pero, por el contrario, si hay una intervención fallida, sin criterios de durabilidad, el proceso de degradación se acelerará, recortándose marcadamente la vida útil a la estructura.

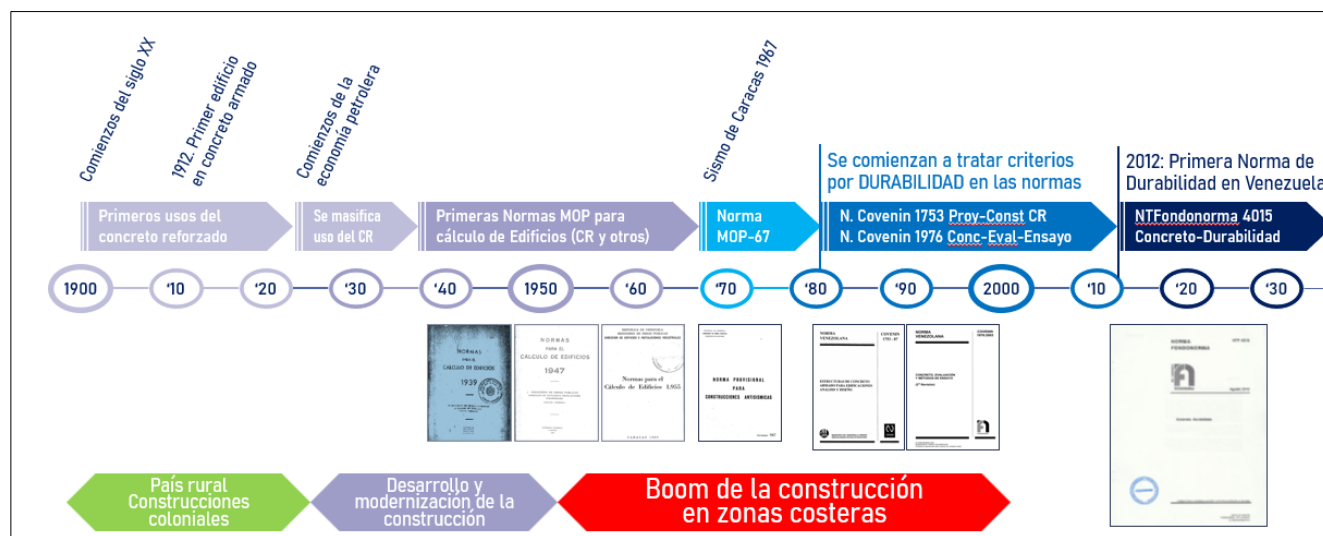


Figura 34. Línea del tiempo en criterios de durabilidad en Venezuela. Fuente: del autor

5. Evolución de los criterios por Durabilidad en Venezuela

Una línea de tiempo sirve para comparar los desarrollos de la construcción en concreto reforzado con el desarrollo de los códigos o normativas que toquen el tema durabilidad.

En Venezuela, al igual que en muchos de los países latinoamericanos, se comenzó a construir en concreto reforzado a comienzos del siglo XX. De hecho, el primer edificio en concreto reforzado construido en nuestro país data de 1912, los Archivos Nacionales en Caracas.

A comienzos de los años 20, cuando empieza la explotación petrolera, ocurre un cambio drástico en el país y

se desarrolla masivamente el uso del concreto reforzado en la construcción. Mientras tanto manteníamos unas normas que, aunque eran avanzadas para su época (muy adaptadas a las normativas americanas, la ACI y la ASTM), se enfocaban más bien en criterios de cálculo, diseño y construcción sin conceptos significativos por durabilidad. Con el tiempo, se fue avanzando más en materia de diseño y construcción, de cómo usar el material, pero sin mayores menciones a temas de durabilidad. ¿Por qué? Porque estábamos en una Venezuela en pleno desarrollo de la construcción en concreto reforzado y no habían empezado los problemas por degradación. Apenas luego del sismo del 67 aparece la norma MOP 67 que ya fue un cambio de paradigma, un antes y un después de la normativa venezolana y de ahí se

empiezan a desarrollar ya con más diversificación a través de las normas COVENIN, normas que comienzan a tratar criterios por durabilidad, en su contenido. Cabe mencionar la norma COVENIN 1753 – Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural, que se inició en los años 80 y la norma COVENIN 1976 - Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo.

En el año 2012, bajo la tutela de la Dra. Oladis Troconis de Rincón, se logró publicar la primera norma por durabilidad en Venezuela, la Norma Técnica Fondonorma NTF 4015, Concreto-Durabilidad. Esta norma establece los requisitos para la durabilidad del concreto reforzado, especificando criterios para el diseño, la composición de mezclas y las prácticas constructivas, especialmente para estructuras expuestas a ambientes agresivos como zonas marinas o industriales, buscando mitigar la corrosión y prolongar la vida útil de las edificaciones. Pero está incompleta y requiere actualizarse para incorporar, como ocurre con toda norma, los avances tecnológicos, nuevos conocimientos científicos y las experiencias locales.

Volviendo a la línea de tiempo, vemos un primer periodo hasta los años 20 del siglo pasado de un país rural con construcciones coloniales y de la época republicana temprana. Entre mediados de los años 20 hasta los años 50 comienza la modernización del país, con un gran desarrollo en construcción en concreto reforzado, pero el boom del desarrollo en las costas fue en el periodo 1950-1980, donde lo que prevalecían eran parte de las antiguas Normas del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y las Recomendaciones y Especificaciones Técnicas del Comité Conjunto del Concreto Armado (CCCA), las cuales fueron luego acogidas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y sirvieron de base para el inicio de su edición de normas específicas del sector construcción a finales de la década de los 70's e inicios de los 80's. En este periodo todavía no se tenían normas de durabilidad. En este tiempo se diseñaba todavía con concretos de $f'_c = 200 - 210 \text{ kgf/cm}^2$ y así lo hemos visto en muchos de los planos estructurales de edificios de esa época construidos en la costa. Para inicios de los años 80's ya sí la mayoría de los proyectistas fueron virando a concretos $f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$, que todavía se siguen especificando a pesar de no ser competentes para temas de durabilidad. Así pues, tenemos población muy grande de edificaciones construidas con poco o ningún criterio de durabilidad.

En la Tabla 6 siguiente, se presenta una descripción de los hitos históricos para que el lector visualice el "gap" existente entre el desarrollo urbano en Venezuela y los criterios de calidad del concreto que existían para las construcciones del momento.

Tabla 6. Hitos del crecimiento de la construcción en Venezuela y los criterios del momento en calidad del concreto

Periodo	Contexto de Desarrollo Urbano	Normativa de Referencia	Criterio de Calidad Típico	Observación de Durabilidad
1912 - 1925	Inicios del concreto reforzado (Archivo Nacional)	Prácticas empíricas / Códigos iniciales	Variable	Construcción artesanal, baja masificación
1925 - 1950	Modernización petrolera y urbana	MOP con adaptación ACI/ASTM	$f'_c \approx 180-210 \text{ kgf/cm}^2$	Enfoque exclusivo en resistencia mecánica
1950 - 1970	Boom del Litoral Grandes hoteles y residencias	Normas MOP / Recomendaciones CCCA	$f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	Ausencia de criterios de permeabilidad o recubrimientos mínimos
1980 - 2012	Crecimiento vertical y diversificación	COVENIN 1753 / 1976	$f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$	Inician criterios orientados a la calidad, pero sin norma de durabilidad específica
2012 - Hoy	Fase de mantenimiento y patología	NTF 4015:2012 (Fondonorma)	$f'_c > 300 \text{ kgf/cm}^2$	Norma vigente (aunque poco fiscalizada) con criterios de exposición (M1-M5)

Factores que atentan contra la Durabilidad

Los principales factores que atentan contra la Durabilidad son:

5.1 .Deficiencias en el Proyecto y la Construcción:

Entre las deficiencias más frecuentes que se encuentran en el proyecto y la construcción se tienen:

Desde el diseño, al no considerar los requisitos de durabilidad ni en el diseño, ni en los planos, ni en las especificaciones constructivas.

Uso de materiales inadecuados, tales como agregados de origen marino, otros materiales de construcción contaminados con sales, como son los materiales de revestimiento y los bloques de arcilla que se usan para aligerar las losas nervadas que muchas veces están contaminados con sales (punto crítico en las costas venezolanas, la higroscopicidad de estas sales en los bloques acelera la corrosión en los nervios de las losas, incluso en ambientes protegidos), concretos de baja calidad o sin diseño apropiado para ambientes marinos y la falta de aditivos protectores o reductores de agua.

Vicios y malas prácticas constructivas (mano de obra), falta de capacitación en técnicas para construir en ambientes marinos o agresivos.

5.2. Falta de Mantenimiento:

Tenemos muy arraigada la cultura de la no prevención y la poca o nula inversión en mantenimiento preventivo y correctivo apropiados.

5.3. Marco Legal:

Esto es muy importante, el marco legal y normativo. Existen las normas, pero su aplicación y fiscalización son muy débiles. La supervisión, carencia de profesionales sensibles y capacitados en durabilidad y patología de las construcciones. Y algo que nunca escapa en nuestros países, la corrupción, la tendencia de constructores o contratistas a prácticas viciosas en la calidad de las obras. Como en el concreto el material que más cuesta es el cemento, hay una tendencia habitual en ahorrar cemento.

En la Figura 35 se presentan las proporciones en lo que pesa para la durabilidad los defectos de construcción, los de diseño y los de los materiales.

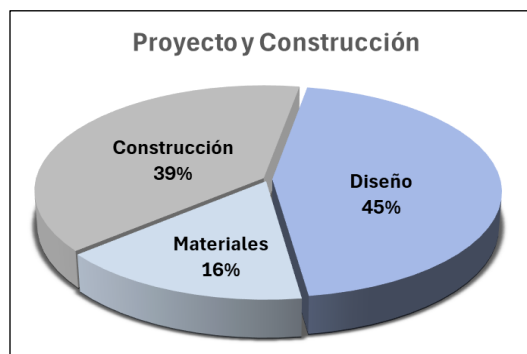


Figura 35. Incidencia en la durabilidad de los principales defectos que ocurren durante el proyecto y construcción

En la Figura 36 se compara la inversión versus tiempo de cuando una estructura se diseña con criterios de durabilidad y cuando no.

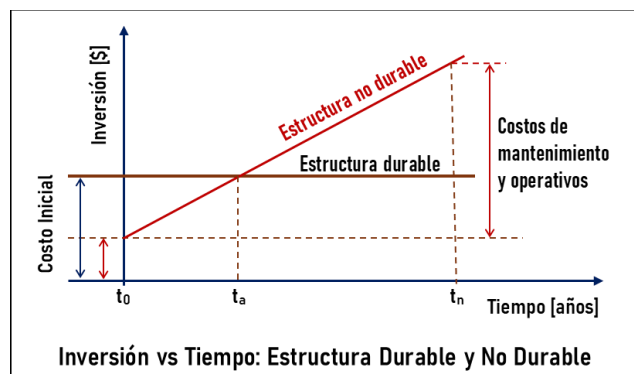


Figura 36. Inversión versus tiempo: estructura durable o no durable. Fuente: O Hernández y C.J Mendoza. Instituto de Ingeniería, UNAM, México

Si invertimos un poco más y construimos con criterios de durabilidad, su permanencia en el tiempo va a ser estable. En cambio, si construimos sin criterio de durabilidad, vamos a estar invirtiendo mucho en reparaciones y mantenimiento correctivo, cuyos costos van siempre a ser muy superiores al costo inicial invertido de haber construido con durabilidad.

6. Consecuencias de la falta de criterios de Durabilidad

La carencia de durabilidad en nuestros proyectos, especialmente en entornos tan exigentes como el litoral, conlleva una serie de repercusiones graves y multifacéticas:

- **Deterioro acelerado de la infraestructura:** Degradación prematura de nuestras construcciones, edificios, instalaciones, puentes, puertos, vías. Esto compromete la funcionalidad y seguridad de estas estructuras.
- **Pérdida de vidas y bienes:** La falla o colapso estructural de las construcciones debido a su corta vida útil puede resultar en desastres con lamentables pérdidas humanas y materiales.
- **Impacto económico elevado:** Implica ciclos onerosos de intervenciones para reparar o reconstruir, lo que

causa depreciación del patrimonio construido y pérdidas de inversiones significativas.

- **Impacto social:** Genera el desplazamiento de comunidades, afecta la calidad de vida y puede desencadenar crisis habitacionales o de infraestructura básica.
- **Impacto ambiental:** Contribuye a la contaminación por la generación excesiva de desechos de construcción y demolición. Induce la alteración irreversible de ecosistemas frágiles.

La Figura 37 representa un caso real. Este caso es un vivo ejemplo de la inadecuada atención técnica en temas de durabilidad. Teníamos una construcción a su momento de inauguración, con unas instalaciones impecables, con una gran expectativa de valor. Pero comienza en los primeros años de habitada un deterioro prematuro por corrosión.



Figura 37. Proceso de decadencia patrimonial. Experiencia del autor

A los 7 años de construida la edificación, cuando ya son notorias las grietas, nos llaman para conocer qué pasaba y que les hiciéramos un estudio, una evaluación y unas recomendaciones. El diagnóstico en ese momento era optimista, pero las soluciones que recomendábamos eran con ciertas complicaciones y de costos elevados, pues toda reparación bien hecha cuesta mucho dinero. Entre los propietarios del momento no hubo consenso, se decidieron por intervenciones improvisadas lo que acelera la corrosión.

A la edad de 22 años, nos vuelven a llamar, “mire, la cosa está complicada, cómo ha crecido el tema de la corrosión”. Se entrega un segundo informe menos optimista. Tampoco hubo consenso. Persistieron entonces por seguir con las soluciones “mágicas”, lo que llamamos nosotros “pintura antisísmica”, pues creer que con solo tapar las grietas y que se vea “bonito”, ya se soluciona el problema y lo que realmente se logra es exacerbar la corrosión y la proliferación de los daños.

Después nos llaman en una tercera oportunidad, ya a los 28 años de construido. Y cuando llegamos analizar el

problema, vimos que era inviable cualquier intervención racional porque no era ya reversible el proceso de corrosión a costos razonables.

Esta dramática situación descrita con este caso real no es única, ocurre en muchos otros casos de deterioro prematuro de las edificaciones afectadas por la corrosión en ambiente marino. No es un tema técnico, **es un problema social y económico**.

7. Hacia una Construcción Sostenible y Duradera

7.1. Mitos y realidades sobre el tema de durabilidad

Siempre hemos oído la frase “el concreto es noble”. Debemos erradicar este mito de que el concreto es noble por sí solo. Su nobleza depende del tratamiento técnico que reciba.

Por tradición, el único parámetro que se ha tenido para especificar la calidad del concreto en la gran mayoría de los proyectos de edificaciones convencionales ha sido, hasta ahora, su resistencia mecánica, la famosa f'_c , **esto tiene que cambiar**. Aunque es claro que la resistencia a compresión está ligada a ciertos factores que determinan la durabilidad del concreto, ya no es suficiente para definir cuán durable va a ser nuestra estructura.

En la mayoría de los edificios con problemas de deterioro estructural que hemos evaluado en zonas costeras, al revisar los planos estructurales (si se consiguen) encontramos la cita:

$$\text{Calidad de materiales: } f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

No pasa de ahí. No se especifican las mezclas (tipo de cemento y contenido mínimo, relación agua/cemento, etc.). En los planos indican, a veces, un espesor de recubrimiento general de 2,5 cm para los miembros estructurales, lo cual ya no es conveniente, como lo veremos más adelante.

7.2. Estrategias y Soluciones

a) *Ingeniería de materiales*: Se requiere atender cuatro factores básicos de una obra de concreto reforzado para evitar el deterioro prematuro de la futura edificación y esto debe ser obligatorio para ambientes marinos. 1) La composición del concreto (cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones, la relación a/mc, el contenido mínimo de cemento); evitar los cementos tipo CPCA. Esto en lo que se refiere a la calidad del concreto; 2) también debemos tener presente en todos nuestros diseños los espesores de recubrimiento adecuados; 3) el cuidado en los procesos de colocación y compactación; 4) el riguroso curado para garantizar una buena calidad del recubrimiento que es el que nos protege a las armaduras.

b) *Un diseño consciente y adaptado del entorno, es decir*: 1) drenajes eficientes, evitar empozamientos, prever pendientes, sobre todo en los miembros a la intemperie, en la cara plana superior de las vigas deben tener pendiente para que no acumule agua; 2) evitar piezas esbeltas o delgadas en concreto reforzado, tales como barandas o

pérgolas muy utilizadas en fachadas y áreas comunes de edificaciones en nuestras costas, estos elementos con mucha superficie específica, deben evitarse o en su defecto sustituir la armadura de acero por fibras sintéticas; 3) evitar la obra limpia u obra vista en estructuras expuestas. Siempre cualquier recubrimiento adicional, aunque sea pinturas, ayuda a proteger algo, el uso de hidrofugantes de superficie como una barrera primaria puede ser una solución económica pero efectiva; 4) cuidar el detallado del acero, evitar concentraciones de armadura, emplear separadores de encofrados plásticos o de mortero, nunca metálicos; 5) verificar el control de fisuración máxima en el caso de losas y vigas, o sea, elementos sometidos a flexión; y 6) uso de protecciones superficiales o penetrantes aplicadas al concreto como medidas preventivas, también inhibidores de corrosión o impermeabilizaciones por cristalización. Actualmente hay aditivos impermeabilizantes por cristalización que se le agregan a las mezclas que son muy buenos y que tienden a cicatrizar las posibles fisuras que se generen, bien por flexión o por problemas de contracción.

c) *Normativa y fiscalización rigurosa*: aplicación efectiva de los códigos de construcción mediante una inspección de calidad.

d) *Planeación urbana integral*: ordenamiento territorial que contemple las zonas de riesgos, preparar mapas de zonificación, porque no toda la costa es igualmente agresiva. Hay regiones de la costa venezolana, e incluso en distintas zonas de una misma región, donde tenemos diferentes grados de agresividad. Entonces tenemos una tarea por delante, elaborar unos mapas de agresividad e incluirlos en la norma de durabilidad.

e) *Mantenimiento preventivo*: inculcar la cultura de mantenimiento y la inversión apropiada para mejorar la durabilidad y ampliar la vida útil de las estructuras.

f) *Investigación y desarrollo*: esta tarea representa un reto que tenemos tanto la Asociación Alconpat Venezuela como la Academia Nacional de Ingeniería y el Hábitat, cual es fomentar estudios sobre corrosividad, materiales y técnicas adaptadas al ambiente venezolano.

g) *Concientización*: otra tarea para ambas sociedades, educar a constructores, inversionistas y al público sobre la importancia de la durabilidad.

7.3. Norma Venezolana de Durabilidad, NTF 4015:2012

Como se ha mencionado, esta norma se introdujo a través de Fondonorma en el 2012, la norma de durabilidad venezolana, que clasifica los ambientes, con cinco clases de exposición y sus características (Figura 38).

