



ORIGEN Y TRAYECTORIA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE FUNVISIS, VENEZUELA: SUS PRIMEROS 50 AÑOS (1972-2022)

Birth and path of the FUNVISIS' Earth Sciences Department, Venezuela: Its first 50 years (1972-2022)

André Singer¹, Franck A. Audemard M.^{1*}, José Antonio Rodríguez A.¹ y Luz María Rodríguez D.¹

¹ *Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS, Departamento de Ciencias de la Tierra (ahora de Geología de Terremotos), Final Prolongación Calle Mara, Quinta Funvisis, El Llanito, Caracas 1070, Venezuela. singer.andrel@gmail.com, faudemard@gmail.com (*Autor de correspondencia), rodriguez.arteaga@gmail.com, lrodriguez.funvisis@gmail.com*

Resumen: *En el organigrama de FUNVISIS, creada como resultado benéfico del Terremoto de Caracas de 1967, el Departamento de Ciencias de la Tierra (DCT), desempeña el rol de puente entre las unidades de Sismología e Ingeniería Sísmica, cuyo desarrollo ocurrirá en 4 fases. En la inaugural (1972-1978), tal misión se efectúa sin personal especializado. Entre 1979 y 1983, se implementa el DCT a través de la cooperación científica francesa gracias a la formación “en caliente” de sus geocientíficos en sismotectónica. El DCT se consolida entre 1984 y 1996, con la ejecución de proyectos de aplicación por parte de geólogos con estudios de postgrado alcanzados en esa cooperación. La fase de expansión internacional más productiva del DCT ocurre entre 1997 y 2022. La proyección de su pericia en la región conlleva al reconocimiento de Venezuela como un país de vanguardia en geología de terremotos. Los años “dorados” del DCT se cierran abruptamente con la irrupción en Venezuela de una hiperinflación cabalgante en 2017, rematada por la pandemia del COVID 19. Tal situación económica empuja a sus jóvenes profesionales a los caminos de la diáspora, circunstancia agravada por la jubilación de sus profesionales seniors en 2020; con un futuro incierto para el DCT.*

Palabras claves: *Historia de las Geociencias, Cooperación Internacional, Proyección Institucional, Riesgo Sísmico, Geología de Terremotos.*

Abstract: *In the organizational chart of the Venezuelan Foundation for Seismological Research (FUNVISIS), which was founded as a beneficial result of the damaging Caracas 1967 earthquake, the Earth Science Department (DCT) acts as a bridge between the Seismology and Seismic Engineering units at later stages of its development, which could be subdivided in 4 major phases. Between 1972 and 1979, objectives are met without proper specialized personnel. Up to 1983, the progressive implementation of this unit occurs through an international scientific cooperation with France, resting on the training on Seismotectonics of its young professionals for applied purposes. This initial experience gives rise in 1983 to an International across-disciplines Symposium on “Seismicity, Neotectonics and Geological Risk in Venezuela and the Caribbean”. The 1984-1996 stage corresponds to the consolidation of the DCT in the execution of applied projects by the initial staff of geologists, formed abroad at the Graduate level in the frame of the 2-way beneficial cooperation. The DCT showcases its progress through the publication of the Neotectonic Map of South America (Proyecto SISRA, 1985) and the Neotectonic Map of Venezuela (1993). The most productive internationally-casted DCT expansion and projection, which spans*

between 1997 and 2022, is initially naturally boosted by the study of two major devastating geological events: the Cariaco 1997 earthquake in Eastern Venezuela and the debris flows of December 1999 in the coastal State of Vargas, north of the capital Caracas. The diaspora of the DCT's young professionals, as a consequence of the unbearable economic situation, in addition to the official retirement of its most experienced and elderly scientists, leads to the current decline of the DCT, closing its most brilliant period. The early projection of the DCT to the neighbouring countries of Colombia and Trinidad to evaluate the common master faults, belonging to the larger plate-boundary zone, is expanded by a prolific international projection of its expertise, which leads to the recognition of Venezuela as a leading country in the study of Geology of Earthquakes not only in the region. The DCT shining climax is abruptly truncated by the sudden emergence of a rocketed hyperinflation, worsened by the COVID 19 pandemics. The economic crisis that is suffocating the country for several years now has pushed its younger professionals to migrate abroad, which is further boosted by the forced retirement of its more experienced professionals by the current Ministry of affiliation, with a very uncertain future for the DCT.

Keywords: *History of Geosciences, International Cooperation, Institutional Projection, Seismic Risk, Earthquake Geology.*

Singer, A., Audemard, F.A., Rodríguez, J.A., Rodríguez, L.M., 2024. Origen y trayectoria del Departamento de Ciencias de la Tierra de FUNVISIS, Venezuela: sus primeros 50 años (1972-2022). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, número de volumen: 10-31.