Clase general de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Tipo de proceso	Código	
No agresiva	Seco	Ninguno	C0	Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones.
Rural / Urbana	Humedad relativa (HR) media a alta y protegidos de la lluvia	Corrosión por carbonatación	C1	Concreto en el interior, sometido a HR mayor a 70% (promedio anual) o a condensaciones frecuentes. Concreto en exteriores, protegido de la lluvia y zonas de HR media anual superior al 70%.
	Humedad media y expuesto a la lluvia		C2	Concreto en exteriores sometido a la acción del ambiente (alta temperatura y agua de la lluvia), en zonas con HR media anual superior al 70%.
	Humedad alta y expuesto a la lluvia		C3	Concreto en exteriores sometido a la acción del ambiente (alta temperatura y agua de la lluvia), en zonas con HR media anual superior al 70%.
Marina	En zona Sumergida	Corrosión por cloruros	M1	Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.
	En zona de mareas		M3	Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de mareas.
	En zona aérea con distancias de 5 a 500 m a la línea de costa		M4	Elementos exteriores de estructuras en las proximidades de la línea de costa (de 5 a 500 m).
	En zona aérea con distancias de 0 a 5 m		M5	Elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar (salpique) o menos de 5m de la superficie del agua.

Clase general de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Tipo de proceso	Código	
Con cloruros de origen diferente del medio marino	En zona húmeda, raramente seca	Corrosión por cloruros	CL4	Piscinas y otras estructuras expuestas a escurrimientos directos de aguas salobres.
	Zona sometida a ciclos humedecimiento y secado		CL5	Estructuras afectadas por el escurrimiento, no continuo, de aguas salobres de procesos industriales.
Ataque químico	Débil	Degradación del concreto	Q2	Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del concreto con velocidad lenta. Instalaciones industriales con sustancias débilmente agresivas. Construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil. Ver tabla 2.
	Moderado		Q3	Elementos en contacto con el agua de mar. Elementos situados en ambiente con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar degradación del concreto con velocidad media de acuerdo con la tabla Estructuras Marinas en general. Instalaciones industriales con sustancias de agresividad media.
	Severo		Q4	Elementos expuestos a degradación severa del concreto. Instalaciones industriales con sustancias de alta agresividad de acuerdo con la tabla Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales.
Desgaste	Moderado a Severo	Dado mecánico	D4-D5	Abrasión, cavitación. Elementos sometidos a desgaste superficial. Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica puede descender por debajo de la presión de vapor de agua. Pisas de puente en cauces muy torrenciales. Elementos de diques, tuberías de alta presión. Tránsito ligero de pavimentos. Tráfico mediano o pesado.

Figura 38. Norma Venezolana de Durabilidad. NFT 4015:2012 Clasificación de ambientes según el tipo de exposición

En la Figura 39 se tienen los valores límites recomendados según el tipo de exposición que establece la norma.

Requerimientos	Sin riesgo de corrosión	Corrosión inducida por carbonatación												Corrosión inducida por cloruros				Ambientes químicamente agresivos			
		Corrosión inducida por carbonatación					Provenientes de agua de mar					Origen distinto del agua de mar		CL4	CL5	Q2	Q3	Q4			
		CO	C0	C1	C2	C3	M1	M3	M4	M5											
máxima relación a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,45	0,40	0,55	0,50	0,45						
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	300	340	380	420	380	420	300	340	380						
Recubrimiento mínimo (mm)	-	20	20	30	40	50	50	50	50	70	50	70	50	50	50						
Otros requerimientos																					

(1) Se debe utilizar cemento Portland tipo II y V si la exposición es a un ambiente Q3 y Q4, respectivamente. Existen algunos países donde el cemento tipo I posee un contenido bajo de C3A (< 5 %), lo cual también podría utilizarse.

Figura 39. Norma Venezolana de Durabilidad. NFT 4015:2012 Valores límites recomendados según tipo de exposición

Para la corrosión inducida por cloruros se establecen relaciones $a/c < 0,5$, lo cual depende de la ubicación del elemento; siendo esta insuficiente para ambientes de muy alta agresividad (M3 y M4/Figura 38). En estos se especifican relaciones $a/c < 0,45$, con un contenido de cemento y recubrimiento mínimos de 340 kg/m^3 y 5 cm , respectivamente.

Ninguno de estos tres parámetros se está cumpliendo a cabalidad en nuestras construcciones en la actualidad, a pesar de ya estar vigente la norma de Durabilidad. Entonces, imagínense para ambientes más agresivos como el M5, donde se exige una relación agua/cemento de $0,40$, un contenido de cemento de 420 kg/m^3 y 7 cm de recubrimiento, esto significa que para lograrlo necesitamos diseñar y construir con concretos de resistencia superior a los 400 kgf/cm^2 ($>40 \text{ Mpa}$), lo que sólo ocurre en esporádicos casos donde se cuente con constructores y diseñadores conscientes.

8. ¿Dónde estamos y hacia dónde vamos en este tema?

La corrosión es el cáncer de las estructuras, es una enfermedad endémica de toda construcción ubicada en ambiente marino. Su evolución es lenta pero inexorable, sus efectos de no ser controlados a tiempo pueden conducir a la ruina de la estructura (estado límite último). Hemos tenido colapsos en Venezuela, también ha habido colapsos de importantes edificaciones en otros países a causa del tema de la corrosión, con lamentables pérdidas de vida.

La corrosión causa grandes pérdidas económicas y pone en riesgo la seguridad de las personas. Grandes desarrollos urbanos que se encuentran en la región litoral acusan hoy día serios problemas estructurales por esta causa. Estos problemas se irán incrementando con el tiempo y por ende su vulnerabilidad. A medida que avanza el deterioro por corrosión se complica la posibilidad de rehabilitación.

Reparar corrosión de manera adecuada es sumamente complejo y costoso. Las intervenciones requeridas muchas veces tienen que ser extensas. En edificios habitados, hay que desocupar y dismantelar sectores para poder intervenir. La reparación implica debilitar temporalmente aún más la estructura porque se necesita descubrir totalmente las armaduras afectadas, por tanto se requieren equipos y tecnología apropiados, rigurosos apuntalamientos, materiales especiales. Toda la operación es compleja, muy invasiva, delicada, lo que significa grandes incomodidades y altos costos operativos para lograr una apropiada rehabilitación. Por lo común, los propietarios tienden a evadir el problema o atenderlo de manera empírica. Esto es prácticamente la causa común en la mayoría de nuestras construcciones costeras.

La agresividad no es controlable, sus efectos sí. Por ello, todo nuevo proyecto debe contemplar criterios de durabilidad, estudio del sitio, grado de agresividad del medio, la clase de exposición, seleccionar y especificar los materiales, configuración estructural, recubrimiento, relación agua: material cementante, aditivos, adiciones, y la mano de obra sensibilizada al tema de durabilidad. Es urgente la necesidad de atender esta problemática seriamente. Cada día aumenta este inventario de edificaciones dañadas, envejecidas, obsoletas, ubicadas en nuestro litoral. Muchos inmuebles ya rondan y sobrepasan su vida útil de proyecto y muchos empezaron a dañarse a poca edad, o sea, cuando apenas tenían 7 a 10 años de construidos.

Otros tantos ya han sobrepasado prematuramente su vida útil residual. Como les decía, esto es un tema de gran impacto socioeconómico.

La ingeniería tiene el conocimiento y las herramientas para construir bien, para mantener y para reparar de manera duradera. Es una cuestión de voluntad política, referido el término no a los políticos, sino a la voluntad de las cabezas, de los que dirigen las construcciones, de los responsables de la inversión y del cumplimiento de las normas. La durabilidad no es un "gasto extra", es una inversión en activos.

9. CONCLUSIONES

Inexistencia de una cultura de durabilidad:

Históricamente, el desarrollo urbano del litoral venezolano priorizó la resistencia mecánica y la estética inmediata sobre la vida útil, resultando en un parque de edificaciones con daños prematuros (antes de los 10 años).

Obsolescencia normativa y práctica:

A pesar de contar con la norma **NTF 4015:2012**, su aplicación en proyectos actuales es deficiente, aun cuando esta se desarrolló en base a la experiencia adquirida en los proyectos DURAR y DURACON.

En la práctica, los parámetros típicos de diseño ($f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$ y recubrimientos de $2,5 \text{ cm}$) son insuficientes para la agresividad del ambiente marino y especialmente el venezolano.

El costo de la "No-Durabilidad":

Las intervenciones paliativas o estéticas (como la "pintura antisísmica") sin criterios de patología estructural pueden inclusive acelerar el proceso de corrosión, llevando a las estructuras a estados de degradación irreversible a costos razonables.

Urgencia de supervisión y fiscalización:

La durabilidad debe dejar de ser una opción del constructor para convertirse en una exigencia legal y ética. Es imperativo que los entes municipales y gremiales exijan el cumplimiento de recubrimientos, relaciones a/c bajas y el uso de aditivos protectores en zonas costeras.

Educación y Concientización:

El éxito de la infraestructura nacional depende de entender que la durabilidad es una inversión estratégica. Reparar es mucho más costoso que construir bien desde el inicio.

CRÉDITOS DE LAS FIGURAS

Figuras 1 a 4: Dra. Oladis Troconis de Rincón

Figuras 5 a 15: Dra. Valentina Millano

Figuras 16 a 26: Dr. Andrés Torres-Acosta

Figuras 27 a 39: Ing. José Luis Beauperthuy Urich

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA

JP. Yumha. Construcción sustentable. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. 2014

L. Arrieta, M. Dikdan, R. Malavé, E. Anzola, M.A. Olavarrieta, D. Avon, H. Bolognini, M. Corominas "Prevención de Daños y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado. Un enfoque Integral". 2013

O. T de Rincón, A. Carruyo, C. Andrade, P. Helene, I. Diaz y Miembros de la Red DURAR. "Manual de inspección, Evaluación y Diagnóstico por Corrosión en Estructuras de Concreto Armado. CYTED. ISBN 983-296-541-1. 1997 (1st. Edition).

O. T. de Rincón, A. Rincón Paz, M.F. de Romero, M.A. Sánchez, A.I. Hernández de Rincón, M. del Rosario Prato,

M.F. de Laguna. "A New Vision of Atmospheric Corrosiveness Maps". Materials Performance NACE International. Vol 37, N°. 12, december 1988, pp. 48-53.

O. T. de Rincón, N. Romero, M Fernández, S. Delgado, M. Sánchez, O. Salas, O. Ruiz. "Effect of Tropical Environment in Transmission Towers". Materials Performance. Vol. 52 No. 12. December, 2013.

A. X. Camacaro Vásquez, L. F. Picón Mercado, M. A. Sánchez Gómez, O. T. De Rincón, y V. Millano González, «Evaluación de los Daños por Corrosión de una Estructura de Concreto Armado Expuesta a un Ambiente Costero-Industrial», Rev Tec Fac Ing Univ, Vol. 46, p. e234615, dic. 2023.

O. Hernández y C.J. Mendoza "Durabilidad e Infraestructura" Instituto de Ingeniería UNAN, México

P. Helene "Estructuras de Concreto. Proyectar para la Durabilidad" ACI

R.K. Dhir, M.C Limbachiya, M.J McCarthy y A. Chaipanich "Evaluation of Portland limestone cements for use in concrete construction. Materials and Structures, 40(5), 459-473. RILEM 2007

V. Millano-González, O. T. de Rincón, A. Torres-Acosta, M. Sánchez Gómez, P. Castro Borges, J. T. Pérez-Quiroz, T. Pérez-López, R. Vera, M. Salta, M. Pedrón. "Modelling electrochemical performance of reinforced concrete in natural marine airborne exposure environments: DURACON project-10 years evaluation". Corrosion Journal. July 2023 • Vol. 79 • Issue 7.

V. Millano-González, O. Troconis de Rincón, A. Torres-Acosta, et. al "Modeling electrochemical performance of reinforced concrete in natural marina airborne exposure environments: DURACON Project 10 years evaluation". Corrosion Journal. July 2023. Vol 79, Issue 7.

Y. Villagrán, R. Pareja, L. Rojas, E. Irassar, A. Tórres-Acosta, J. Tobón, V. John. "Overview of cement and concrete production in Latin America and the Caribbean with focus o the goals of reaching carbon neutrality" RILEM Letters, 2022, 7:30-46

NORMATIVA

Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2017. "Industria de la construcción. Cementantes hidráulicos. Especificaciones y métodos de ensayo"

Norma COVENIN 1753 – Proyecto y Construcción de Obras de Concreto Estructural. 2006

Norma COVENIN 1976 - Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo. 2003

Norma Fondonorma NTF 4015, Concreto-Durabilidad. 2012

ISO 9223: Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Classification determination and estimation

**RESÚMENES DE TRABAJOS PRESENTADOS
EN EVENTOS EXTERNOS O REVISTAS POR
ACADÉMICOS Y COMISIONADOS**

STRENGTH PARAMETER ESTIMATION FROM TRIAXIAL DATA USING THE ÚCAR FAILURE CRITERION

Estimación de Parámetros de Resistencia a partir de Datos Triaxiales
mediante el Criterio de Rotura de Úcar

Norly BELANDRIA¹, Luis E. ARLEGUI², Francisco Javier TORRIJO³, Roberto ÚCAR⁴

ABSTRACT

This study presents a methodology for fitting the uniaxial compressive strength (UCS) and tensile strength (TS) of rocks and concrete material, using the nonlinear failure criterion proposed by Úcar. A selected of triaxial test data was compiled from the literature and systematically filtered to retain only data consistent with the brittle failure behaviour. For each lithology, the relationship between the principal stresses was modelled through nonlinear regression, allowing estimation of the UCS and TS parameters. These were used to calculate and adjust $\xi = TS/UCS$, parameter of the Úcar failure criterion, quantifying the variation using the Taylor series expansion. Failure envelopes models are proposed for the six rock types analyzed as well as for the concrete. A comparative case study based on Coburg limestone, using the proposed regression methodology of the Úcar criterion versus the Hoek and Brown criterion against Bayesian and heuristic alternatives, yielded successful results. A key advantage of the Úcar criterion is that it requires only UCS and TS as input parameters. The proposed methodology is especially valuable during the early stages of geotechnical and rock engineering projects, or under budget limitations, where experimental datasets are often sparse or unavailable. In addition, the general rock-type models developed herein enable strength prediction for intact rock in contexts where only lithology is known or available data are limited.

RESUMEN

Este estudio presenta una metodología para el ajuste de la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) y la resistencia a la tracción (TS) de rocas y materiales de concreto, empleando el criterio de rotura no lineal propuesto por Úcar. Se recopiló una selección de datos de ensayos triaxiales de la literatura, los cuales fueron filtrados sistemáticamente para retener únicamente aquellos datos consistentes con un comportamiento de rotura frágil. Para cada litología, se modeló la relación entre los esfuerzos principales mediante regresión no lineal, permitiendo la estimación de los parámetros UCS y TS. Estos se utilizaron para calcular y ajustar $\xi = TS/UCS$, parámetro del criterio de rotura de Úcar, cuantificando su variación mediante la expansión en series de Taylor. Se proponen modelos de envolventes de rotura para los seis tipos de roca analizados, así como para el concreto. Un estudio de caso comparativo basado en la caliza de Coburg, utilizando la metodología de regresión propuesta para el criterio de Úcar frente al criterio de Hoek y Brown contra alternativas bayesianas y heurísticas, arrojó resultados satisfactorios. Una ventaja clave del criterio de Úcar es que requiere únicamente UCS y TS como parámetros de entrada. La metodología propuesta es especialmente valiosa durante las etapas iniciales de proyectos de geotecnia e ingeniería de rocas, o ante limitaciones presupuestarias, donde los conjuntos de datos experimentales suelen ser escasos o no están disponibles. Además, los modelos generales por tipo de roca desarrollados en este trabajo permiten la predicción de la resistencia de la roca intacta en contextos donde solo se conoce la litología o los datos disponibles son limitados.

Trabajo disponible en:

Geotech Geol Eng 44, 133 (2026). <https://doi.org/10.1007/s10706-025-03562-9>

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, GeoTransfer-IUCA. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain. e-mail: 875639@unizar.es

² Departamento de Ciencias de la Tierra, GeoTransfer-IUCA. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain. e-mail: arlegui@unizar.es

³ Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible PEGASO), Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain. e-mail: fratorec@trr.upv.es

⁴ Departamento de Geomecánica, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. e-mail: robertoucar@gmail.com

INGENIERÍA, PATRIMONIO Y RECURSOS: SÍNTESIS DE LAS PONENCIAS PRESENTADAS EN EL XVIII CONGRESO VENEZOLANO DE GEOFÍSICA Y LAS JORNADAS DE MINERÍA, UCV (IV TRIMESTRE 2025)

Noel MARIÑO PARDO¹

Entre los meses de noviembre y diciembre de 2015, la comunidad geocientífica nacional convergió en dos espacios de alto nivel técnico: el XVIII Congreso Venezolano de Geofísica (Figura 1), orientado al intercambio científico, el networking y el apalancamiento del relevo generacional de esta rama de la ingeniería; y las Jornadas de Minería 2025 (Figura 2), cuyo propósito fue reafirmar el compromiso institucional con la investigación técnica y operativa para el impulso del sector minero. Ambos encuentros, celebrados en el salón Guillermo Zuloaga, en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Caracas, sirvieron también como sede para las XI y XII Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias. Esta integración no solo facilitó la divulgación de hallazgos inéditos, sino que consolidó una plataforma para documentar y difundir la evolución histórica de las ciencias de la tierra en Venezuela. En las Jornadas de Minería, el académico Ing. Víctor Graterol² presentó una charla magistral basada en su investigación, así como tres trabajos de su autoría.

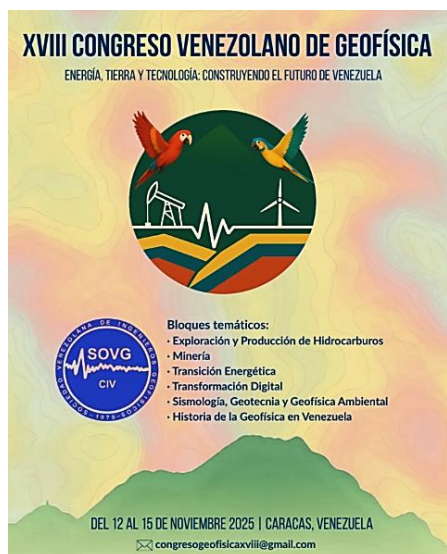


Figura 1 – Afiche del XVIII Congreso Venezolano de Geofísica y sus bloques temáticos.

² Individuo de Número (Sillón XVI), fundador de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.

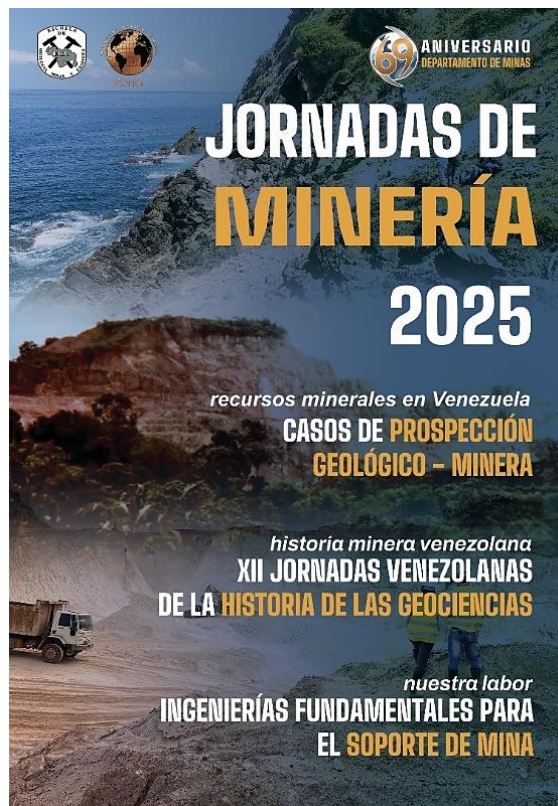


Figura 2 – Volante de invitación para las Jornadas de Minería 2025 donde se incluyen las XII Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias.

XVIII CONGRESO VENEZOLANO DE GEOFÍSICA

Este Congreso se desarrolló entre el 12 y el 15 de noviembre de 2025. Durante este encuentro, la programación incluyó la ponencia de investigación de este autor titulada: “Del Gran Roque a la Sierra Nevada de Santa Marta: Cómo la geoarqueología traza el viaje de la variscita en cuentas del arte precolombino”, así como la charla magistral del académico Ing. Víctor Graterol sobre “Las bases de datos gravimétricos, Anomalía de Bouguer de las Américas y su interpretación”, en el marco de las XI Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias. No obstante, limitaciones técnicas impidieron el buen desarrollo de estas presentaciones dentro del cronograma

¹ Ingeniero Geólogo, Especialista en Tecnología Minera. Académico Correspondiente por el estado Bolívar, Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Comisión de Minería y Materiales. Correo-e.: geonotasvzla@gmail.com .

original. Ante este escenario, y gracias a la flexibilidad institucional, ambos trabajos fueron reprogramados y expuestos con éxito dos semanas después, durante las Jornadas de Minería de la UCV y las XII Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias.

JORNADAS DE MINERÍA 2025

Las Jornadas de Minería 2025 se celebraron del 02 al 04 de diciembre, con un programa estructurado en tres ejes temáticos (Figura 3) y buena asistencia intergeneracional (Figura 4). Para brindar un mejor entendimiento sobre los tópicos tratados en las ponencias de este autor, al final de este documento se han colocado los hipervínculos de los videos que se subieron a la plataforma YouTube.



Figura 3 – Los tres ejes temáticos del programa de las Jornadas de Minería 2025.



Figura 4 – Público asistente a las Jornadas de Minería en forma presencial, que incluyen alumnos y profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, así como miembros de la SVHGc junto a personal jubilado. En la pantalla central se observan los asistentes virtuales. Foto oficial del segundo día, correspondiente a las XII Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias.

PARTICIPACIÓN Y PONENCIAS DESTACADAS

En este marco de actividades, tuve el honor de dar inicio a las actividades de estas jornadas con la presentación "Ocurriencia de topacios en la parroquia Los Pijiguaos, municipio Cedeño del estado Bolívar, Venezuela", descritos por primera vez en la Guayana venezolana. El segundo día, en el rol como presidente de la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias (SVHGc), se ofreció las palabras de bienvenida para luego dar paso a una nutrida agenda académica que incluyó: Charla Magistral: "El oro rojo del Escudo Guayanés: un viaje por sus depósitos de bauxita y el modelo particular de extracción en Los Pijiguaos". Seguidamente, se desarrollaron las siguientes presentaciones: "El Vademécum de Perfetti: claves de campo para la predicción meteorológica en geominería" y "Geoarqueología y las rutas de intercambio minero-comercial prehispanico: el caso de la variscita en el Caribe meridional".

Asimismo, el académico Ing. Víctor Graterol dictó la charla magistral "Historia de las bases de datos gravimétricos, Anomalia de Bouguer de las Américas y su interpretación", basada en el libro de su autoría³. En un emotivo cierre, la SVHGc le rindió un cálido homenaje mediante la entrega de un diploma de reconocimiento⁴, destacando su invaluable trayectoria y contribuciones fundamentales al desarrollo de las geociencias nacionales, consolidando su legado como un pilar para la geofísica en la región.

³ Graterol, V. 2022. Principios y aplicaciones de los métodos de exploración gravimétrico y magnético. Libros – ANIH. Enlace: https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/Principios_Aplicaciones_Metodos_Exploracion_GRAVIMETRICO_Y_MAGNETICO_VGraterol.pdf

⁴ Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Caracas, N° 69, edición octubre-diciembre 2025: 268.

DIVULGACIÓN ACADÉMICA

La SVHGc reafirmó su compromiso con el rescate de la memoria histórica de las geociencias mediante la presentación del Boletín 145 (Figura 5), correspondiente a diciembre de 2025. El lanzamiento estuvo a cargo del Ing. MSc Iván Baritto, quien, en representación del Comité Editor, subrayó la importancia de esta publicación como órgano de difusión geocientífica.

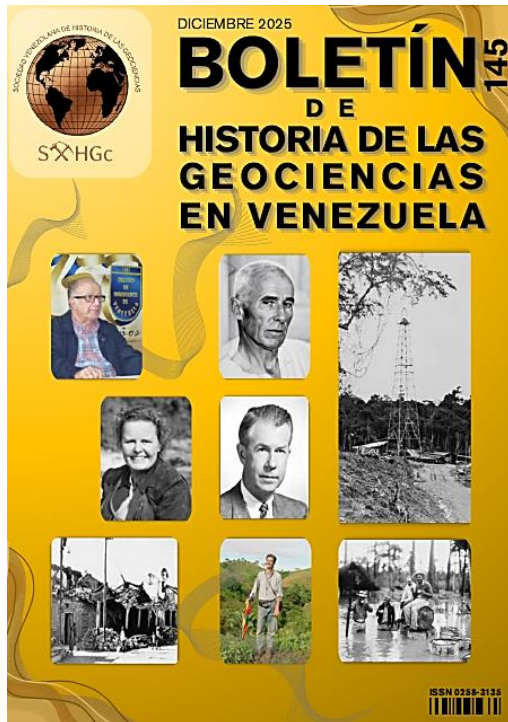


Figura 5 – Boletín 145 de la SVHGc. Disponible en: *Petroleumag*
- Boletín 145

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El desarrollo de estos eventos no solo permitió la actualización técnica en temas de vanguardia como la exploración gravimétrica y la geoarqueología, sino que reafirmó el compromiso de la SVHGc con sus Jornadas Venezolanas de la Historia de las Geociencias, la preservación del patrimonio geocientífico nacional, apoyándose en los gremios para la participación en sus programas.

La integración de estudios sobre recursos estratégicos, como la bauxita de Los Pijiguaos y las ocurrencias de topacios, junto con la recuperación de la memoria histórica a través del Boletín 145, fortalece el puente entre el pasado minero de Venezuela y las futuras generaciones de geocientíficos. Estos encuentros dejan claro que el conocimiento de la geología local y regional es inseparable de la historia de quienes lo han explorado, consolidando así un espacio de intercambio académico de alto nivel que proyecta a la geología venezolana hacia nuevos horizontes de investigación y divulgación.

HIPERVÍNCULOS DE LAS PRESENTACIONES (PLATAFORMA YOUTUBE)

Ocurrencia de topacios en Los Pijiguaos
El oro rojo del Escudo Guayanés (Bauxita)
El Vademécum de Perfetti
Geoarqueología y rutas de la variscita

**RECONOCIMIENTOS A
ACADÉMICOS Y COMISIONADOS**

RECONOCIMIENTOS A ACADÉMICOS Y COMISIONADOS DE LA ANIH

ACAD. JORGE BARALT TORRIJOS. LA UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, EN RECONOCIMIENTO A LA DESTACADA TRAYECTORIA Y VALIOSAS CONTRIBUCIONES ACADÉMICAS DEL PROFESOR JORGE BARALT TORRIJOS, LE OTORGARÁ LA DISTINCIÓN HONORÍFICA DE "PROFESOR EMÉRITO", 2026.

La Universidad Simón Bolívar, en reconocimiento a la destacada trayectoria y valiosas contribuciones académicas del profesor Jorge Baralt Torrijos, le otorgará la distinción honorífica de "Profesor Emérito". El Consejo Directivo de la USB tomó la decisión en una sesión que se llevó a cabo el 26 de noviembre del 2025, en la Sala Benjamín Mendoza, en el que se reconoció el invaluable trabajo del profesor Baralt Torrijos, quien ha dedicado más de cinco décadas a la formación de generaciones de profesionales, a la investigación y al liderazgo institucional en nuestra universidad. [Nota Completa.](#)

Reseña disponible en:
<https://www.usbnoticias.usb.ve/#h.7jspqisiwk3k>

ACAD. FRANCISCO PIMENTEL MALAUSSENA. PREMIO NACIONAL DE CULTURA, MENCIÓN ARQUITECTURA 2025, OTORGADO POR EL MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA CULTURA.



FAUUCV - Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad Central de Venezuela

Nos llena de orgullo compartir que nuestro profesor Francisco Pimentel Malaussena será galardonado con el

Premio Nacional de Cultura 2025, Mención Arquitectura, otorgado por el Ministerio del Poder Popular para la Cultura.

De acuerdo al veredicto de jurado, esta distinción reconoce su excepcional trayectoria de más de seis décadas, marcada por una ética inquebrantable y una maestría creativa reflejada en numerosas obras. Su labor ha integrado con excelencia la praxis profesional, el servicio gremial y la docencia universitaria, consolidando una obra que armoniza el paisaje urbano con la eficiencia energética y el compromiso social.

Extendemos nuestras felicitaciones por este merecido reconocimiento a su trayectoria académica y profesional.

Reseña disponible en:
<https://www.instagram.com/p/DVKCr9pCNQq/?igsh=aXk2NXJ6NjZ0ZDJ3>

ACAD. ARNOLDO JOSÉ GABALDÓN. DESIGNADO COMO MIEMBRO CORRESPONDIENTE NACIONAL DE LA ACADEMIA DE MÉRIDA, 2026.



Celebramos con orgullo a nuestro apreciado Individuo de Número de la ANIH por su designación como Miembro Correspondiente Nacional de la Academia de Mérida, marcando un hito significativo en su trayectoria.

Reseña disponible en:
https://www.instagram.com/reel/DWUjpXZEnSG/?utm_source=ig_web_copy_link&igsh=NTc4MTIwNjQ2YQ==

**ACAD. ALEJANDRO J. MÜLLER.
RECONOCIDO EN EL WORLD'S TOP 2%
SCIENTISTS 2025.**



Asociación de Egresados USB - AEUSB:

Celebramos que nuestro egresado y Profesor Emérito Alejandro J. Müller haya sido reconocido en el World's Top 2% Scientists 2025, un ranking internacional que destaca a los investigadores más influyentes del mundo según su impacto científico.

Con más de 330 publicaciones, miles de citas y una carrera que abarca instituciones como la USB, el IVIC, la Universidad de Bristol y Polymat / UPV-EHU en España, el profesor Müller es una referencia global en ciencia de polímeros, destacando en áreas como cristalización, morfología, nanocompuestos y biopolímeros.

Ha recibido reconocimientos como el Premio Lorenzo Mendoza Fleury, el prestigioso Premio Paul J. Flory y es miembro de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela.

Además, el pasado 20 de septiembre, nos honró como ponente en el Encuentro de Egresados en Madrid y se unió a la Red Global de Talento USB, iniciativa impulsada por la AEUSB para conectar a nuestros profesionales alrededor del mundo.

Su trayectoria demuestra el nivel de excelencia que caracteriza al talento USBista y cómo nuestros egresados continúan aportando al conocimiento científico global.

¡Felicitaciones, profesor Müller! Gracias por representar a la USB con un liderazgo que inspira.

Reseña disponible en:

https://www.instagram.com/p/DRGBEZvE0we/?utm_source=ig_web_copy_link&igsh=NTc4MTIwNjQ2YQ==

**ACAD. JONÁS MONTILVA CALDERÓN.
ELEGIDO COMO PRESIDENTE DE LA
ACADEMIA DE MÉRIDA PARA
EL PERIODO 2026-2028.**



Felicitaciones al Dr. Jonás Montilva Calderón, Individuo de Número Sillón 23 y Miembro Correspondiente por el Estado Mérida de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, por su elección como presidente de la Academia de Mérida para el periodo 2026-2028, felicitaciones extensivas a todos los integrantes de la nueva Junta Directiva.

Estamos muy orgullosos de Usted, esta elección es un merecido reconocimiento a su esfuerzo, dedicación y liderazgo ¡Todo el éxito en esta nueva etapa!

Reseña disponible en:

https://www.instagram.com/p/DR3FTkBDa9/?utm_source=ig_web_copy_link&igsh=NTc4MTIwNjQ2YQ==

**ING. BARLIN ORLANDO OLIVARES CAMPOS.
DISTINGUIDO CON LA MEDALLA DEL PREMIO
“AGUSTÍN DE BETANCOURT Y MOLINA” A
JÓVENES INVESTIGADORES 2025,
OTORGADO POR LA REAL ACADEMIA DE
INGENIERÍA DE ESPAÑA.**



El venezolano Berlín Olivares Campos fue seleccionado junto a otros seis ingenieros entre más de 150 candidatos a nivel nacional, en un proceso altamente competitivo.

Asimismo, destacó que “recibir este reconocimiento siendo joven es una motivación enorme para seguir apostando por la investigación como motor de cambio”.

Reseña disponible en:

<https://www.informe21.com/post/la-real-academia-de-ingenier%C3%A1a-de-espa%C3%B1a-galardon%C3%B3-a-joven-investigador-venezolano>

**ACAD. EDILBERTO GUEVARA PÉREZ.
MEDALLA DEL CONSEJO DEPARTAMENTAL DE
LIMA, 2025.**



CONSEJO DEPARTAMENTAL DE LIMA
DIRECCIÓN DE SECRETARÍA

CARTA N° 981-2025-2027/DS-CIPLIMA

San Isidro, 06 de junio del 2025

Señor Ingeniero
Edilberto Guevara Pérez
Presente. -

Asunto: Invitación – Condecoración Medalla del Consejo Departamental 2025

De mi especial consideración:

Me es grato dirigirme a usted para expresar un cordial saludo e informarle que, con motivo de la celebración del 38.º aniversario del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, se llevará a cabo la **Semana de la Ingeniería 2025**, del 4 al 13 de junio del presente año.

En el marco de esta importante conmemoración, se ha programado una serie de actividades, entre ellas actos protocolares y reconocimientos a ingenieros destacados. Estos se desarrollarán en el Centro de Convenciones “Ing. CIP Antonio Blanco Blasco”, ubicado en Calle Barcelona 240, San Isidro.

Tengo el honor de informarle que ha sido merecidamente seleccionado para recibir la “**Medalla del Consejo Departamental 2025**”, máxima distinción otorgada en el marco de nuestra Semana de la Ingeniería. La ceremonia de condecoración se llevará a cabo el día lunes 9 de junio, a las 6:30 p.m., en el Centro de Convenciones “Ing. CIP Antonio Blanco Blasco”, ubicado en Calle Barcelona 240, San Isidro.

Será un honor contar con su distinguida presencia en este significativo evento, el cual representa una valiosa oportunidad para esbozar los lazos de confraternidad entre colegas y celebrar juntos los logros de nuestra orden profesional.

Agradeceremos confirmar su asistencia al correo secretaria1@ciplima.org.pe, a la atención de la Sra. Guilianna Huayamans Jara.

Agradeciendo de antemano su atención, quedamos atentos a su confirmación.

Atentamente,


Ing. CIP Marco Antonio Ramírez Chávez
Director Secretario
Consejo Departamental de Lima-CIP

981
Calle Barcelona N° 240, San Isidro, Lima - Perú
Teléfono Directo: 202 5038
secretaria1@ciplima.org.pe
www.ciplima.org.pe

Carta con la cual se invita a la celebración de la Semana de la Ingeniería 2025, en el marco del 38.º aniversario del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú, se llevará a cabo la Semana de la Ingeniería 2025, del 4 al 13 de junio del presente año. La ceremonia de condecoración se llevará a cabo el día lunes 9 de junio, a las 6:30 p.m., en el Centro de Convenciones “Ing. CIP Antonio Blanco Blasco”, ubicado en Calle Barcelona 240, San Isidro. Se agradece la confirmación de asistencia al correo secretaria1@ciplima.org.pe, a la atención de la Sra. Guilianna Huayamans Jara.



RESEÑAS

RECENSIÓN SOBRE EL LIBRO GEOLOGÍA DE LA REGIÓN SEPTENTRIONAL DE VENEZUELA. VOLUMEN 1. EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y SÍNTESIS DE LOS TERRENOS TECTONOESTRATIGRÁFICOS DE FRANCO URBANI PATAT (EDITOR).

Víctor A. RAMOS
20 de marzo de 2026

Cuando se analizan las características geológicas del margen de América del Sur la región septentrional de Venezuela es única por su complejidad. Una serie de procesos tectónicos superpuestos han formado una serie de fajas donde se ponen en contacto rocas metamórficas con rocas sedimentarias altamente deformadas desde el Cretácico superior hasta el Cenozoico superior. La estructura resultante en estas fajas es el resultado de intrincados cabalgamientos y combinadas a grandes estructuras transcurrentes que producen una intensa deformación, mucho más compleja que las fajas corridas y plegadas que caracterizan el margen andino. El profesor Franco Urbani ha aceptado el desafío de mostrar a través de una completa revisión tanto geológica como histórica el actual nivel de conocimiento de esta región.

Es por ello realmente muy grato tener la oportunidad de presentar una breve revisión de la obra **Geología de Venezuela Septentrional** de Franco Urbani Patat publicada por la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y la Fundación GEOS de la Universidad Central de Venezuela. En su primer volumen analiza la Evolución del conocimiento geológico y síntesis de los terrenos tectonoestratigráficos, que va a marcar un antes y un después en la Geología del Norte de Venezuela. No hay duda de que se convertirá en una obra de consulta no solamente para los interesados en las características geológicas de esta compleja área de Venezuela, sino para todos aquellos que se interesen en la historia del conocimiento de esta región. La comarca costera venezolana fue una de las primeras en ser visitada por los exploradores y conquistadores españoles que dejaron la impronta de sus descripciones durante los primeros años.