Introducción

Los orígenes del Departamento de Ciencias de la Tierra (DCT) de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), remontan al decreto de fundación de aquella institución en el año 1972, cuya creación oficial por el Estado venezolano, es una consecuencia benéfica del Terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967. En efecto, este evento sísmico de magnitud relativamente moderada, impactó de manera sorpresiva la consciencia del gremio profesional venezolano y la capacidad inicial de comprensión de los efectos destructores de este evento sísmico por resultar concentrados aquellos en edificaciones altas de construcción moderna, y por la localización errática en unos pocos sectores, de las edificaciones colapsadas o severamente afectadas, entre las cuales varias sedes de transnacionales petroleras. Aquella situación inesperada se debía además a la inexistencia de profesionales preparados para asumir de manera moderna e integral los problemas muy complejos de evaluación del riesgo sísmico en función del estado del arte que prevalecía en aquella época, el cual por cierto no alcanzaba todavía a dar respuesta al significado de los efectos sorpresivos de aquel terremoto; situación que conduce a convertir al terremoto de Caracas en un caso-piloto emblemático de la ingeniería sísmica pocos años más tarde gracias a las lecciones aprendidas de la investigación de este evento sísmico. Esta situación explica la orientación de las premisas en torno a la creación de FUNVISIS, como organismo oficial de investigación para evaluar el origen de los efectos lamentables de este evento sísmico, así como para prevenir situaciones adversas en caso de futuros eventos severos. Al respecto, el cumplimiento de los objetivos fundacionales de aquella organización nueva, preconiza el desarrollo en forma permanente

de investigaciones plurales de sismología, de geología e ingeniería sísmica, y la formación permanente del personal técnico y científico requerido a tal efecto. Para asegurar aquella integración de competencias, era necesario reunir bajo un mismo techo funciones tradicionales inherentes a las de un observatorio sismológico, como las que existían en el Observatorio Cagigal antes del traspaso oficial de aquellas funciones a FUNVISIS en diciembre de 1982, y funciones preventivas novedosas de alcance estratégico y de dimensión tanto ingenieril como social, atinentes a la reducción del riesgo sísmico en procura de la disminución de la vulnerabilidad de las edificaciones y de las personas ante las acciones sísmicas letales, gracias a la producción y actualización periódica de normas de construcción sismo-resistentes (Singer, 2021).

En la arquitectura organizativa de aquel organismo científico de investigación aplicada, la misión del DCT-FUNVISIS se refiere a la evaluación geológica del patrón de deformaciones tectónicas más recientes y vigentes actualmente en el margen sur de la placa del Caribe por medio de investigaciones de tectónica activa y de sismotectónica (Audemard y Singer, 1996, Audemard *et al.*, 2000a (Fig. 1); Audemard, 2015). La función de aquella base de datos es convertirse en una correa de transmisión clave entre los campos de actividad de la sismología y de la ingeniería. En efecto, se trata de esta manera de optimizar por medio de la *geología de terremotos*, la dimensión temporal de la data sísmica instrumental producida desde hace escasos decenios de años por una moderna red sismológica venezolana, a fin de satisfacer las exigencias de información a incorporar en las normativas ingenieriles de diseño y construcción de edificaciones, en función de los correspondientes períodos de retorno de los movimientos sísmicos de referencia del terreno, producidos por la acti-