Este minucioso trabajo realizado es una actualización del presentado en su incorporación en 2009 como miembro de número a la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, pero enriquecida con una exhaustiva reconstrucción histórica de cómo se fue formando el conocimiento de la Cordillera de la Costa y con nuevos datos geológicos de estos últimos años. Al analizar la vasta obra anterior de Franco Urbani se hace evidente su pasión por identificar en forma bien documentada el avance del conocimiento y su profunda dedicación a reconstruir la historia de Venezuela. Esta la realiza con solvencia por su comprensión de primera mano de los procesos geológicos, lo que nos permite augurar que se convertirá en una obra maestra y preciado legado para las próximas generaciones.

Evolución del conocimiento

Es ampliamente conocida la expedición de Alonso de Ojeda donde participó Amerigo Vespucci (nuestro Américo Vespuccio), afamado cartógrafo, quien acompañaba a Juan de la Cosa. Este último no solo brindó las primeras vistas de la costa, sino que acuñó el nombre de Venezuela para estas tierras. Sin embargo, no es tan conocida la novedosa vista de la Cordillera de la Costa desde el Cabo Codera realizada casi un siglo después por Vellerino de Villalobos. El autor nos brinda con precisión en su introducción la representación facsimilar de su explicación y título de la obra.

Una parte interesante de este avance del conocimiento la dan las numerosas minas de oro y algunas de cobre trabajadas desde el siglo XVI hasta el XVIII, que narra con probada capacidad y buena documentación. Llama la atención del lector que Franco Urbani no solo registra su historia, sino que a través de sus trabajos de campo ha podido ilustrar en sus mapas con exactitud la ubicación de estos antiguos laboreos.

Una destacada mención recibe los trabajos de Alexander von Humboldt, al que correctamente reconoce como iniciador de las Ciencias Geológicas en Venezuela. No solo destaca sus pioneras investigaciones, sino que ellas han servido a numerosos naturalistas y geólogos que a través de los años se han abocado al análisis de la región. Es realmente excepcional la evaluación que hace de los trabajos y mapas de Alcide d'Orbigny, Amí Boué, Franz Foetterle, Jules Marcou y Jean Antoine Víctor Martin de Moussy. Estos autores que no han visitado Venezuela y que se han guiado en los aportes de von Humboldt, son presentados en forma amena con sus respectivos mapas.

Introduce a Agustín Codazzi, un genio de la cartografía cuyo Atlas físico y político de la República de 1841 sirvió de base a numerosos estudios geológicos posteriores. Entre ellos, enfatiza las contribuciones de Hermann Karsten y George P. Wall a mediados del siglo XIX, quienes produjeron los primeros mapas y secciones geológicas de Venezuela, en especial de la Cordillera de la Costa, complementadas por las observaciones de Wilhelm F. Sievers de fines de ese siglo junto a los primeros estudios petrográficos de Jovan Žujović.

La historia del conocimiento avanza en la primera mitad del siglo XX con interesantes anécdotas como las de los trilobites silúricos de Valencia, cuyos ejemplares resultaron

tener una procedencia norteamericana. En esos años describe los primeros estudios petroleros con énfasis en las rocas sedimentarias mesozoicas, llevados a cabo por diversas compañías, hasta la elaboración del mapa geológico del ingeniero venezolano Alfredo Jahn de 1921. En esos años, los principales aportes proceden de geólogos extranjeros contratados por compañías petroleras, hasta el Primer Congreso Geológico Venezolano de 1937, donde en el mapa del país presentado en la ocasión, comienzan las primeras contribuciones de geólogos venezolanos como las de Santiago Aguerrevere y Guillermo Zuloaga. Estos introducen los primeros nombres formales de una estratigrafía moderna de la Cordillera de la Costa.

Los trabajos continúan en la segunda mitad del siglo XX, en gran parte encarados a conocer sus rocas sedimentarias, apareciendo los primeros hallazgos paleontológicos de megafauna y microfósiles que permiten conocer fehacientemente la edad de los estratos portadores.

Es importante destacar que, en el análisis de todas estas contribuciones, Franco Urbani se preocupa por rescatar a sus autores, a través de fotos personales, algunas de ellas inéditas, junto a reproducciones de mapas geológicos y sus aportes detallados a la Cordillera de la Costa. Esto permite valorar objetivamente el avance del conocimiento y conocer a sus autores que dejan así de ser una cita más en una extensa lista de referencias.

Los estudios tectónicos de este sector septentrional del país se inician con los aportes de Víctor M. López en 1942, geólogo venezolano de amplia experiencia internacional formado en Estados Unidos, quien fue el primero en interpretar la superposición tectónica de diferentes facies metamórficas dentro de la teoría geosinclinal de esa época. A López se debe el haber invitado a Walter H. Bucher, afamado tectonista norteamericano en 1950, quien produjo el primer mapa tectónico de Venezuela. De esos años es el reconocimiento en la Cordillera de la Costa de las primeras rocas ofiolíticas sobre la base de los estudios de Heinrich M. E. Schürmann.

La segunda mitad del siglo XX, de acuerdo con Franco Urbani, estuvo marcada por los estudios de la Universidad de Princeton dirigidos por Harry Hess, que tuvieron como objetivo principal analizar las relaciones de la región del Caribe con este sector de la Cordillera de la Costa. Una pléyade de estudiantes realiza sus tesis doctorales en esta universidad sobre los problemas tectónicos de la región. Uno de los pioneros es Gabriel Dengo, geólogo costarricense que se destacó por sus estudios tanto en Venezuela como en Colombia, quien realizó en 1950 su tesis en la anomalía gravimétrica del Caribe identificada por debajo de la Cordillera de la Costa. Entre más de una decena de tesis valoriza los resultados de la tesis de Alfredo Menéndez, quien sintetiza y revisa las tesis anteriores y produce una novedosa interpretación de la Cordillera de la Costa y sus corrimientos en 1966. Destaca las investigaciones de S. R. M. Harvey, quien no terminó su tesis por desavenencias con Harry Hess, que

interpretaba estas estructuras como producto de la gravedad, publicando sus ideas comprensivas en 1972. El análisis que presenta Franco Urbani permite reconocer paso a paso la evolución de las ideas a través del tiempo de las interrelaciones entre el sistema del Caribe y la Cordillera de la Costa hasta su interpretación actual.

En esa segunda mitad del siglo XX, en forma casi simultánea a los anteriores, Heinrich Gerth presenta en 1955 su síntesis de la Geología de América del Sur, donde, basado en trabajos anteriores, realiza interpretaciones novedosas de la Cordillera de la Costa que se anticipan al conocimiento actual. Estas interpretaciones son complementadas ese mismo año por los trabajos del geólogo suizo Hans P. Laubscher, quien describe correctamente la deformación y los clastos tectónicos producidos por la imbricación compresiva de diferentes tipos de rocas. Ambos trabajos se diferencian de los trabajos doctorales de Princeton y son más cercanos a las hipótesis actuales.

En esos años fueron relevantes los trabajos de exploración que se dan a conocer en el Primer Congreso Venezolano del Petróleo de 1962, donde se presenta la información aportada por seis compañías para producir un excelente mapa geológico tectónico del país a cargo de Foster D. Smith. En este mapa se reúne la información de las compañías y las tesis de la Cordillera de la Costa con una completa identificación de las rocas volcánicas de Villa del Cura. Además, se realiza una correlación entre las unidades de la isla Trinidad y las de tierra firme.

Un paso importante de acuerdo con Franco Urbani, es la creación del Ministerio de Minas e Hidrocarburos que reunió en la Dirección de Geología tareas que hacían anteriormente otros organismos. Es así como se compila el primer Mapa Geológico de Venezuela que incluye novedosos datos de la región de Guayana en 1955 a cargo de Raúl Laforest. En esos años también se inició el levantamiento hidrogeológico del país.

La década de los '60 fue una "época dorada" para la cartografía geológica de la Cordillera de la Costa que incorpora las cartas levantadas por los tesisistas de Princeton, donde tuvo especial protagonismo Alirio Bellizzia junto a otros geólogos del ministerio. Años después publica su *Sistema montañoso del Caribe, borde sur de la placa Caribe: ¿Es una cordillera alóctona?*, que marcó un hito en 1972 sobre su interpretación tectónica. Bellizzia junto a Nelly Pimentel y Rosario Bajo de Osuna publican un nuevo mapa geológico estructural que junto a la Geología de Venezuela de González de Juana constituye, siempre de acuerdo con Franco Urbani, una piedra fundamental de la Geología de ese país.

La tectónica de placas fue introducida en estas interpretaciones por Suhas Talukdar y Daniel Loureiro en 1982 al estudiar asociaciones de alta presión y baja temperatura adyacentes a granitos en facies de anfibolita. Estos autores explican la variedad de rocas de la Cordillera de la Costa por la interacción de un arco de islas asociado a otras

rocas oceánicas que se emplazan en la faja de Villa del Cura. Estos modelos siguen evolucionando y Franco Urbani nos muestra estas sucesivas propuestas con mapas paleogeográficos que permiten seguir los cambios en el conocimiento a través de los años.

Marino Ostos en su tesis doctoral de 1990 introdujo el modelo de la “Escuela del Pacífico”, que permitió explicar que no solo la faja de Villa del Cura es autóctona, sino también las otras fajas asociadas. Este mismo autor dató los gneises de Peña de Mora demostrando una inesperada edad mesoproterozoica, en rocas procedentes del basamento continental sudamericano, que confirmó anteriores interpretaciones que postulaban la posibilidad de que hubiese rocas precámbricas junto a metamorfitas más jóvenes.

Los años siguientes, de acuerdo con Franco Urbani, permitieron caracterizar mejor las ofiolitas, datar por Ar/Ar en rocas de alta presión y baja temperatura la edad de 35 Ma para el emplazamiento oligoceno de estas rocas.

La Península de Paraguaná

En esta segunda parte, Franco Urbani, con la colaboración de David Mendi Fernández, analiza la evolución de esta compleja península, que vincula como una proyección de Venezuela hacia el Caribe.

Analizan desde las primeras vistas de la expedición de Alonso de Ojeda a principios del siglo XVI, la evolución de su geografía a través de una serie de mapas que muestran cómo ha ido cambiando nuestra percepción de la península.

Los estudios geológicos posteriores se vuelcan en el preciso mapa de Agustín Codazzi de 1840, donde se destacan nuevamente los aportes de los alemanes Hermann Karsten, Richard Ludwig y Walter Bergt, que concluyen con los aportes de Wilhelm Sievers hacia fines del siglo XIX.

El siglo XX se inicia con el interés en la exploración con los estudios realizados por geólogos petroleros, donde se destaca Thomas A. Bendrat, aunque no encuentran rastros de petróleo. Corresponde a J. B. Burnett extender la exploración y en su informe de 1913 reporta corales impregnados de petróleo. Le siguen en esas primeras décadas un gran número de estudios a cargo de geólogos de exploración hasta que en 1920 la flamante *North Venezuelan Petroleum Company* liderada por Hans G. Kugler desarrolló los primeros campos petroleros en el sector oriental de la cuenca de Falcón.

Los autores narran numerosos estudios sobre diferentes aspectos petrográficos, estratigráficos y nuevos hallazgos paleontológicos que permiten poco a poco conocer la compleja geología de la Península. Entre ellos se destaca la tesis de Parke A. Dickey en 1932, quien ya ese año ilustra una sección estructural donde las rocas básicas y ultrabásicas del Cerro Santa Ana no tendrían raíces, anticipando las interpretaciones actuales. Los aportes de Otto Renz de 1948 sobresalen por sus precisiones, con levantamientos detallados

y excelente información estructural, parte de ellos mantenidos inéditos hasta años más tarde, pero que han tenido una marcada influencia en los estudios posteriores.

Un hito importante en este conocimiento son las primeras dataciones del Plutón El Amparo que con su edad pérmica permite una correcta asignación estratigráfica de las unidades posteriores, así como la de las rocas de caja de edad proterozoica. Los autores muestran la importancia de una cartografía detallada y completa de la península que permite presentar las diferentes unidades con sus actuales edades estratigráficas.

El capítulo de abastecimiento de agua, de vital importancia para la industria petrolera, junto con el de la geología del subsuelo, que reúne datos magnéticos con líneas sísmicas, permitió identificar cuatro dominios estructurales en la península. Las precisas interpretaciones de Carlos Macellari de fines del siglo XX ilustran finalmente la estructura dominante de la cobertura de la región. Sobre la base de esta información se esbozan los esquemas tectónicos que ilustran las relaciones entre la isla de Aruba y la península, dentro del sistema caribeño, como los presentados por Marvin Baquero en 2017.

Esta parte culmina con la descripción de la historia y las columnas estratigráficas de los distintos pozos petroleros realizados en la comarca con sus principales protagonistas. Los comentarios finales del capítulo hacen una excelente descripción del conocimiento actual y presentan una exhaustiva lista de referencias sobre la península de Paraguaná.

Las Galeras de El Baúl

Este capítulo es presentado con la colaboración de Patxi Viscarret Valero en el que reconstruyen la historia del conocimiento del Macizo de El Baúl. Estas rocas de basamento en el medio de la llanura, cuyo nombre antiguo se debe a su perfil topográfico que era interpretado en estos llanos actuales como antiguas galeras que navegaron mares del pasado tienen una geología muy interesante y distinta a lo que las rodea.

Los autores comienzan con una detallada cronología de las primeras descripciones con figuras ya conocidas como Herman Karsten y Wilhelm Sievers del siglo XIX que culminan con síntesis como las de Alfredo Jahn y Ralph Liddle a mediados del siglo XX. Estas se complementaron con observaciones de geólogos de las compañías petroleras, entre las que se destaca la propuesta de Rolf Engleman en 1935, quien interpreta a El Baúl como límite entre la cuenca de Oriente y la de Barinas.

Las observaciones culminaron en la segunda mitad del siglo XX con los aportes de Gustavo Feo-Codécido de 1954, quien reconoce y nombra diferentes tipos de granito y riolitas asociadas a filitas y pizarras. El mérito de encontrar los primeros trilobites en estas rocas al año siguiente corresponde

a Emile Rod. Estos trilobites, años más tarde, se determinaron como *Parabolina argentina*, que corresponde a un fósil guía de los mares tremadocianos, presente desde Colombia al sur de Bolivia y norte de Argentina.

Los trabajos de exploración petrolera permitieron mejorar el conocimiento de la estructura a través de las primeras líneas sísmicas donde participaron numerosos geólogos de diferentes compañías que culminaron con precisas secciones estructurales presentadas por John Miller y Aníbal Martínez en 1972, que muestran una secuencia de semigrábenes extensionales.

Los estudios paleomagnéticos de William MacDonald y Neil Opdyke produjeron las primeras edades de las rocas volcánicas asignándolas al Triásico y determinando uno de los primeros polos de América del Sur para esa edad en 1974.

Franco Urbani y colaboradores muestran el importante incremento del conocimiento que producen los levantamientos aeromagnéticos y las líneas sísmicas para delimitar las relaciones en el subsuelo de las rocas del El Baúl con las secuencias sedimentarias de las cuencas de Barinas y Guarico, en especial para reconstruir su historia de levantamiento y la barrera que ejerció para la migración del petróleo entre las dos cuencas.

Durante el siglo XXI se presenta una completa estratigrafía de las rocas aflorantes en El Baúl, formalizando las propuestas previas de Cecilia Martín, primera geóloga venezolana. Esta propuesta viene acompañada de precisas edades SHRIMP U-Pb en circones determinadas por Patxi Viscarret, que permitieron finalmente asignar las riolitas y los granitos de Piñero y Mata Oscura al Pérmico temprano, mientras que el granito del Mogote arrojó una edad cámbrica tardía. La edad obtenida de 495 Ma indicaría que, si el granito afecta a las filitas, estas no podrían contener trilobites tremadocianos.

El conocimiento geológico de El Baúl culmina con el levantamiento geológico de once hojas a escala 1: 25.000 supervisado por uno de los autores que muestran el estado actual de su geología.

Los Terrenos Tectonoestratigráficos

En esta última parte, Franco Urbani nos presenta una completa síntesis con una descripción robusta y pormenorizada de las distintas fajas tectonoestratigráficas del norte de Venezuela, cuya solidez se basa en más de cuatrocientos mapas geológicos a una escala 1: 25.000.

El análisis de estas fajas en la Cordillera de la Costa que representan la interacción del Sistema del Caribe y la placa sudamericana sigue un orden cronológico, en parte basado en la historia previamente descrita del conocimiento geológico. A partir de las iniciales definiciones de estas fajas por Alfredo Menéndez y Sebastián Bell, se llega a la interpretación de Walter Maresch en el marco de la tectónica de placas. Esta es

corroborada por los estudios de Jean-François Stephan y Christian Beck al reconocer fajas con asociaciones de alta presión y baja temperatura. Estos autores introducen en sus tesis el concepto de napas para enfatizar el contacto tectónico e imbricación de las distintas unidades.

El levantamiento de los mapas geológicos realizados por docentes y estudiantes de la Universidad Central de Venezuela, donde el autor ha tenido importante protagonismo, permitió establecer con precisión los límites de estas fajas, identificar nuevas y, a través de detallados estudios de su estructura, mostrar su alta complejidad.

La caracterización petrográfica y mineralógica de estos terrenos tanto en la Serranía del Litoral como en la Serranía del Interior, con sus bloques colindantes, permite apreciar el avance en el conocimiento de la compleja geología de la Cordillera de la Costa. Las diferentes unidades aparecen ilustradas con mapas de detalle de los sectores más complicados y que son clave para la comprensión de su geología. Los tipos litológicos principales y su estructura mesoscópica son presentados con detalladas fotografías de campo que permiten percibir la intensa deformación que los ha afectado.

Los estudios geocronológicos de estos últimos años, nos enfatiza Franco Urbani, no solo permiten establecer su edad de emplazamiento, sino caracterizar los diferentes pulsos de deformación desde el Oligoceno al Mioceno. En esos estudios ha sido fundamental la presencia de fengita que permitió obtener edades precisas de $35,1 \pm 0,4$ Ma, que ubica la iniciación de estos procesos en el Eoceno tardío.

En los últimos años, a partir de los estudios de James Pindell y su grupo de trabajo, se pudo identificar en estas rocas la presencia de ultrametamorfismo mediante dataciones Lu-Hf en granate. Esto permitió establecer con precisión las trayectorias de presión y temperatura de estas rocas metamórficas.

Estos estudios complementados con los de Daniel Viete, quien reconoció en las eclogitas edades desde 1.800 a 1.120-970 Ma, junto a edades paleozoicas y jurásicas, permitió entender que en el proceso de subducción de la placa protocaribeña debajo de América del sur no sólo produjo erosión cortical de rocas del basamento cristalino, sino también de los depósitos del margen pasivo de este sector del continente sudamericano.

Estas edades geocronológicas le permiten al autor descartar que las rocas de estos terrenos se hayan formado en el occidente sudamericano mediante una subducción pacífica y que con posterioridad por transcurrencia hayan llegado a su posición actual, como ocurre de acuerdo con Walter Maresch en la Isla Margarita. Estas rocas ultrametamórficas se han exhumado a través de fallas muy profundas durante el proceso de extrusión asociado a la colisión de la placa del Caribe. Es interesante destacar como lo hace el autor, que en

ciertos sectores estas rocas eclogíticas y glaucofánicas aparecen asociadas con rocas ofiolíticas y granulitas.

Se presenta después de estos rasgos generales una detallada descripción de cada faja de metamorfismo, llamando la atención el sector occidental del terreno Ávila de rocas con edades desde proterozoicas a cambro-ordovícicas, varias de ellas con valores típicos de la orogenia caledoniana (o famatiniana del sector protoandino). En el bloque oriental se obtienen edades más antiguas hasta paleoproterozoicas, coherentes con los trends observados en los orógenos del cratón amazónico. Estas variaciones a lo largo de los diferentes terrenos son observadas en distintas fajas, como se infiere de las edades de los circones detríticos. Llama la atención cómo los terrenos del sector occidental tienen circones detríticos en los que predominan dos picos, uno de edad grenvilliana y otro de edades ordovícicas, que muestran en sus fuentes la participación del orógeno Putumayo y rocas pertenecientes al orógeno famatiniano de amplia distribución en Colombia y en la Cordillera de Mérida. Estos alternan con picos menores de edad neopaleozoica.

La descripción de estos terrenos es complementada con una actualizada síntesis de la geología, petrografía y geocronología del sector insular, que completa el conocimiento de la región estudiada.

Toda la obra se caracteriza por una importante lista bibliográfica que invita a los interesados a consultar los documentos originales, donde también se mencionan y rescatan informes inéditos, parte de ellos preservados en los archivos de las compañías petroleras.

Como síntesis final de esta presentación, es necesario destacar que esta obra reúne en sus casi mil páginas más de cincuenta años de labor del autor principal, tanto de trabajos de campo, gabinete como de análisis de la frondosa literatura sobre el norte de Venezuela. No hay duda en que la documentada información que exhibe es fruto de observaciones a través de toda la región en forma casi personal, que muestra la familiarización del autor con los diferentes afloramientos a través de sus estudios o de la supervisión de trabajos de sus estudiantes, tesis y colaboradores procedentes de diferentes partes del mundo.

Cuando se observa en forma retrospectiva toda la obra, el lector se sorprende de la forma exhaustiva y pormenorizada, con la que es analizada cada región, cada terreno, desde los inicios del conocimiento hasta las más actualizadas interpretaciones de su evolución tectónica.

Solo queda felicitar al autor y sus colaboradores por tan enjundiosa síntesis de la Geología del Norte de Venezuela, la que durante muchos años será de obligada consulta para aquellos que quieran incursionar en su geología o estudiar una de las áreas más complejas de la geología sudamericana.

Referencia

Urbani Patat, Franco (Editor). 2025. *Geología de la Región Septentrional de Venezuela. Volumen 1. Evolución del conocimiento geológico y síntesis de los terrenos tectonostratigráficos*. Caracas: Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Fundación Geos – UCV. xxvi + 1.091 pp.

ENTREGA DEL CARGO COMO PRESIDENTE DE LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT

10 de febrero de 2026

Acad. Rafael Isidro QUEVEDO CAMACHO
Presidente ANIH

Distinguidos académicos

Entrego una Academia fortalecida. Al cumplir mi período legal de dos años como Presidente de nuestra corporación siento la satisfacción del deber cumplido. Sus actividades marchan a velocidad de crucero. En la estela del navío se pueden observar los resultados de una gestión fecunda en realizaciones y significativa en su presencia en la vida nacional. Ejercí la presidencia sin inhibiciones ni ausencias. Presidí mas de cien reuniones del Comité Directivo, órgano que mantuvo de manera continua y consistente sus funciones a la cabeza de la institución. Igualmente me cupo el honor de presidir y dirigir treinta reuniones de la Junta de Individuos de Número, en la cual se tomaron todas las decisiones requeridas para la conducción de la Corporación. En ellas se decidieron pronunciamientos, declaraciones y documentos que se hicieron públicos, sobre los asuntos de su competencia, para orientar la vida nacional y plantear soluciones a problemas fundamentales relacionadas con los mas diversos asuntos relacionados con el desarrollo nacional. Allí se decidió la designación de nuevos académicos y comisionados. El nombramiento de jurados, el conocimiento de sus veredictos, la incorporación de nuevos miembros. El otorgamiento de premios a los libros e innovaciones relevantes. La concesión de condecoraciones y distinciones a los miembros mas destacados. El nombramiento de comisionados, de presidentes de las Comisiones y el conocimiento y evaluación de sus informes de gestión, de sus programas de actividades y el reconocimiento de su trabajo creador. La aprobación de convenios de cooperación interinstitucionales. Y en general todos aquellos asuntos que le fueron sometidos a su consideración y están dentro de sus competencias legales.

Del mismo modo me correspondió presidir y conducir la celebración de mas de veinte sesiones solemnes presenciales tanto en el Paraninfo como en los salones de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, la ACFIMAN, así como en los auditorios de la Universidad Central, de la Universidad Católica Andrés Bello y de la Universidad Metropolitana, para formalizar la incorporación de nuevos Individuos de Número, Miembros Correspondientes,

Honorarios, entrega de premios y reconocimientos, así como el respectivo Mensaje Anual y la celebración aniversaria. En todos ellos tuve la oportunidad de pronunciar discursos y palabras alusivas, en las cuales expresé la posición de la Academia y mi personal interpretación de la vida nacional, de nuestra historia, de la visión sobre la vida del país y del mundo en que vivimos, con entera claridad, concreción y libertad de conciencia. Nadie podrá decir que no lo dije, mas allá del temor y la persecución por la dictadura a la libertad de expresión y encarcelamientos existente en el país a la población que se ha levantado para reclamar sus derechos y el respeto a la constitución.

Tuve el honor, igualmente de ser electo por los presidentes de las Academias Nacionales para presidir el Comité Inter académico, órgano de gran importancia para la coordinación interinstitucional entre estas corporaciones, para el mantenimiento del Palacio de las Academias, para realizar actividades y programas cooperativos y muy especialmente para formular y expresar pronunciamientos sobre asuntos estratégicos y relevantes de la vida nacional. En esta actividad conté igualmente con la cooperación como Coordinador, de nuestro Vicepresidente, quién nos apoyó al igual que nuestra Directora General Administrativa, con las funciones de internet para las reuniones a distancia.

En la medida de lo posible, puede participar en algunas reuniones y eventos especiales de las comisiones. Como lo he venido afirmando, estas constituyen los motores que impulsan las amplias y prolíficas actividades de la Academia. Sus reuniones periódicas para considerar los asuntos de sus competencias, el importante y variado programa de actividades académicas en los numerosos eventos programados, foros, seminarios, mesas redondas, conferencias, congresos, conversatorios, paneles de discusión, intercambios en redes, redacción de documentos, pronunciamientos y declaraciones, así como la publicación de libros y artículos científicos, tecnológicos y reseñas, y en general la asistencia y participación en convenios con otras instituciones, constituyen el sistema organizativo, que con la Junta de Individuos de Número, el Comité Directivo, la

Comisión Calificadora y Electoral, conforman el cuerpo organizativo de la Corporación.

Todo ello me permite afirmar que durante los dos años transcurridos, la ANIH realizó con el apoyo de las Comisiones Especiales mas de trescientos eventos de carácter científico y tecnológico, cuyo contenido y resultados han sido del dominio público y se han colocado en las redes sociales y en la página web de la Academia y en muchos casos publicado como contenidos arbitrados en nuestro Boletín. Todo ello ha constituido un significativo aporte a la gestión del conocimiento y al cumplimiento de los fines y objetivos que la Ley le asigna a nuestra corporación y cuyos resultados se suelen resumir en la Memoria y Cuenta anual que registra la actuación institucional.

Tal como lo señalé en mi toma de posesión, impulsé una gestión transparente, promoviendo la información sobre todos los acontecimientos y actividades de la Academia, para que sus miembros y todos los componentes de la organización mantuvieran la más completa comprensión de todas las actuaciones y de sus programas y resultados, a través de la publicación de información en NotiACADING, del NOTACAD, del Boletín Científico Tecnológico y de Asuntos propios de la Academia y a través de los informes mensuales en la Junta de Individuos de Número, de los discursos y palabras pronunciadas en las sesiones y eventos y de foto reportajes para ilustrar hechos y actividades, a fin de dejar un registro de los acontecimientos más importantes, de tal manera que los académicos, comisionados y personas vinculadas, así como el público en general, pudieran formarse una imagen cabal de nuestra gestión, especialmente en esta época de redes sociales. Siempre he sostenido que la Corporación por ser una institución de Derecho Público, regida por una Ley de la Republica no debe tener secretos ni ocultamientos y sus actividades y actuaciones deben estar expuestas al escrutinio público como instrumento de control social y transparencia en todas sus actuaciones.

Me correspondió, por exigencia de las circunstancias tener que realizar una gestión de tiempo completo y en muchos casos complementar funciones supletorias, a fin de garantizar el ejercicio pleno de las funciones académicas y administrativas de la corporación, supervisar y contribuir a la elaboración de la agenda semanal y mensual, las actas para dar fe de las consideraciones y decisiones, tanto del Comité Directivo como de la JIN, leer la correspondencia recibida para darle oportuna tramitación y respuesta, revisar y corregir la correspondencia enviada, de cuyos contenidos me declaro responsable, la infinidad de correos electrónicos y otros mensajes en la intensa dinámica del intercambio diario entre los miembros de la corporación, de sus instituciones

relacionadas y de la condición de órgano público, en circunstancias en las cuales la Academia dispone de un reducido personal de apoyo, que gracias a Dios, viene cumpliendo con sus responsabilidades por encima de los magros sueldos que reciben.

Se ha mantenido igualmente un relacionamiento interinstitucional, no solo con las demás academias, con las cuales hemos establecido relaciones de intercambio tanto a través de nuestra presencia en sesiones solemnes y otros eventos, sino también mediante la constitución de cuatro comisiones especiales Inter académicas para tratar temas inter y transdisciplinarios y estrechar lazos de trabajo con sus miembros.

A nivel internacional es necesario reconocer el especial esfuerzo de la Comisión Académica de España, cuyos miembros en nombre de la institución han realizado un importante relacionamiento interinstitucional con universidades, instituciones de investigación y emprendimiento y con empresas tanto de España como de América Latina, promoviendo redes como la de PROAGRO y eventos de gran impacto internacional e igualmente el realizado por las Comisiones Especiales. Particularmente en la Comisión Especial de Relaciones y Comunicaciones y de Geomática y Documentación las cuales han realizado un importante intercambio interinstitucional al igual que la de Agricultura, la de Ambiente, la de Energía, de Infraestructura, la Editora, de Desarrollo tanto nacional como local, de Ciencia y Tecnología, de Educación, y en general las veinte comisiones en cuya composición actúan académicos y comisionados vinculados a las más diversas instituciones públicas y privadas del país y del exterior y para lo cual ha sido de especial importancia la presencia de quienes desde la Diáspora han vinculado a la corporación con otras instituciones de diversos países.

En este mismo sentido se ha logrado la incorporación de la nuestra a la *International Academy Partnership, LAP*, en cuya Asamblea General y Congreso Mundial, celebrado en El Cairo, pero también por vía virtual, participaron varios de nuestros académicos y debo destacar el apoyo realizado por la Dra. Adriana Márquez, profesora de la Universidad de Carabobo y miembro de la Comisión de Ambiente, quien en representación de la ANIH, gestionó y alcanzó esta membresía en una organización que agrupa ciento cincuenta academias de todo el mundo.

Desde el primer día de mi gestión me propuse igualmente, la meta de lograr un espacio apropiado y digno para nuestra corporación en el Palacio de las Academias. Valoro el gran esfuerzo que hicieron los fundadores para encontrar un local que permitiera el funcionamiento administrativo de la

institución, tal como lo pudieron lograr en el viejo edificio Araure, ubicado en el Boulevard de Sabana Grande, donde por 25 años funcionaron las actividades y fue el centro operacional y de reuniones. Esta situación conllevaba un cierto aislamiento y separación de nuestros propios pares y una situación discriminante frente al derecho a ocupar el lugar oficial en el seno del Palacio de las Academias, en el cual ha debido funcionar desde el primer día, además de costos financieros ya inalcanzables.

Esta gestión no resultó nada fácil ni sencilla. Cuando la nuestra fue creada, las academias hermanas ya estaban posicionadas y ocupaban todos los espacios de los más de cuatro mil metros cuadrados de aquel centenario e histórico edificio, que el año pasado cumplió cuatrocientos cincuenta años. Desde el primer mes de mi gestión inicié diligencias exploratorias, para las cuales invité también al Vicepresidente y a los miembros del Comité Directivo y asesor que hacen presencia en la capital. Realicé un especial relacionamiento con la Fundación Palacio de las Academias, cuyo titular el Académico Eugenio Hernández-Bretón y su Director General el Dr. Cutberto Guarapo muy diligentemente me orientaron en el conocimiento del enorme y complejo palacio, donde además de las oficinas y salones de reuniones de las otras seis, existían muchos espacios ocupados por archivos muertos, salones de uso infrecuente y algunos ocupados por muy escaso personal. Ello nos permitió iniciar gestiones con la Academia Nacional de la Historia, la cual ocupaba 2.278 metros cuadrados, cerca de la mitad de la superficie total y fue entonces cuando concentramos nuestras gestiones en dialogar con sus miembros y formular un planteamiento razonado y detallado a su Junta General en solicitud de un espacio suficiente para realizar nuestra mudanza y disponer de oficinas y salas de reuniones y de espacio para la biblioteca apropiados a nuestra condición y jerarquía. Ya para entonces la ANIH disponía de una pequeña oficina de enlace, de 20 metros cuadrados, lograda con el esfuerzo de las directivas anteriores, y especialmente de nuestro centenario académico Dr. Gonzalo Morales.

Esta gestión fue acompañada de una labor de diálogo con los miembros de la ANH, y especialmente con su Junta Directiva, para lo cual invité abiertamente a los académicos que me quisieran acompañar. En esta tarea de diplomacia y de diálogo en diversas oportunidades asistí con los académicos José Ochoa Iturbe, Arnoldo Gabaldón, José Luis López y Arturo Almandoz, Sonia Cedres de Bello, así como el apoyo del Comité Directivo y Asesor.

Para demostrar nuestra firme voluntad de trasladarnos al Palacio, tomé la decisión de liquidar el contrato de arrendamiento que nos ataba a Sabana Grande y para

enfaticar la necesidad perentoria de un espacio digno, la de organizar y realizar la mudanza de nuestros enseres y colocarlos en un pasillo del añoso edificio, con autorización de la Fundación Palacio de las Academias, mientras avanzaban con lentitud los intercambios y negociaciones, hasta que las evidencias de nuestra persistencia lograron un compromiso para entregar el local que hoy ocupamos, a cambio de reparar a nuestras expensas las instalaciones del departamento de publicaciones de la ANH y ceder el pequeño local que hasta entonces se disponía para reubicar igualmente a un investigador que ocupaba un espacio interior en el que recibiríamos.

Es así que con fecha tres de octubre del 2024, tuve el honor de firmar conjuntamente con la Directora de la Academia Nacional de la Historia, Dra. Marielena González Deluca, el Convenio de Cesión de Espacios, y entre diciembre del 2024 y enero del 2025 se reparó, bajo mi directa supervisión, el departamento de publicaciones, cumpliendo nuestro compromiso y finalmente, el día 18 de febrero se firmó el Acta de Entrega y el 19 de febrero se hizo el acto de cesión de las llaves para asumir la posesión del local. Fue entonces cuando pudimos impermeabilizar los techos y realizar los acondicionamientos mínimos requeridos, con la supervisión técnica del Ing. Alfredo Urich de la Facultad de Ingeniería de la UCV, y financiados con una donación privada de 2.448 dólares, obtenida por el Vicepresidente José Ochoa Iturbe. Entonces sí pudimos mudar desde el pasillo nuestros muebles y enseres.

El 30 de abril del 2025 se iniciaron las actividades administrativas en el nuevo local, en el cual se despacha con el personal administrativo compuesto por la Directora General Administrativa, la Lic. Dilia Pestana, la Secretaria Denise Dimas, la nueva Bibliotecaria, Licenciada Raiza Ramírez, la periodista la Lic. Gladys Corredor, el nuevo Conserje, Señor Roger Colmenares, una Aseadora Verónica Fajardo, y el apoyo convencional del Contable Juan Amado Ruiz, el Presupuestador Edgar Iriarte, el Técnico en Informática Carlos Mundaraín y el Técnico en Redes Ignacio Armas. Será allí, que, de manera permanente, funcionará en igualdad de condiciones la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Queda para nuestro sucesor el reto de conseguir fondos para su acondicionamiento definitivo con el estilo y las comodidades propias de las academias nacionales, para lo cual la Académica Sonia Cedres de Bello apoyó diligentemente con un levantamiento de planos y un anteproyecto para su remodelación.

Puedo afirmar que nuestra gestión estuvo orientada a cumplir las disposiciones de la Ley y los Reglamentos, los cuales juré cumplir y hacer cumplir, y traté de ajustar a esta

todas las acciones de la manera más escrupulosa posible. En esa perspectiva impulsé la participación de todos los órganos, componentes y personas vinculadas a la institución de manera amplia y abierta, para garantizar un funcionamiento en el marco de los valores que inspiran el Código de Ética de la institución y las prácticas gerenciales asociadas con el concepto de gestión altamente eficaz, el trato respetuoso y cordial, la información adecuada y la oportuna respuesta a los requerimientos, a pesar de las limitaciones administrativas y de recursos que afectan a la institución.

Me complace afirmar con que no giré ni un céntimo a cargo de la organización para gastos personales o de representación, ni siquiera el costo de un café. Cuando solicité colaboraciones o aportes de los miembros para cubrir gastos, fui de los primeros en entregar la mía, y aquellos pagos para suministros de insumos o servicios que se giraron, todos se hicieron en el marco de la mayor austeridad y con el debido soporte. Se reactivó una cuenta en el Banco Mercantil a nombre de la ANIH, a fin de centralizar la recepción de aportes y el registro de gastos realizados con tales fondos.