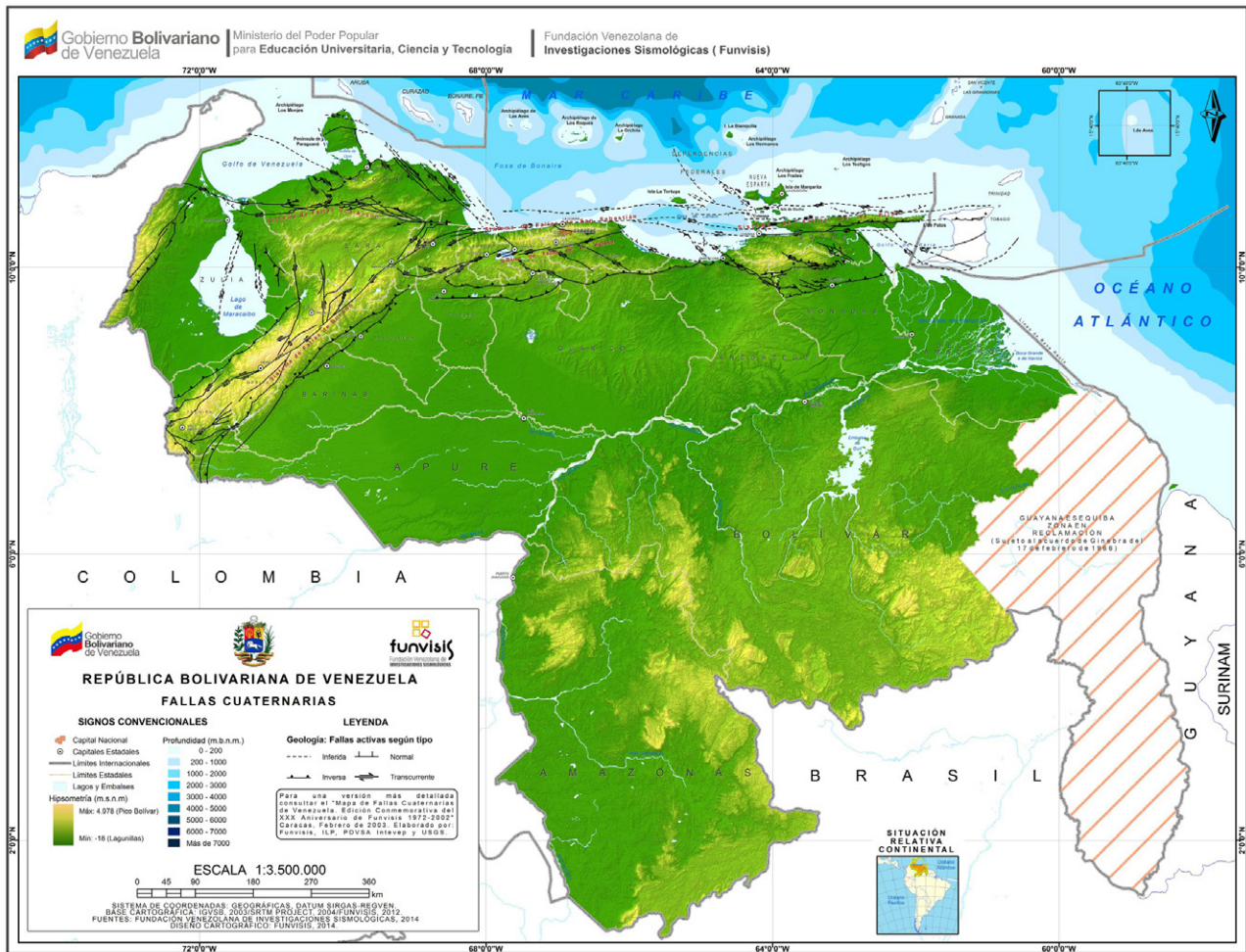


Fig. 1.- Mapa de fallas cuaternarias de Venezuela (Audemard et al., 2000a; descargable desde el portal USGS bajo el identificador USGS-OFR-2000-0018) reportado sobre modelo de elevación del terreno. Mapa reproducido como edición conmemorativa para el XXX Aniversario de FUNVISIS en el año 2002. Se aprecia la clara asociación de las fallas activas o sismo-generadoras con la “columna vertebral” montañosa presente en el oeste y norte del territorio.

vidad de los grandes sistemas de fallas del país en el ancho límite meridional de la placa Caribe.

No obstante haber sido creada por Decreto del 27 de julio de 1972 y adscrita al ex-*Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH)*, siendo el Presidente de FUNVISIS el entonces titular de la *Dirección de Geología* de aquel Ministerio, el geólogo Dr. Henrique Lavié, el primer presupuesto oficial y el patrimonio económico de aquella Fundación no fueron asignados por el Ejecutivo Nacional sino a partir del año 1976 (FUNVISIS, 1996); respectivamente a través de aquel Ministerio y del ex-*Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI)* perteneciente al ex-*Ministerio de Obras Públicas (MOP)*, gracias a los montos recuperados por aquel instituto a través de la administración del fondo de asistencia financiera creado por el Gobierno Nacional para atender sobre la marcha la reparación de los daños y reforzamiento de estructuras en edificios afectados por el terremoto de 1967 y de acuerdo a su evaluación por la *Oficina Técnica del Estudio del Sismo (OTES)*, creada *ad hoc* y de inmediato. Aquellas restricciones financieras explican las dificultades iniciales de FUNVISIS para asumir la cuantía de recursos requeridos para dotarse de una in-

fraestructura de personal científico especializado y del instrumental sismológico muy costoso necesario para cumplir sus objetivos.