En materia de recursos financieros queda pendiente una importante tarea, para cubrir el acondicionamiento del local y el funcionamiento pleno de la corporación. Con las escasas disponibilidades y una donación de la Comisión Académica de España, se logró dotar a las oficinas de computadoras de última generación, repotenciar las existentes, y con una donación del Académico Arnoldo Gabaldón adquirir un nuevo celular y algunos otros enseres para facilitar el funcionamiento de las sesiones. Del mismo modo se recibieron algunas donaciones para el Museo, y también de implementos y útiles de limpieza y operación, especialmente del Académico Rafael Lairett; algunas fotos enmarcadas de los Académicos Arturo Almandoz y Eduardo Buroz, un cuadro de pintura del Comisionado Daniel Iribarren Páez, una donación de mi persona de tres estantes de cedro barinés y de cerca de dos mil títulos para la biblioteca y también algunos mas del Académico Eduardo Buroz, todo ello en una campaña que sigue abierta para mejorar la dotación tanto de la Biblioteca, como del Museo de la Ingeniería y el Hábitat y de materiales y útiles para su funcionamiento.

Apreciados académicos, al expresar este breve resumen de una gestión que quiso sobreponerse a las dificultades surgidas en el año 2024, garantizar la continuidad administrativa, asumir con eficiencia y dedicación la gestión diaria de la corporación y promover y apoyar el desarrollo de las actividades tendentes al logro de los objetivos y propósitos de la institución, me complace expresar mi satisfacción por las realizaciones logradas en un proceso de armonización, coordinación y apoyo al trabajo que sus miembros aportaron,

en un esfuerzo voluntario y motivador, realizado con vocación de servicio, con entusiasmo, con dedicación y calidad, por quienes asumieron el compromiso académico a plenitud, vienen cumpliendo responsablemente sus actividades y constituyen el talento humano y el acervo de la institución para impulsar la gestión del conocimiento que tenemos como misión.

Entrego la presidencia de la Academia con un sentimiento de alegría y satisfacción por el compromiso cumplido y con el sueño por una vida mejor para el país en que vivimos y le deseo muchos éxitos al nuevo Comité Directivo.

Doy gracias a Dios por haber podido vivir el inicio del fin de una tiranía que por veintisiete años ha empobrecido y arruinado física, financiera, cultural, educativa, jurídica y políticamente la vida del país.

Un régimen que no solo construyó cárceles para quienes disintieran de sus políticas, persiguió a opositores, provocó el exilio y la migración de la tercera parte de nuestra población, la diáspora de mas de tres millones y medio de profesionales, de empresarios y emprendedores, de la juventud que no encontró caminos para abrirse paso a la adultez, de los líderes políticos que se opusieron al régimen, sino también que sus personeros, desde los más altos niveles hasta los más bajos, despilfarraron el erario nacional, robaron a manos llenas los dineros públicos, malversaron los fondos presupuestarios, liquidaron, saquearon y chatarrearon las instalaciones de nuestras industrias nacionales, de PDVSA, de la SIDERURGICA, de la PETROQUIMICA, del ALUMINIO, del ORO y otros metales estratégicos. No conformes con tal rapiña, deterioraron el sistema educativo nacional, el sistema nacional de salud, condenaron a nuestra infancia a la desnutrición y el retardo en su crecimiento y desarrollo cerebral y arrinconaron a quienes, como las universidades, las academias y otras instituciones de investigación constituyen la vanguardia del pensamiento nacional, tal como lo han demostrado los estudios e investigaciones hasta ahora publicadas.

Puedo decir que anoche releí mi discurso de toma de posesión, como me lo exigió un académico al terminar de pronunciarlo aquel día. El hacerlo me permitió dormir tranquilo y despertar con serenidad en mi conciencia. Creo haber cumplido con los conceptos y orientaciones que entonces me propuse.

En esta hora de nuevas esperanzas por un futuro mejor, hago votos por la libertad plena de los presos políticos, civiles y militares, por la suspensión del Estado de Excepción que pende como *Espada de Damocles* sobre los venezolanos, por la derogación de la Ley del Odio, la mal llamada Ley Simón

Bolívar y otras más inconstitucionales, aprobar una nueva Ley de Amnistía amplia, que incluya todas las garantías a los beneficiados, la búsqueda de la verdad, la reparación a las víctimas y las garantías por la libertad de opinión y de manifestación, la instauración plena de las garantías y disposiciones constitucionales, la vuelta a la pulcritud, idoneidad e independencia de los poderes públicos, la instauración del Estado de Derecho y de Justicia y muy especialmente por el regreso de los exiliados y de los cerca de diez millones de venezolanos que en mala hora tuvieron que emigrar, para que se restituya la unidad de las familias venezolanas en el afecto del hogar y podamos reencontrarnos como ciudadanos en la reconstrucción del país, en una atmosfera democrática, de libertad, de paz, de unidad nacional, de pluralismo, de convivencia, de justicia y de progreso social, económico y cultural

Estimo que esta será mi última responsabilidad publica en el camino de la vida, por lo cual me complace afirmar con serenidad, aquella frase de Pablo a Timoteo, *“He luchado como tenía que hacerlo, concluí mi carrera y he conservado la Fe”*, y con la ORACIÓN A LA ESPERANZA de nuestro poeta Luis Correa: “

“Torno a ti como antaño, lleno el cesto de flores

Con los brazos en cruz

En la boca sedienta las palabras mejores

Y en el alma una luz”

Muchas gracias. Caracas, 10 de febrero de 2026.

FORO: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PARA LA TRANSFORMACIÓN CURRICULAR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

PROPÓSITO: INTERCAMBIO ACADÉMICO CON LAS PERSPECTIVAS Y REQUERIMIENTOS DE LOS SECTORES VINCULADOS A LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE LA UCV

TEMA: TENDENCIAS SOBRE EL PERFIL DE EGRESO EN LAS UNIVERSIDADES LÍDERES DEL MUNDO Y CUÁLES DE ELLAS SON ADAPTABLES A NUESTRA REALIDAD

REFLEXIONES SOBRE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS Y LAS NUEVAS INGENIERÍAS: UNA VISIÓN DESDE LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT

Caracas, 26 de febrero de 2026

Eduardo BUROZ CASTILLO

Distinguida Vicerrectora Académica de la Universidad
Central de Venezuela
Respetado Decano y demás autoridades de la Facultad de
Ingeniería de la UCV
Apreciados profesores
Concernidos estudiantes
Señores panelistas.
Señoras y señores.

Agradezco la honra con que me ha distinguido la Facultad
de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela y en
particular los organizadores de este Foro al invitarme a
exponer algunas reflexiones sobre las perspectivas y
requerimientos de la formación de ingenieros.

Los organizadores del Foro plantearon la siguiente pregunta
como orientación a mi intervención: *En su experiencia
analizando el campo profesional de la ingeniería a nivel global, ¿qué
tendencias están definiendo el perfil de egreso en las universidades líderes
del mundo, y cuáles de ellas son adaptables a nuestra realidad? La
contextualizaron como establecimiento del "norte" y la vanguardia,
proporcionando un "benchmark" internacional*

Sin embargo, consideré conveniente iniciar con un recuento
de la perspectiva con que se ha asumido este tema en los
esfuerzos similares que viene realizando la Academia
Nacional de la Ingeniería y Hábitat en cumplimiento de su
Ley de creación.

Ley de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat
(1998) en su artículo 2°, numeral 3 nos demanda: *colaborar en
la elaboración de los planes docentes y de investigación de la educación
superior, relacionados con la ingeniería y el hábitat*. Consecuente con
la Ley de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y
Naturales (1917) que en su artículo 4°, literal b) ordena:
*estudiar los mejores métodos para la enseñanza de las ciencias (Físicas,
Matemáticas y Naturales) y de sus aplicaciones*.

Esta relación es pertinente porque en 1872 el Presidente
Antonio Guzmán Blanco, decretó que se instituyesen en la
Universidad Central los estudios que antes se hacían en la
Academia de Matemáticas y en 1874 en la Universidad
Central de Venezuela se creó la Facultad de Ciencias Exactas
para formar Ingenieros Civiles (por oposición a los
Ingenieros Militares que graduaba la Academia de
Matemáticas, fundada por Juan Manuel Cagigal), Ingenieros
Agrónomos, Arquitectos y Agrimensores.

Las mismas carreras que en 1893, en comunicación dirigida
al Ministerio de Instrucción Pública el presidente del Colegio
de Ingenieros, Agustín Aveledo, presentaba en un proyecto
de decreto de creación de la Escuela de Ingeniería, elaborado
por Juan Salustiano García, Jorge Nevett y Luis Urbaneja
Tello. Decreto estructurado en 11 artículos, en los cuales se
preveía que allí *se harán los estudios necesarios para obtener los
diplomas de Ingeniero civil, de Ingeniero agrónomo y de Arquitecto*.

El Decreto fue suscrito el 12 de enero 1895 y creó la *Escuela
Nacional de Ingeniería*, separada completamente de la
Universidad Central. Se contemplaban las carreras de
Ingeniero civil, Ingeniero militar e Ingeniero agrónomo, con 4
años de duración, y de Arquitectura y Agrimensura con 2
años. La Escuela Nacional de Ingeniería se estableció con
carácter formativo como lo requería el Colegio de Ingenieros
de Venezuela, pero el otorgamiento de títulos permaneció en
la Universidad Central de Venezuela.

Esta acotación es importante porque es la integración de las
ingenierías que mantiene el Colegio de Ingenieros de
Venezuela, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y
Naturales, en su oportunidad y la actual Academia Nacional
de Ingeniería y Hábitat.

Al establecer este recuento histórico nos es posible referirnos a las *ingenierías* como al conjunto de carreras que componen las facultades de ingeniería, agronomía y arquitectura de la Universidad Central de Venezuela.

La filosofía de la ingeniería.

Para abordar el tema de la vanguardia y el *norte* de las ingenierías impulsado por los múltiples cambios que están sucediendo en nuestro tiempo, es menester hacerlo desde lo inmutable, la *filosofía de la ingeniería*.

Es por ello por lo que la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat mantiene como doctrina el que sus miembros se reencuentren con sus orígenes profesionales, con las bases filosóficas de la ingeniería, las cuales en palabras de (Ortega Reyes, 2023) y de (Romero, Romero, & Rojas, 2013) fundamentan el diseño, la técnica y el impacto social del trabajo ingenieril, integrando ética, ontología y epistemología para transformar ideas en soluciones funcionales. Se apoyan en el pensamiento sistémico, la optimización, y la aplicación científica para resolver problemas reales, actuando como una disciplina reflexiva sobre el impacto de la tecnología.

Los fundamentos filosóficos clave incluyen:

- Ética y Responsabilidad Social: Reflexión sobre la seguridad, el impacto ambiental y las consecuencias sociales de la tecnología.
- Epistemología de la Ingeniería: Estudio del conocimiento práctico, cómo se valida el diseño, la optimización y la gestión del riesgo.
- Ontología (Naturaleza del objeto): Comprensión de los artefactos técnicos, materiales y sistemas artificiales creados.
- Pensamiento Sistémico: Enfoque holístico para analizar la complejidad y la interacción entre partes y todo.
- Filosofía de la Producción: Aplicación de principios de mejora continua, eficiencia y gestión de recursos (especialmente en ingeniería industrial).

En torno a esta noción un primer aporte a la formación de las nuevas generaciones de ingenieros y común a las tres facultades es la sugerencia de incorporar como materia básica la filosofía de la ingeniería y con tal propósito la Academia ha publicado un libro denominado *Introducción a la Ingeniería* esperando que sea acogido como libro de texto para el proceso formativo común.

La historia de la ingeniería

El Académico Rafael Isidro Quevedo, en el prólogo del libro mencionado formulaba siguientes preguntas:

¿Cuándo y donde nació la ingeniería? ¿Quiénes fueron y que hicieron los primeros ingenieros? ¿Cómo ha evolucionado la ingeniería a través de la historia de las civilizaciones? ¿Cuáles han sido las obras de ingeniería más emblemáticas de cada pueblo, cultura y etapa de la historia humana? ¿Cuáles herramientas y métodos han desarrollado los

ingenieros a través de la historia de la humanidad? ¿Cómo se relaciona la profesión de la ingeniería con las necesidades de la gente, de los pueblos y de las sociedades en el mundo? ¿Por qué se asocia a la ingeniería con las soluciones de problemas que otros no pueden resolver?

Preguntas como esas nos ubican en otro aporte significativo de la Academia y que creemos que es fundamental para que los jóvenes puedan atender satisfactoriamente las exigencias de la sociedad.

En múltiples ocasiones, cada uno de nosotros enfrentado a un problema y muchas veces interactuando en un equipo le ha sucedido pensar que no hay datos o que es un asunto que está surgiendo por primera vez y sin ninguna información antecedente.

Eso suele no ser cierto, la verdad es que si hay datos y quizás muchos más antecedentes de lo que podemos imaginar. Por eso, en la Academia concedemos notoria importancia a la historia de la ingeniería y particularmente en nuestro país a la retrospectiva al siglo XX y hasta mitad del siglo XIX, ya que puede ser muy útil para encontrar explicación a determinados procesos vinculados al desarrollo de las ingenierías y soluciones que no se instrumentaron en aquella oportunidad y que ahora pueden ser vigentes.

El desarrollo de la gestión del acervo de conocimiento ha encontrado respuesta en nuestra Academia por varias vías: (i) diseño de un curso de *Historia de la Ingeniería* acorde con lo requisitos formales propios del diseño curricular, (ii) desarrollo de dos volúmenes de historia de la ingeniería y en preparación de un tercero, (iii) estructuración de un centro de documentación en ingeniería, con nuestra aspiración a que pueda integrarse en comunidad con el que adelanta Escuela de Ingeniería Civil de esta Facultad y (iv) la puesta en marcha de la propuesta del Académico César Quintini Rosales, de designar custodios de la memoria de las grandes obras de ingeniería para evitar el olvido de su desarrollo secuencial derivado en muchas ocasiones de la falta de continuidad administrativa.

La visión del porvenir: Catedra Grandes Retos de la Ingeniería y estudios del futuro de las ingenierías

Nuestro tercer aporte sustantivo al proceso de formación de ingenieros lo constituye la *Catedra Grandes Retos de Ingeniería*, abierta como materia reconocida para las Facultades de Ingeniería de la UCV, la UCAB y la UNIMET. Esta cátedra, como su nombre lo indica, considera grandes retos de la ingeniería en sus múltiples campos, por ello cada año se eligen los ámbitos sobre los que se enfocará y se diseña el programa correspondiente.

Es una catedra formal, con evaluaciones y acorde con régimen académico de cada facultad y universidad donde se dicte. Este año está dedicada a agricultura y desarrollo sustentable. En el tema de innovaciones en ingeniería y gestión ambiental, se abordará la ingeniería del envejecimiento, la ingeniería ambiental en las viviendas y el

novedoso tema exigido por la Organización Mundial de la Salud denominado *Salud Ambiental*

Además, la Academia abordó conjuntamente con el CENDES una investigación sobre la adaptación de las ingenierías a los cambios demandados por la sociedad, por las industrias y otros consumidores del conocimiento de los ingenieros, por los centros de avances tecnológicos y por los emprendedores e innovadores como agentes de cambio. Esta investigación no pudo concluirse por falta de fondos, pero se acopio un valioso material que puede ser provechosamente utilizado.

A su vez la Academia a través de su Comisión de Educación Superior está adelantando una investigación sobre las nuevas ingenierías.

Las nuevas áreas de las ingenierías

En relación con las nuevas áreas es posible plantear como grandes temas el surgimiento de las:

- **Bioingenierías**, que corresponden a aquellas que suman a las ciencias exactas las ciencias biológicas. Aquí se agrupan todas las *ingenierías de la salud*, las *ingenierías del agro*, algunas *ingenierías de materiales*, algunas *ingenierías del mar*, la *ingeniería de alimentos*, entre otras.
- **Ingenierías STEM** que, según la IA de Google, son aquellas que abarcan desarrollos en instrumentos de ingeniería basados en herramientas avanzadas, como simuladores y prototipado rápido, que convierten teorías abstractas en prácticas tangibles. Algunos ejemplos son:
 - ❖ Integración Tecnológica y Digital: Incorporación de inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT), ciberseguridad y big data para el análisis y diseño, permitiendo soluciones más inteligentes y útiles.
 - ❖ Simuladores y Entornos Virtuales: Uso de plataformas para recrear laboratorios y situaciones del mundo real, facilitando la experimentación segura y profunda.
 - ❖ Modelado (Prototipado)¹ y Fabricación Digital: Herramientas de diseño y creación (impresión 3D) que permiten pasar del concepto a la materialización de soluciones.
 - ❖ Metodologías Activas: Instrumentos diseñados para el aprendizaje basado en proyectos (ABP), promoviendo la indagación, la colaboración y el trabajo en equipo, dejando atrás la memorización.

¹ El **prototipado** es el proceso de crear una versión preliminar, simplificada o funcional de un producto, servicio o sistema para validar ideas, probar funcionalidades y detectar fallos tempranos antes de la inversión final. Es una fase esencial en *Design Thinking* que convierte conceptos en tangibles, permitiendo iterar rápidamente basado en la retroalimentación del usuario. Tiene como objetivo: reducir riesgos, disminuir costes de desarrollo, mejorar la experiencia de usuario y verificar la viabilidad técnica.

- **Ingeniería satelital**: es una disciplina aeroespacial enfocada en el diseño, desarrollo, fabricación, lanzamiento y operación de satélites artificiales.
- **Geoingeniería**: La geoingeniería o ingeniería climática, implica la manipulación intencional y a gran escala del medio ambiente terrestre para contrarrestar el cambio climático.
- **Ingeniería aeroespacial**: La ingeniería aeroespacial es la rama que diseña, construye y opera aeronaves (aviación) y naves espaciales (astronáutica), incluyendo satélites y cohetes. Comprende dos ramas principales: aeronáutica: diseño de vehículos que operan dentro de la atmósfera (aviones, drones) y astronáutica: diseño de vehículos para fuera de la atmósfera (satélites, cohetes, sondas).

De estas categorías conviene considerar como una de las importantes a los efectos de las nuevas ingenierías de interés nacional, aquellas del grupo de las bioingenierías correspondientes a las ***ingenierías de la salud***, de la cual haremos una consideración algo más detallada. Estas cubren las áreas:

- ❖ Ingeniería Biomédica: que se especializa en el desarrollo de dispositivos médicos, biomateriales, robótica quirúrgica e imágenes médicas. La Facultad de Ingeniería cuenta con el Instituto Nacional de Bioingeniería, donde se realizan investigaciones en estos campos. En el campo empresarial existen diversas empresas que comercializan productos importados de este tipo, siendo posible la fabricación de prótesis en el país y es una actividad donde ya existen emprendimientos.
- ❖ Ingeniería Clínica: que gestiona, mantiene y optimiza los equipos médicos y la tecnología dentro de los centros hospitalarios. Fue introducida como parte de la formación en ingeniería en 1992 en la Universidad Simón Bolívar. Es de mencionar como referente académico de nueva ingeniería al Dr. Ingeniero Civil Rodrigo Mijares. Sus principios y conceptos fueron descritos por (Lara Estrella, 2013) en ocasión de promover un cambio en el paradigma de la administración hospitalaria incluyendo el nuevo concepto de hotelería clínica. Recientemente puesto en práctica por un establecimiento privado de salud.
- ❖ Bioinformática e Informática Clínica: que usa la ciencia de datos y la informática para gestionar información de pacientes, pero también secuencias biológicas y genéticas. Venezuela cuenta con emprendimientos reconocidos internacionalmente para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con cáncer en América Latina (PEGASI. Datos para curar, 2026). La bioinformática e informática clínica, logra transformar los centros de salud en sistemas de información hospitalaria (HIS), gestión de datos y uso de inteligencia artificial. No es sólo tecnología, sino adopción de la cultura digital (Azpurua, 2026)

- ❖ Ingeniería de Tejidos y Biomecánica: *Venezuela destaca en ingeniería de tejidos y medicina regenerativa, liderada por el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) en la aplicación de células madre para regenerar hueso, piel y córnea. La biomecánica se desarrolla en la Universidad de los Andes (ULA), Universidad Simón Bolívar (USB) y UNET, enfocado en procesamiento de bioseñales y prótesis.* (Universidad Nacional Experimental del Táchira, 2026).

Novedades en las ingenierías tradicionales.

En aras del tiempo, y debido al respeto a los otros panelistas referiré sin detalles los posibles nuevos enfoques en algunas de las ingenierías tradicionales, como, por ejemplo, **ingeniería industrial** que agrega la automatización y robótica y nuevos esquemas de organización industrial. Justamente, ese campo es tan novedoso que puede demandar un área nueva de formación capaz de permitir la reingeniería de procesos industriales, para lograr la optimización de los procesos y el aseguramiento de calidad. La Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat está editando un libro del Dr. Alexis Mercado donde se abordan los cambios vislumbrados para la ingeniería industrial.

En el área de **ingeniería civil**, el transporte y movilidad urbana se combinan con las redes digitales, la geomática, la ingeniería de posicionamiento, el control en tiempo real para generar servicios de movilidad a tiempo y seguro.

Esto a su vez se relaciona con la **ingeniería de la vivienda e ingeniería de alimentos**. Con la vivienda porque los micro apartamentos (20 - 30 m²) optimizan el espacio eliminando a menudo, la cocina tradicional, reemplazándola por un equipamiento compacto o nulo y con la ingeniería de alimentos porque se debe garantizar la inocuidad de aquellos de consumo fresco o preparados para ser calentados que son expedidos en los centros de comercio de alimentos y entregados por *delivery* a los consumidores finales. El control de la inocuidad posiblemente va a requerir dotar a estos centros con laboratorios propios de control calidad. El tema está siendo tratado conjuntamente por las Academias de Ciencias e Ingeniería.

Otros cambios escogidos al azar entre los múltiples que se vislumbran en las ingenierías tradicionales son los derivados de las aplicaciones de las **soluciones basadas en la naturaleza** que van a modificar los diseños tradicionales de conservación de cuencas y de drenaje urbano, el **tránsito peatonal y la vejez** van a complicar algo que parece tan sencillo como el diseño de aceras. La **climatización**, tan exigente en las regiones tropicales, ya que la regulación de temperatura se requiere los doce meses del año va a demandar nuevos diseños arquitectónicos y distribución de espacios urbanos, pero también nuevos materiales de construcción y mayor consumo energético si se imponen las restricciones de espacio urbano y se privilegia la construcción en altura.

La **ingeniería de materiales** y la recuperación de materias primas o semielaboradas tiene retos inmensos para garantizar el reúso o reciclaje y la economía circular.

Recientemente participé, en la Facultad de Agronomía, en un evento sobre los cambios en el desarrollo de la **ingeniería agrícola**. Pude notar que los cambios en las ingenierías del agro serán profundos y revolucionarios y alterarán desde los enfoques de investigación hasta las prácticas que creíamos absolutamente permanentes.

Aprendo asistiendo a las reuniones de las comisiones de la Academia que tratan sobre **ordenamiento del territorio, urbanismo y arquitectura**. Allí, las decisiones de ingeniería están imbricadas con lo humano, con su psicología, con las resistencias por el peso de las tradiciones sociales, entre otras. Materias propias de ciencias que parecieran estar alejadas de la ingeniería.

Me asombro al ver como los ingenieros se sirven de sus **conocimientos en STEM** y de su entrenamiento filosófico para resolver problemas y ganar espacio en los MBA en Gerencia, Economía y Finanzas tanto que al recorrer sus aulas pareciera que estuviésemos presentes en una facultad de las ingenierías.

El modo de trabajar.

La breve acotación sobre ingeniería de la vivienda e ingeniería de alimentos sirve para demostrar la **capacidad de relacionamiento y pensamiento sistémico** que va a ser exigida a los nuevos ingenieros que tendrán que razonar relacionando todo con todo.

No, no va a ser así, pero si es cierto que cada problema deberá ser determinado como un sistema que puede ser parte de uno mayor.

¿Cómo continuar?

La angustia de vislumbrar como debe ser la preparación de los nuevos ingenieros es un hecho innegable que nos obliga a trabajar mancomunadamente, a usar eficientemente los escasos recursos que disponemos, a comprender que los espacios estancos de las facultades ya no son posibles, que se debe trabajar en redes dentro de una misma universidad, con universidades nacionales y con afiliaciones mutuas con universidades extranjeras.

Para poder conocer los cambios que están sucediendo habrá que constituir **Observatorios de Novedades en las Ingenierías**, incrementar las interacciones y apoyarse en la inteligencia artificial lo cual demandará saber gestionarla.

He intentado transmitir el compromiso de la Academia con los centros de enseñanza de las ingenierías. Aplaudo de pie esta iniciativa.

El reto es inmenso, pero ¿acaso no somos ingenieros? lo resolveremos, y claro, como no podemos dejar de ser lo que somos, crearemos otros, pero esa será la aventura que tendrán que vivir los que nos sigan.

Muchas gracias.

Referencias Bibliográficas.

- Azpurua, L. (25 de febrero de 2026). *Luis Azpurua*. Obtenido de Catalizador del cambio hacia la salud digital: <https://www.linkedin.com/in/luis-azpurua-28b6a11/>
- Lara Estrella, L. O. (2013). La gestión tecnológica como parte integrante de la atención a la salud (Profesionalización de la Ingeniería Clínica en Venezuela). *Revista de la Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela*, 28(4).
- Ortega Reyes, A. O. (2023). Filosofía de las Ciencias de la Ingeniería. Una disertación base para el desarrollo humano y organizacional. (U. A. Hidalgo, Ed.) *Pádi Boletín de Ciencias Básicas e Ingenierías de ICBI*, 11(Especial 3), 26 - 31.
- PEGASI. Datos para curar . (25 de febrero de 2026). *Pegasi MED* . Obtenido de Pegasi MED: <https://pegasi.io/>
- Romero, P. A., Romero, C. H., & Rojas, K. B. (2013). La Filosofía de la Ingeniería en el Contexto de la Formación del Ingeniero. *Revista Inge@UAN*, 4(7), 5-13.
- Universidad Nacional Experimental del Tachira. (25 de febrero de 2026). *UNET*. Obtenido de Grupos de BioIngeniería y Electromedicina en Venezuela. : <http://bioven.unet.edu.ve/Grupos.html>

SEMBLANZA DEL Dr. EDILBERTO GUEVARA PÉREZ

Leída por el Ing. CIP Toribio Sebastián Santayana Vela, Presidente del Capítulo de Ingeniería Agrícola, Colegio de Ingenieros del Perú, Centro Departamental Lima (CIP-CD Lima).

Es un honor y un placer presentar a ustedes esta semblanza del Dr. Edilberto Guevara Pérez, quien, este año se ha hecho acreedor a tres importantes premiaciones:

1. Medalla del Consejo Departamental 2025 del Colegio de Ingenieros del Perú;
2. Homenaje/reconocimiento: Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga y Comité Organizador del VII-CONA (Congreso Nacional del Agua) por su trayectoria profesional y académica; y
3. Reconocimiento a ingenieros de destacada trayectoria profesional otorgado por el Capítulo de Ingenieros Agrícolas del Colegio de Ingenieros del Perú.

Es también un reto porque resulta difícil resumir en pocas líneas los logros del ilustre personaje que hoy nos ocupa: Edilberto es una persona de una elevada formación académica y una gran calidad humana. Inteligencia, voluntad, disciplina, perseverancia, dedicación, tenacidad, honestidad y amor al trabajo forman parte de su carácter.

Es autor de 35 textos en el área de Hidrología, Ingeniería de riego, Manejo de Cuencas Hidrográficas y Gestión Integrada de recursos Hídricos, Conservación de Recursos Naturales, Ética Ambiental, entre otros. También ha escrito unos cuentos ecológicos y un libro *casi* autobiográfico titulado “*Un Hombre de las Aguas*”. De este último he extraído algunos de los datos que les voy a narrar.

Edilberto Guevara Pérez nació en el distrito de Querocoto, Provincia de Chota, Dpto. de Cajamarca en el seno de una humilde familia campesina, integrada por Juana, su madre; Melecio, su padre y once hermanos. Fue el segundo de esta numerosa prole y logró gracias a su inteligencia, esfuerzo y al apoyo de su padre y junto a su hermano mayor completar la educación primaria en la escuela fiscal del distrito, una pequeña escuela rural, especie de aula ambulante, en la cual destacó hasta obtener una beca para seguir estudios de secundaria en el Instituto Nacional Agropecuario No. 1, en la ciudad de Chota; lejos de su hogar.

Es así como a los 12 años, sale de su querencia para continuar sus estudios en un internado. Fue un alumno brillante, obtuvo siempre las mejores calificaciones y mediante becas y una diversidad de empleos logra culminar sus estudios superiores en la reconocida Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, donde obtuvo el título de Ingeniero Agrícola en 1968 en nueve semestres lectivos. De inmediato es contratado como docente en la Universidad San Luís de Gonzaga de Ica, y comienza su carrera académica en la Facultad de Agronomía, la cual interrumpe por un

tiempo, pues obtiene una beca para proseguir estudios de postgrado en la República Federal de Alemania.

Es la primera vez que sale fuera de su país y de nuevo tiene que luchar contra numerosos obstáculos, pero como “*siempre, sale vencedor*”. Termina la maestría en tiempo récord de 18 meses en 1970 en la Universidad Justus Liebig y su doctorado en dos años y medio en la Universidad Christian Albrechts en 1972; ambos con la distinción Suma Cum Laude.

En su retorno de Alemania en 1973, antes de regresar al Perú, “*ansioso de trasladar a Perú lo mejor de sí*”, visita Canadá, México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Costas Rica, Panamá, Colombia y Ecuador, divulgando la Hidrología Estocástica que había sido la terma de su tesis doctoral. Es captado como profesional especialista en la Dirección General de Aguas del Ministerio de Agricultura; se encarga de la División de Ordenación de Cuencas; luego es designado Director del Proyecto AID-Control de Inundaciones, y representante de Perú ante la Comisión Man and Biosphere del PNUD.

Por un tiempo todo marcha bien, pero la situación política era delicada bajo un gobierno militar. Por defender sus principios, se ve forzado a abandonar de nuevo el país. Es así como, a mediados de la década de los setenta, se traslada a Venezuela en una especie de “*destierro involuntario*” que le abre nuevos caminos; es su punto de apoyo para su futura carrera profesional y académica. Allí, en esta “*tierra de gracia*” trabaja en el aprovechamiento de los recursos hídricos, en los dos grandes proyectos hidroeléctricos: Caroní, de unos 12000 MW de potencia instalada, actualmente en funcionamiento y Caura, de 10000 MW, actualmente en etapa de factibilidad. Igualmente se ha involucrado en numerosos proyectos de menor cuantía.

En Caracas, retoma la docencia como profesor a tiempo parcial en las Universidades Metropolitana y José María Vargas, y también en la UNELLEZ. En el año 1979 ingresa como profesor a tiempo convencional en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo. 11 años después, en 1990 pasa a dedicación exclusiva, creando en 1992 la Revista Ingeniería UC, un órgano de divulgación científica y tecnológica. Ha sido profesor invitado en las Universidades de Hannover, Alemania; Waterloo y Guelph, Canadá, y Colorado State, Estados Unidos; en esta última, cursó estudios de otro doctorado, esta vez en Manejo de Cuencas y Gestión Ambiental.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo ha desempeñado diferentes cargos: Primer Director de

Estudios para Graduados de la Facultad, liderando la creación de los programas de maestría y doctorado; primer coordinador del Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC); fundador y primer Editor de y de la Revista Ingeniería UC. Además, fue el primer Director Ejecutivo del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico y primer Director General de Postgrado de la Universidad de Carabobo.

En el 2013, después de 38 años de ausencia, como para cerrar el círculo retornó a sus orígenes como Asesor de la Jefatura de la *Autoridad Nacional del Agua*. Allí fue designado Director de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. En 2014 ganó el concurso para Vocal del Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas, en cuyo cargo aún se mantiene; habiendo sido Presidente del Tribunal en dos ocasiones: 2017 y 2022. Paralelamente ha sido/sigue siendo Profesor Visitante en los programas de Maestría y Doctorado en Recursos Hídricos en la UNALM.

Ha recibido una serie de premios y reconocimientos por su labor académica y profesional: Miembro de la Academia Nacional de Ingeniería de Venezuela; Orden Alejo Zuloaga de la Universidad de Carabobo; orden Ambiental Industrial de la Cámara de Industriales del Estado Carabobo, Venezuela; Investigador Acreditado, primero de la Fundación Programa de Promoción al Investigador (PPI) y luego del Programa de Estímulo a la Investigación e Innovación (PEI), ambos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Venezuela; Botón del Centro de Ingenieros del Estado Carabobo, Venezuela; Botón de la Alcaldía de Valencia; Diploma de reconocimiento de la Cámara de Industriales del Estado Carabobo; placas de reconocimiento de varias promociones de ingenieros civiles de la Universidad de Carabobo; diplomas de reconocimiento de la Facultad de Ingeniería y el Vicerrectorado Académico de la misma universidad y Diplomas de Reconocimiento de los Núcleos de Postgrado y de Consejos de Investigación y Desarrollo de las universidades venezolanas; Diplomas de Reconocimiento de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM; del Capítulo de Ingeniería Agrícola del CIP.

Como he mencionado, es Autor/coautor 35 libros; 11 capítulos de libros; 195 artículos científicos publicados en Jornales indexados y unos 145 trabajos publicados en memorias de eventos científicos. Ocho de sus libros han sido editados por la ANA en los últimos 10 años.

Quisiera concluir, dedicando a nuestro homenajeado, Dr. Edilberto Guevara Pérez, un par de estrofas del poema “**EL MAESTRO**” de autor anónimo:

¡Quitaos el sombrero, ciudadanos
El maestro de la escuela se adelanta
Es obrero admirable en cuyas manos
La antorcha de la ciencia se levanta

Sabio ignorante que hacia el bien convida
Que procura encender en cada frente
Una luz que ilumina en la vida
La senda oscura, la espera pendiente.

No le inquieta el cansancio ni le abruma
Sufrido apóstol de la edad moderna
No teme que su vida se consuma
En horas de la ciencia que es eterna

Es humilde con la humildad del sabio
Es altivo con la altivez del fuerte
Siempre por la verdad está su labio
Sin temor por el mundo y por la muerte

Su oscura posición cuando le aflige
Su pobreza habitual cuando le apena
Sus firmes pasos hacia el bien dirigen
Qué grande es su misión, sana y buena.

Respetable en su vida de labores
Amable...que es su vida de enseñanza
Broten en su senda flores y
Brille en su alma la esperanza.

Muchas gracias
Diciembre 02, 2025

NOTAS DE DUELO

NOTAS DE DUELO

Ing. Alfredo Álvarez e Ing. José Luís Alonso.




**ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERIA Y EL HABITAT
COMISION DE MINERIA Y MATERIALES**

El equipo de Académicos y Comisionados integrantes de la Comisión de Minería y Materiales de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat CMM-ANIH se une al duelo que embarga a la Academia Venezolana por sensible fallecimiento de nuestro apreciado colega y amigo

Ing. Alfredo Alvarez

Destacado profesional de la Ingeniería Metalúrgica, egresado como Ing. Metalúrgico de la UCV, notable profesor, ciudadano ejemplar, indiscutible líder y empresario, comisionado de Minería y Materiales.

Su partida deja un inmenso vacío en nuestros corazones y nuestro compromiso, además de expresar nuestro eterno agradecimiento por sus enseñanzas, es preservar su legado.

Hacemos llegar a sus familiares, nuestros sentimientos de solidaridad y condolencias por tan irreparable pérdida.

Caracas, 4 de febrero de 2026

Julio César Ohep Presidente	Inirida Rodríguez Millán Secretaria
--------------------------------	--

Y demás integrantes de la Comisión de Minería y Materiales
Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat




La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat se une al duelo y manifiesta su pesar por el fallecimiento del Profesor Ing. MSc.

JOSÉ LUÍS ALONSO

Docente con trayectoria académica y profesional, adscrito al departamento de Ingeniería Estructural, de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Central de Venezuela, quien contribuyó ampliamente con conocimientos en Ingeniería Estructural y Sismo Resistente.

La Academia extiende sus más sentidas palabras de condolencias a sus familiares y amigos.

Hecho ocurrido el 17 de febrero 2026
Se llevará a cabo una Misa de Cuerpo Presente, miércoles 18 de febrero de 2026, que tendrá lugar en el Cementerio del Este, en el horario de 2:00 p.m. 3:00 p.m.

QUE EN PAZ DESCANSE

SEMBLANZAS

LUIS ENRIQUE OBERTO (1928-2022)¹



Nacido el 19 de agosto de 1928 y fallecido en Caracas, el 8 de agosto de 2022, Luis Enrique Oberto González se graduó en 1951 de Ingeniero civil en la Universidad Central de Venezuela (UCV), con la mención en Estructuras. Desempeñó altas magistraturas durante la primera presidencia de Rafael Caldera, entre las que destacan haber sido jefe de la Oficina Central de Planificación de la Presidencia de la República, Cordiplan, entre 1969 y 1972, seguida por su desempeño como ministro de Hacienda, de 1972 a 1974.

Durante aquellos años democristianos, don Luis Enrique fue gobernador principal por Venezuela (1969-72) del Banco Interamericano de Desarrollo, así como miembro de la Asamblea de Gobernadores, en representación de Venezuela, Colombia y Trinidad/Tobago (1970-72), permaneciendo además como asesor del mismo banco. Por si fuera poco, a inicios de aquella década próspera para el país, se desempeñó como director principal del Banco Central de Venezuela (1970-72) y como presidente del Consejo Nacional de Institutos Autónomos (1972).