Los tanteos iniciales: 1972-1978

Los referidos tiempos de penuria explican los tanteos y dilaciones iniciales concernientes al diseño y puesta en funcionamiento del Departamento de Ciencias de la Tierra hasta su implementación en el año 1979. Previamente a este año, sus funciones fueron asumidas por una unidad improvisada de Sismotectónica, adscrita a la joven *División de Geotecnia* creada el mismo año 1972, la cual dependía de la *Dirección de Geología* del referido Ministerio de adscripción. Este embrión inicial del futuro DCT-FUNVISIS se encontraba integrado por un personal muy restringido de tres geólogos sin competencias particulares en neotectónica y geología de terremotos, suministrados por la *División de Exploraciones Geológicas* (Nelly Pimentel) y por la propia *División de Geotecnia* (Armando Díaz Quintero, Claudio Gallardo). La doble creación con pocos meses de diferencia, de la *División de Geotecnia* (en la

cual el primer autor prestó sus servicios entre el 1° de enero de 1972 hasta el 31 de diciembre de 1978) y de FUNVISIS se debe a una recomendación emanada de la *Comisión Presidencial del Sismo* por iniciativa de una Subcomisión de Geología y por lo tanto fue responsabilidad del despacho ministerial de Minas e Hidrocarburos. En la cabeza del MMH se encontraba el destacado ingeniero geotecnista Hugo Pérez La Salvia, quién había prestado su colaboración en 1967 a la Comisión Presidencial evaluadora de los edificios dañados por el terremoto, junto con expertos de California. Aquellas circunstancias explican la ubicación de aquellos dos modestos y nuevos organismos hermanos a escasa distancia de la Torre Norte del Centro Simón Bolívar, donde se alojaba entonces el Ministerio de adscripción. Ambas organizaciones incipientes fueron ubicadas en locales alquilados frente por frente en un mismo pasillo de la mezanina del edificio Gran Vía en la Esquina Cruz Verde, encima de una panadería... y frente a los Tribunales. La inexistencia de personal preparado entonces en el país en torno a la problemática del riesgo sísmico, explica la contratación del ingeniero chileno Enrique Gajardo, ex-asistente del Director del *Centro Regional de Sismología (CERESIS)* en Lima, el geofísico Dr. Alberto Gieseske, como encargado del Departamento de Sismología de FUNVISIS, y la colaboración estrecha de los ingenieros de la *Comisión Presidencial del Sismo* y de la OTES para el diseño del núcleo inicial de ingeniería sísmica de aquella Fundación. Del personal adscrito a la OTES saldrán por cierto el primer Director Ejecutivo de FUNVISIS, el ingeniero Luis Urbina, y el encargado del Departamento de Ingeniería Sísmica, el Ingeniero Alfonso Malaver.

El llamado Terremoto de Carúpano del 12 de junio de 1974 (Arcia *et al.*, 1974; Gallardo *et al.*, 1974) y la consecutiva celebración en el mes de octubre del mismo año del *Primer Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica* constituyeron la primera oportunidad conocida para que FUNVISIS presentara su Plan Básico para las Investigaciones Sísmicas en Venezuela (FUNVISIS, 1974). En aquel mismo evento, también fueron divulgados los primeros resultados de observaciones post-sísmicas concernientes al referido terremoto sobre los daños en construcciones y observaciones geológicas realizadas simultáneamente en el campo por parte de los ingenieros de FUNVISIS y de los geólogos del núcleo de Sismotectónica adscrito a la *División de Geotecnia*. La carencia de experiencia significativa en materia de geología de terremotos de aquellos profesionales explica probablemente que la ocurrencia de rupturas de superficie, y de origen entonces indeterminado, en tres sitios diferentes mencionados en aquellos informes de campo y detectados en el ancho o vecindad de la traza activa de la falla de El Pilar en los sitios de Galerón, La Pica y del Balneario Pozo Azul, no fuese mayormente ponderada en aquella oportunidad desde el punto de vista de su posible significado sismotectónico, lo cual da cuenta de la reevaluación posterior de aquel mismo evento sísmico como Terremoto de Casanay (Grases, 2002). Al respecto y a raíz del evento sísmico destructor de Cariaco de julio 1997, nuevas rupturas de superficie fueron cartografiadas en detalle por el DCT en la cercanía de los sitios de rupturas de junio

1974 (Audemard, 2006), así como resultó identificada dicha ruptura de superficie de 1974 en una trinchera paleosísmica excavada a través de la traza activa de la falla de El Pilar en la falda norte del cerro Guarapiche y en cuya expresión geológica observada en el subsuelo se hallaron restos de bolsas plásticas, evidencia cuya modernidad podría confirmar una aparente vinculación cosísmica del referido sismo con aquella falla (Audemard, 2011). No obstante, la carencia de especialización del personal de geólogos nacionales de la *Dirección de Geología* del MMH en materia de geología de fallas activas, programas de investigación fueron acometidos sin resultados conocidos en particular por parte de la *División de Exploraciones Geológicas* y de la *División de Geotecnia* para la evaluación de la actividad sismotectónica de las fallas de Boconó y de La Victoria, desde campamentos *ad hoc* cercanos instalados respectivamente en Boconó y Mariara. Adicionalmente y en relación con la firma y próxima implementación de un convenio de cooperación en geología entre aquella *Dirección de Geología* del MMH y la universidad francesa de Montpellier, una misión exploratoria de tres semanas fue realizada en julio de 1974 por parte del geólogo neotectonista y microtectonista Hervé Philip de aquella universidad. Aquella misión contempló un reconocimiento de campo preliminar de la falla activa de Boconó y de las fases de deformación cortical de la región central cordillerana (Philip, 1974), con la participación del núcleo de geólogos sismotectonistas de la *División de Geotecnia* y del primero de los autores. En este mismo *Congreso de Sismología e Ingeniería Sísmica* de octubre 1974, aquel último profesional presentó un resumen de los primeros datos de campo obtenidos durante el año 1972 sobre los depósitos aluviales convulsivos y de edad pre-hispánica observados tanto en la superficie como en las excavaciones de edificios en construcción en el Valle de Caracas. Aquellos depósitos presentan una extensión y profundidad llamativa en la depresión subsidente de Los Palos Grandes, particularmente afectada por el terremoto de 1967 (Singer, 1974). La discusión del significado genético de estos depósitos convulsivos fue presentada e ilustrada en campo para la consideración de los participantes al Seminario Internacional sobre Riesgo Geológico realizado en Caracas por iniciativa de FUNVISIS y auspiciado por la *Organización de Estados Americanos (O.E.A.)* en julio de 1977 (Singer, 1977; Muñoz y Singer, 1977). El interés de aquellos resultados para la geología sísmica del valle de Caracas ameritó la comunicación de comentarios muy favorables por parte de geólogos del *US Geological Survey (USGS)* en Denver, que participaron en la evaluación en Caracas de los efectos destructores de aquel terremoto (Espinosa, A.F., comunicación escrita a A. Singer del 20-04-1977). Como prolongación de las inquietudes sembradas por aquella primera reunión científica realizada en el país sobre el referido tema de interés, el DCT acometerá la publicación de un *Inventario Nacional de Riesgos Geológicos* (Singer *et al.*, 1983; Fig. 2) en ocasión de un nuevo evento internacional concerniente a aquella preocupación y efectuado por iniciativa de aquel departamento de FUNVISIS en Caracas a final de 1983.

En febrero de 1978, el primero de los autores fue designado asesor *ad honorem* de FUNVISIS por decisión