Todos esos altos cargos – especialmente la jefatura de Cordiplan, durante un período estelar y desarrollista de la institución – además de la probidad en su ejercicio, demuestran la versatilidad económica, planificadora y financiera del ingeniero por formación. Valga resaltar que, durante su gestión ministerial en Hacienda, participó en la nacionalización del gas, al tiempo que favoreció el aumento del beneficio fiscal en el ingreso petrolero. Y como miembro de la Comisión Presidencial para la Reversión Petrolera, en 1974, “adelantó la reversión de los bienes de la industria, lo que posteriormente facilitó su nacionalización”.²

Ese destaque ministerial, bancario y administrativo durante el primer gobierno de Caldera se vio complementado, posteriormente, por una sostenida carrera parlamentaria. Tras desempeñarse como miembro de la junta directiva del Banco Hipotecario del Centro, entre 1974 y 1978, con la

administración de Luis Herrera Campins fue electo como diputado al Congreso de la República, donde permaneció entre 1979 y 1999. Durante esas dos décadas, además de haberse desempeñado como presidente encargado del Congreso de la República (1993), Oberto fue miembro de la Comisión Delegada, presidente de la Cámara de Diputados (1990-94) y de la Comisión Legislativa del Congreso de la República (1994-99).

Valga destacar, durante la turbulenta década de 1980, el alineamiento del político veterano con la necesidad de reforma y modernización institucional; así lo demuestran su membresía en la Comisión Presidencial para la Reforma del Estado (Copro), entre 1984 y 1988, así como su designación como co-redactor de la reforma del Parlamento venezolano (1985). En esas instancias trabajó el diputado Oberto con el también diputado Arnoldo José Gabaldón Berti, quien refiere – en su obra *Las palancas del desarrollo sustentable* (2023) – al libro escrito por ambos sobre *La reforma parlamentaria de la República* (1985), resultante de esos debates modernizadores, apoyados por visitas a los congresos de Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia, España y Colombia.³ Es este un ejemplo representativo, valga añadir, de la sana convivencia y asociación que ocurría a la sazón entre parlamentarios afiliados a diferentes toldas políticas, en pro de la modernización del país.

Ya en la nueva era política iniciada en 1999, don Luis Enrique se afincó en el ejercicio privado de la profesión, combinado con labores académicas y venezolanistas que nunca descuidó. Además de profesor de la UCV, fue miembro del Consejo Directivo del Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA), entre 2000 y 2003; este mismo año cesó su función como director de la Asociación Pro-Venezuela, cargo que había mantenido desde 1975. Habiendo sido vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV), Oberto se contó entre los fundadores de la Academia Nacional de Ciencias Económicas, de la cual fue Individuo de Número desde su constitución, en 1982, llegando a presidirla entre 1998 y 2000.

Por esos méritos excepcionales, el presidente Caldera decidió – tras cumplir con las consultas y los requisitos establecidos en la ley de creación de la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat (ANIH), del 17 de septiembre de 1998, incluir a Luis Enrique Oberto González en el decreto 3.231, del 20 de enero de 1999, el cual designó a los miembros fundadores de nuestra corporación. Aquí ocupó el sillón XX, desde donde presidió la Comisión de Imagen Académica, así como participó como miembro de la Comisión de Historia de la Ingeniería.

Arturo Almandoz Marte, Caracas, octubre de 2025.

¹ Esta semblanza está extraída del discurso de incorporación del académico Arturo Almandoz Marte como Individuo de Número, sillón XX, ANIH, donde sucediera a Oberto. Se apoya en datos de <https://acading.org.ve/miembros-fallecidos/>

² https://es.wikipedia.org/wiki/Luis_Enrique_Oberto

³ Arnoldo José Gabaldón, *Las palancas del desarrollo sustentable y algunas experiencias personales asociadas*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), 2023, pp. 39-40.

NORMAS PARA LOS AUTORES

El *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat* es una publicación trimestral de carácter científico/tecnológico dedicada a divulgar trabajos originales en la temática de la ingeniería y áreas afines, tanto de nivel nacional como internacional. Es el órgano oficial de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH), en el cual también se divulgan los acuerdos, resoluciones, informes, pronunciamientos y demás documentos oficiales de la Corporación y son admitidas contribuciones sobre temas nacionales o de otros países, en idioma español o inglés. La publicación está bajo la responsabilidad de la Comisión Editora (CE), quién canaliza todos los procesos conducentes a la producción del *Boletín*.

El contenido del *Boletín* se distribuye en dos grupos:

Vida de la Academia, donde se publican los trabajos de incorporación académica en versión menor a 50 páginas; discursos de actos solemnes; declaraciones, pronunciamientos y opiniones emitidas por la propia Corporación o por otras Academias; notas de duelo o cualquier otro escrito académico que el Consejo Directivo o la Junta de Individuos de Número decida sobre su publicación.

Artículos técnicos, estos pueden proceder tanto de los propios miembros de la Academia como de otros profesionales nacionales o de otros países. Estos artículos serán arbitrados (sistema doble ciego), para lo cual y según la especialidad, se podrá contar con la revisión tanto por parte de académicos e integrantes de las comisiones técnicas de la ANIH, como de árbitros externos.

EXTENSIÓN

La extensión máxima permitida es de 50 páginas totales. En caso que el autor considere necesaria una mayor extensión, por vía de excepción podrá enviar una solicitud razonada al CE.

FORMATO GENERAL

Los artículos enviados al Comité Editorial (CE) deben ser remitidos en formato Microsoft Word y PDF. Fuente Garamond, tamaño de fuente 10 puntos, todos los márgenes de 2,5 cm, todo justificado a la izquierda, tamaño carta, estilo normal e interlineado sencillo. Después de cada párrafo añada una línea en blanco. Evite agregar espacios automáticos antes o después de cada punto y aparte. No utilizar sangrías, ni gruesos marcadores ("bullets"). Evite indentar los textos hacia la derecha del borde de la página. De usar tabulador, ajustarlo a 0,5 cm.

CONTENIDO

Todos los trabajos que sean presentados deberán estar organizados de la forma convencional de:

Título: Siempre será lo más breve e informativo posible, con su traducción al inglés.

Autores: Nombres y apellidos completos de los autores. Indicar la máxima calificación académica o profesional de los mismos. Afiliación profesional y dirección corta. Correo electrónico.

Resúmenes: Todo artículo debe incluir un resumen de hasta de 250 palabras, tanto en español como en inglés.

Palabras clave: Añadir 4 a 6 palabras que describan el contenido del escrito.

El texto principal seguirá la estructura convencional de artículos científicos: **Introducción**, debe redactarse en forma concisa, con una clara indicación de la justificación o contexto de la investigación que dio origen al trabajo. Se sugiere que en los párrafos finales de la introducción se indiquen claramente los objetivos del trabajo. **Materiales y métodos** (cuando sea pertinente), con la descripción de los procedimientos utilizados. **Desarrollo del tema**, una descripción analítica del trabajo realizado. **Resultados y discusiones**, pueden presentarse por separado o integrados, evitando la repetición innecesaria de datos numéricos que hayan sido presentados en tablas. **Conclusiones**, generadas a partir de la investigación, lo cual no debe ser una repetición de los resultados. **Recomendaciones**, o implicaciones prácticas en caso de ser necesario (opcional), **agradecimientos** (opcional). **Referencias bibliográficas** citadas y fuentes. **Anexos**, si lo amerita.

Se aceptarán *Discusiones* sobre los trabajos publicados, con una extensión máxima de seis páginas, las cuales se publicarán con la réplica del autor original, si la hubiese.

FIGURAS

Todos los materiales ilustrativos (gráficos, mapas, fotografías, croquis, etc.) se denominarán "**Figuras**" y llevarán números consecutivos. Deberán ser nítidas, con resolución de 300 dpi o mayor tener rótulos legibles y no exceder el tamaño completo de la página. Todas las figuras deberán estar citadas en el texto e insertadas en el documento después de su primera cita. Al pie de cada figura debe aparecer una leyenda con indicación de la fuente.

TABLAS

La presentación de datos numéricos, tablas y cuadros, serán citados en el texto como "**Tablas**" con una numeración consecutiva. En la parte superior deberá aparecer una leyenda corta y explicativa, pero al pie de la misma puede colocarse otra información adicional y fuentes. Las Tablas deberán intercalarse en el documento después de su primera cita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

La lista deberá aparecer al final del artículo en orden alfabético según el apellido del primer autor y con sangría francesa, conforme se observa en los ejemplos siguientes según de sus diferentes tipos:

Artículos revistas

ROMERO A. M. 2007. El ingeniero venezolano del 2020. *Boletín Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*, 14: 68-102. https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/BOLETIN_14.pdf

Libros

NWEIHED K. G. y A. J. ROSALES. 1973. *La vigencia del mar. Las leyes internacionales emanadas de las naciones Unidas*. Caracas: Ed Equinoccio, Universidad Simón Bolívar, 435 pp. <<https://usb.ve/Biblioteca/abc/123a/AAAHggsEdfA.phs>>

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1992. *Standard methods for examination of water and wastewater*. Washington, D. C.: American Publications Health Association, 255 pp.

Tesis

MÉNDEZ F. J., B. A. RODRÍGUEZ, N. D. MENÉNDEZ y J. L. ROMERO. 1998. *Contribución al estudio sobre el uso de aguas residuales con fines de riego*. Maracay: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis de Maestría. 128 pp. <<http://saber.ucv.ve/handle/123456/1822>>

Todas las obras incluidas en las referencias bibliográficas deberán estar citadas en el texto principal o en las leyendas de figuras o tablas. Las citas bibliográficas en el texto se efectuarán con el apellido del autor y el año de la siguiente forma: ej.: "...según ROMERO (2007), las condiciones..." o "...se establecieron las condiciones según cada tipo de procedimiento (ROMERO 2007)". En caso de dos autores, separar con la conjunción "y": GUTIERREZ y GUERRERO (1999) o (GUTIERREZ y GUERRERO 1999), según sea el caso. Para tres o más autores, utilice el vocablo *et al.*: RODRIGUEZ *et al.* (1986) o (RODRIGUEZ *et al.* 1986). Citas de un mismo autor, pero de diferentes años pueden escribirse juntas (ej. PEREZ, 1986, 2000, 2005). Para distinguir entre varios trabajos del mismo autor o autores publicados en un mismo año emplear las letras (a, b, c, etc): RAMIREZ y GOMEZ, 1995a, 1995b. En caso de citar varios trabajos en forma sucesiva, colocarlos en orden cronológico coma para separarlos (ej. MOLINA 1979, SANCHEZ y LOPEZ 1986, MARIN *et al.* 2000).

OTRAS CONSIDERACIONES

Los autores que deseen añadir **notas** explicativas, deberán añadirlas con numeración continua y al pie de cada página. Los detalles de las referencias bibliográficas deberán colocarse solo en la sección de "Bibliografía"

Para las unidades de medida o sus abreviaturas se seguirá el **Sistema Internacional**, aunque se podrán complementar con otras unidades de uso común.

Cada manuscrito será sometido a un proceso de evaluación doble ciego. El CE previo arbitraje, decidirá o no su publicación o sugerirá posibles modificaciones cuando lo crea oportuno. La CE se reserva el derecho de realizar adecuaciones menores de los artículos o en los Resúmenes/Abstracts.

Los contenidos de los trabajos publicados son de la exclusiva responsabilidad de los autores y no significan necesariamente, ni revelan las propias de la ANIH. Así mismo, los autores son

los únicos responsables de la gestión de los posibles derechos de autor de figuras, tablas o textos que puedan ser incluidas en sus obras.

Al enviar un trabajo para su publicación en el *Boletín*, el autor reconoce que traspasa los Derechos de Autor a la ANIH, pero la Academia permite la libre difusión de los trabajos siempre y cuando se cite la fuente.

Aprobado en la Comisión Editora, reunión del 04-08-2020

CONSIDERACIONES SOBRE LA POLÍTICA DE PUBLICACIONES DE LA ANIH.

Puede descargarse de: <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/CONSIDERACIONES SOBRE LA POLITICIA DE PUBLICACIONES.pdf>

-----.

INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS

The Bulletin of the National Academy of Engineering and Habitat is a scientific/technological publication dedicated to disseminating original works on the subject of engineering and related areas, both nationally and internationally. It is the official body of the National Academy of Engineering and Habitat of Venezuela (ANIH), in which the resolutions, reports, pronouncements and other official documents of the Corporation are disseminated and contributions on national issues or from other countries are admitted in Spanish or English. The publication is under the responsibility of the Editorial Commission (CE), who channels all the processes leading to the production of the Bulletin.

The content of the Bulletin is divided into two groups:

Technical papers, these can come from members of the Academy and from other professionals. All papers will be peer reviewed.

Life of the Academy, that includes speeches of solemn acts; declarations, pronouncements and opinions issued by the Corporation itself or by other Academies; memorials or any other academic issues approved by the Board of Directors.

LENGTH

The maximum length allowed is 50 total pages. In the event that an author considers a greater extension necessary, he may send a reasoned request to the CE.

GENERAL FORMAT

Papers sent to the CE must be submitted in Microsoft Word and PDF format. Garamond 10 points, all margins 2.5 cm, normal style and single line spacing. After each paragraph add a blank line. Avoid bullets and do not indent text to the right of the page edge. If you use a tabulator, adjust it to 0.5 cm. Regarding the use of uppercase and lowercase letters, follow the criteria of the *Style Manual of El Nacional*.

CONTENT

All the works that are presented must be organized in the conventional way of:

Title: It has to be brief and informative as possible, with its translation into Spanish. Maximum 80 characters.

Authors: Full names of the authors. Indicate their highest academic or professional qualification. Professional affiliation with address. Email.

Abstracts: All papers must include an abstract of up to 300 words, both in Spanish and English (on the importance of the Abstract, it is suggested to read the following paper: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072007000100001>

Keywords: Add 4 to 6 words that describe the content, avoid repeating words found in the title.

The main text will follow the conventional structure of technical articles:

Introduction, must be written with a clear indication of the justification or context of the research that gave rise to the work. It is suggested that the final paragraphs of the introduction clearly indicate the objectives.

Materials and methods (when applicable), with a description of the procedures used.

Development of the topic, an analytical description of the work carried out.

Results and discussions can be presented separately or integrated, avoiding the unnecessary repetition of numerical data that have been presented in tables.

Conclusions, generated from the research, which should not be a repetition of the results.

Recommendations, or practical implications if necessary (optional), thanks (optional).

Bibliographic references or cited literature.

Attachments, if required.

Discussions on published works will be accepted, with a maximum length of six pages, which will be published with the reply of the original author, if any.

FIGURES

All illustrative materials (graphs, maps, photographs, sketches, etc.) will be called "Figures" and will carry consecutive numbers. They must have a resolution of 300 dpi or higher, have legible labels and not exceed the full size of the page. All figures must be cited in the text and inserted in the document after their first citation. At the bottom of each figure should appear a legend indicating its source. Avoid titles or explanatory texts within the figures likewise avoid texts in capital letters. The figures must correspond to single high-resolution files, without text boxes or other superimposed elements.

TABLES

The presentation of numerical data, tables and charts, will be cited in the text as "Tables" with consecutive numbering. A short and explanatory legend should appear at the top, but other additional information and sources can be placed at the bottom of it. Tables should be inserted into the document after their first citation. Within the tables, the use of texts in sustained capital letters or in bold should be avoided.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

The list must appear at the end of the article in alphabetical order according to the surname of the first author and with hanging indentation, as observed in the following examples according to their different types:

Papers in serial publications

ROMERO A. M. 2007. El ingeniero venezolano del 2020. *Boletín Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*, 14: 68-102. <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/BOLETIN_14.pdf>

Books

NWEIHED K. G. y A. J. ROSALES. 1973. *La vigencia del mar. Las leyes internacionales emanadas de las naciones Unidas*. Caracas: Ed Equinoccio, Universidad Simón Bolívar, 435 pp. <<https://usb.ve/Biblioteca/abc/123a/AAAHggsEdfA.phs>>

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1992. *Standard methods for examination of water and wastewater*. Washington, D. C.: American Publications Health Association, 255 pp.

Dissertations and technical reports

MÉNDEZ F. J., B. A. RODRÍGUEZ, N. D. MENÉNDEZ y J. L. ROMERO. 1998. *Contribución al estudio sobre el uso de aguas residuales con fines de riego*. Maracay: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis de Maestría. 128 pp. <<http://saber.ucv.ve/handle/123456/1822>>

Digital sources

Personal or corporate author. Year of elaboration. Qualification. Institution that publishes. Url address

All the works included in the bibliographical references must be cited in the main text or in the captions of figures or tables. Bibliographic citations in the text will be made with the author (last name of the personal author, or corporate author) and the year, as follows: eg: "...according to ROMERO (2007), the conditions..." or "...the conditions were established according to each type of procedure (ROMERO 2007)".

In the case of two authors, separate with the conjunction "and": GUTIÉRREZ and GUERRERO (1999) or (GUTIÉRREZ and GUERRERO 1999), as the case may be. For three or more authors use et al.: RODRÍGUEZ *et al.* (1986) or (RODRÍGUEZ *et al.* 1986). Quotes from the same author, but from different years, can be written together (eg PÉREZ 1986, 2000, 2005). To distinguish between various works by the same author or authors published in the same year, use the letters (a, b, c, etc): RAMÍREZ and GÓMEZ (1995a, 1995b). If several works are cited successively, place them in chronological order with a

comma to separate them (eg MOLINA 1979, SÁNCHEZ and LÓPEZ 1986, MARÍN *et al.* 2000).

OTHER CONSIDERATIONS

Authors who wish to add footnotes they should place them at the bottom of each page.

For the units of measure or their abbreviations, the International System will be followed, although they may be supplemented with other commonly used units.

Each manuscript will be reviewed. The CE reserves the right to make minor adjustments to the articles or to the Abstracts.

The contents of the papers are the sole responsibility of the authors and do not necessarily mean or reveal those of the ANIH. Likewise, the authors are solely responsible for managing the possible copyright of figures, tables or texts that may be included in their works.

By submitting a work for publication in the Bulletin, the author acknowledges that he transfers the Copyright to the ANIH, but the Academy allows the free dissemination of the works as long as the source is cited.

Otros documentos referentes al *Boletín de la ANIH*:

Consideraciones sobre la política de publicaciones de la ANIH

<https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/CONSIDERACIONES SOBRE LA POLITICA DE PUBLICACIONES.pdf>

Normas para el proceso de arbitraje

<https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/NORMAS PARA EL PROCESO DE ARBITRAJE.pdf>

Políticas sobre plagio

https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/Políticas_sobre_Plagio_del_Boletin_ANIH.pdf

Formato de declaración Jurada

https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/Declaracion_Jurada_Boletin_ANIH_Plantilla_modelo-1.docx

Índice general del Boletín, Nos. 1 al 53

https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/INDICE_BANIH.pdf



Fachada sur del Palacio de las Academias, entonces
Universidad Central de Venezuela, c.1883.

Fuente:

DUARTE Carlos F. y GASPARINI Graziano. 1991.
Historia de la Iglesia y convento de San Francisco de Caracas.
Caracas: Banco Venezolano de Crédito, pág. 154.

Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

BOLETÍN 70

Enero-Marzo 2026