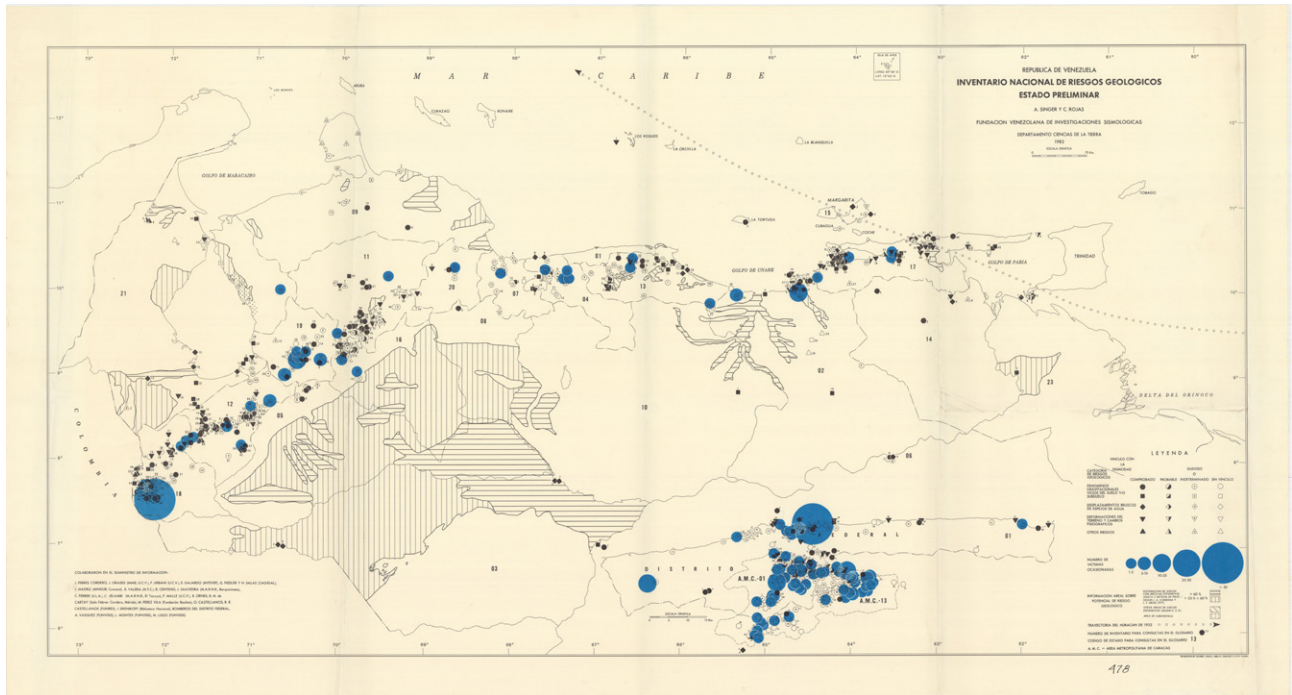


Fig. 2.- Mapa que acompaña el Inventario Nacional de Riesgo Geológico (versión preliminar; Singer *et al.*, 1983), en el cual se aprecia, por comparación con la figura 1, que los procesos geológicos riesgosos están asociados al relieve montañoso, que a su vez está vinculado con la tectónica activa imperante en el margen meridional del Caribe, a lo largo de la interacción de las placas Caribe y Sudamericana. Agentes detonantes hidro-meteorológicos como sísmicos convergen en estas regiones montañosas. Accesible desde <http://saber.ucv.ve/handle/10872/8687> (última consulta en marzo de 2024).

de su Consejo Directivo y comunicación oficial del Dr. Henrique Lavié, Director de Geología del MMH y a la vez Presidente de aquella fundación, con el propósito de adelantar gestiones internacionales tendientes a la creación de un equipo de personal especializado para la puesta en operación del próximo *Departamento de Ciencias de la Tierra (DCT)* de la referida institución, cuyo núcleo inicial se encontraba coordinado por el geólogo Claudio Gallardo desde su ingreso en 1974 en la *División de Geotecnia* del referido ministerio. Al respecto, y con base en el convenio firmado entre la geología francesa y la *Dirección de Geología* del MMH (Singer 2022), se propuso al Consejo Directivo de FUNVISIS la contratación de un experto de la Cooperación Técnica francesa, el geólogo Dr. Jean-Pierre Soulas, especialista en neotectónica y microtectónica de la Universidad de Montpellier (Francia) para la formación en Venezuela y en equipo con un especialista en geomorfología, de la infraestructura inicial de personal joven nacional en los aspectos relevantes de aquellas pericias para los estudios de amenaza y riesgo sísmico. Dicha contratación fue aprobada por el *Consejo Directivo* de FUNVISIS, previa recomendación favorable obtenida por el Ing. Luis Urbina, director ejecutivo de FUNVISIS, del sismólogo peruano Leonidas Ocola del Instituto Geofísico del Perú (IGP) en Lima, organismo con el cual el Dr. Soulas había cooperado previamente a través del Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA). Esa fórmula, combinando pericias concernientes a la evaluación desde la superficie y en el subsuelo de fallas activas, respondía al estado del arte de las investigaciones de geología de terremotos desarrolladas en California para fines de aplicación a la in-

geniería sísmica, conforme a las orientaciones recibidas al respecto por la *Comisión Presidencial del Sismo* por parte de la prestigiosa empresa *Woodward & Clyde* de Oakland, para la creación de un organismo como FUNVISIS, como parte de la evaluación del terremoto de Caracas de 1967 (Woodward-Clyde-Sherard y Associates, 1967). Aquella decisión del Consejo Directivo de FUNVISIS motivó además la contratación del primero de los autores por parte de este organismo a contar del 1° de enero de 1979 para hacer equipo con el Dr. J.P. Soulas en el recién creado Departamento de Ciencias de la Tierra y asumir su dirección a partir de 1980 en la nueva sede de FUNVISIS ubicada en la Quinta Francinette, alquilada en la entrada del Hotel Ávila en San Bernardino y a escasa distancia del escarpe de falla del Ávila orillado por la Avenida Cota Mil, y luego en la sede propia de aquella institución en los Altos de El Llanito, previamente a su nombramiento el 8 de mayo de 1996 como Presidente de aquella Fundación hasta enero del 2000, al resultar candidatizado al referido cargo por la comunidad técnica y científica de FUNVISIS en febrero 1995, candidatura ratificada y elevada ante el Ministerio de adscripción mediante su aprobación por el Consejo Directivo de la institución (Fig. 3).

El arranque: 1979-1983

El arranque de las actividades de esta unidad científica de FUNVISIS recién creada, pero sin recursos presupuestarios, fue posible gracias a la obtención de un financiamiento por dos años de un proyecto de investigaciones en neotectónica de la región nor-oriental del país con una prolongación en



Fig. 3.- Reconocimiento público con placa al Dr. André Singer, por sus compañeros del DCT, en el marco de las *III Jornadas Venezolanas de Sismología Histórica*, realizadas en Caracas en las instalaciones del *Instituto de Previsión del Profesorado UCV*, en julio de 2002. El expresidente de FUNVISIS para el periodo 1996-2000 está flanqueado por los jefes del DCT, Ing. José Antonio Rodríguez (período 2010-2021) y Dr. Franck Audemard (período 1998-2010), en los extremos izquierdo y derecho de la fotografía, respectivamente. Fotografía cortesía de autor anónimo.

Trinidad por parte del *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (CONICIT)*, lo cual permitió el ingreso a FUNVISIS del joven geólogo venezolano, Carlos Giraldo, recién graduado de la *Universidad Central de Venezuela (UCV)* y del geógrafo-foto-intérprete Leandro Montes de aquella misma universidad, para prestar servicios en dicho proyecto a través del Departamento de Ciencias de la Tierra, el cual contaba además con el geólogo chileno Claudio Gallardo y la geofísica argentina Carlota Gershanik. Esa misma fuente de financiamiento permitió la consecución indirecta de un vehículo de doble tracción Toyota necesario para acometer este proyecto, y por canje institucional de un equipo sismológico de precio equivalente entonces a un vehículo rústico, equipo adquirido a través de dicho proyecto y entregado por CONICIT a FUNVISIS contra la adquisición por la institución del referido vehículo, en vista de que el CONICIT no financiaba este tipo de adquisición. La culminación de tal proyecto de investigaciones, iniciado en agosto 1980, sufrirá varias demoras, aceptadas por el CONICIT, debido a los compromisos oficiales adquiridos paralelamente por FUNVISIS y el DCT en actividades de servicio contratadas por organismos gubernamentales nacionales (Giraldo y Beltrán, 1988).

Por su estatuto legal de fundación, FUNVISIS se encontraba en posibilidad de efectuar contratos de servicios y de estudios con empresas públicas del Estado y con el sector privado tanto nacional como del extranjero, lo que permite recibir aportes económicos tanto en efectivo como de otra naturaleza como instrumental y equipos científicos. Esa facilidad y la imagen profesional favorable proyectada por el DCT, permitieron que sus servicios fuesen solicitados tempranamente por los sectores más dinámicos de la economía del país, requeridos de insumos de información técnica por exigencia de las compañías internacionales de reaseguro, concerniente a la seguridad de instalaciones de

carácter estratégico ante pérdidas materiales y de vidas humanas por concepto de terremotos. De esta manera y a partir del año 1980, los investigadores del DCT dedicaron la mayor parte de su tiempo a satisfacer los requerimientos de un mercado de estudios cubierto anteriormente por empresas especializadas del extranjero, como ocurre con la empresa *Woodward & Clyde* de California para el dique de la COLM en Lagunillas (Estado Zulia), la presa Dos Cerritos en El Tocuyo y la de Yacambú en el Estado Lara, y concerniente a la realización de actividades de servicio contratadas para la evaluación de fallas activas en el marco de estudios de amenaza sísmica y riesgo sísmico para grandes obras de infraestructura proyectadas o ya construidas. Tal es el caso del muelle marítimo del complejo industrial petrolero de Jose, de las presas del complejo hidroeléctrico del Uribante-Caparo, y de los proyectos del Ferrocarril Caracas-La Guaira y del Puente del continente a la isla de Margarita, cuyos estudios ocuparon a tiempo completo el primer quinquenio de actividades profesionales de servicio desarrolladas por el referido Departamento de investigaciones científicas de FUNVISIS. Lo novedoso y la calidad de la información básica obtenida por medio de la referida actividad de servicio contratada conducen este departamento a organizar y presentar en Caracas y en octubre 1983, parte de los resultados de investigación obtenidos en aquella primera etapa en un Simposio sobre el tema integrador “*Sismicidad, Neotectónica y Riesgo Geológico en Venezuela y en el Caribe*” auspiciado por organizaciones internacionales como la *Comisión de Neotectónica* de la *International Union for Quaternary Research (INQUA)* y la *International Commission of the Lithosphere (ICL)* pertenecientes a las uniones internacionales de Ciencias Geológicas y Geofísicas (*IUGG* e *IUGS*) y de las cuales varios investigadores del referido DCT-FUNVISIS fueron coparticipes. Contactos beneficiosos establecidos en esta reunión conducen el DCT a asesorar a la Universidad de Los Andes y el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS) de Bogotá para el adiestramiento de colegas colombianos en neotectónica por medio de trabajos de campo a través de la participación de FUNVISIS al proyecto geofísico del Norte-Santander, integrado además por los Institutos de Física del Globo de París y Estrasburgo. Adicionalmente, y poniendo a provecho los primeros insumos de información en tectónica activa obtenidos en el Oriente del país desde 1980, el DCT prestó su colaboración para la elaboración de una propuesta de investigaciones dirigida por FUNVISIS en 1983 a la Comisión Internacional de trabajo de IASPEI-UNESCO sobre “*Sitios experimentales para el desarrollo de investigaciones de predicción sísmica*” y concerniente a la escogencia de la falla de El Pilar como sitio-piloto a tal efecto, así como a la realización en 1984 de una misión de evaluación en el campo de aquella falla por parte de expertos internacionales de la UNESCO a los fines indicados (Sheperd *et al.*, 1984). Como resultado de esa misión, la referida Comisión *ad-hoc* de trabajo, recomendó aquella falla sísmogena maestra del Oriente de Venezuela como la candidata técnica- y científicamente más favorable, junto con la falla de Anatolia en Turquía, para la conducción exitosa de dicho

programa de investigaciones, el cual lamentablemente no se pudo llevar a cabo por carencia del correspondiente financiamiento por parte de la *Organización de las Naciones Unidas (ONU)*. En el marco de los estudios de amenaza y riesgo sísmico del Proyecto Ferrocarril Caracas-La Guaira pre-citado, se ejecuta el primer *Trabajo Especial de Grado (TEG)* en la UCV, de nivel pregrado, en el tema de la neotectónica venezolana, entre fines de 1982 y de 1984; trabajo titulado “*Evaluación Geológica de la Cuenca del Tuy para fines de Investigaciones Neotectónicas*” (Audemard, 1984). Este joven profesional, segundo autor de este escrito, engrosará las filas del DCT sólo a partir de 1986, porque FUNVISIS atravesaba un proceso de intervención financiera al momento de su graduación (a inicios del año 1985), bajo la interventoría de su presidente, el Ing. César Hernández.

La consolidación 1984-1996

La experiencia científica adquirida en caliente por los profesionales jóvenes del DCT en proyectos de aplicación, se completa oportunamente con la realización de estudios de postgrado en el extranjero a nivel de Maestría y Doctorado, en particular por intermedio de las facilidades de becas otorgadas por el gobierno francés en el marco de las relaciones de cooperación establecidas entre Francia y Venezuela, en particular con las Universidades de Montpellier y Grenoble, y por medio de la realización en contraparte de estadias postdoctorales en este Departamento de jóvenes doctores franceses en geología neotectónica, para aprovechar las oportunidades excepcionales de perfeccionamiento en actividades científicas integradas de paleosismología, sismología histórica y de amenaza sísmica (Audemard y Singer, 1996; Singer y Audemard, 1997), experiencia que no era de práctica corriente todavía en Francia. Este es el caso de la ejecución de investigaciones de geología de terremotos por medio de trincheras de exploración excavadas con bulldozer a través de la traza de fallas activas en relación con la evaluación del período de retorno de terremotos de magnitud superior a 5,5, generados por la actividad cosísmica de fallas corticales cuaternarias de mediana a larga longitud como las fallas del sistema Uribante-Caparo, Urica, Valera, Oca-Ancón, Boconó o El Pilar. De regreso en su país de origen con la experiencia novedosa obtenida en Venezuela por esos jóvenes geólogos franceses, la misma fue retroalimentada en organismos públicos de investigación interesados en los servicios de aquellos, como es el caso de Bernard Sauret por parte de la *Antena de Sismotectónica y Sismicidad Histórica* en Marseille-Luminy del Servicio Geológico de Francia (*Bureau de Recherches Géologiques et Minières –BRGM*), lo cual ilustra los alcances bilaterales beneficiosos de aquel genuino sistema de relaciones de cooperación de país a país.

Ese período de consolidación de la planta fija de personal del DCT hasta contar con una docena de profesionales, se debe a la ampliación y diversificación de sus actividades hacia los aspectos estrechamente integrados, además de los campos ya trillados de la sismotectónica y de la sismicidad histórica, de los temas nuevos de la sismogeotecnia y del

seguimiento instrumental *in situ* o a distancia de fenómenos peligrosos de inestabilidad de los terrenos para la prevención de su impacto destructivo en ambiente social de barriadas populares, en particular en el sector caraqueño de Nueva Tacagua, utilizado como sitio prototipo para el desarrollo de una experiencia duradera y muy enriquecedora de trabajo con las comunidades entre 1990 y 1996 (De Santis, Coord. *et al.*, 1992; De Santis *et al.*, 1993). La misma fue auspiciada por el Plan Presidencial de “*Eficiencia Social Nueva Tacagua*” y la Embajada de Francia en coordinación con FUNVISIS, y contratada por el INAVI. La dimensión vivencial de esta experiencia, junto con la adquirida en encuestas de campo evaluadoras del nivel de preparación de la población a raíz del terremoto de Cariaco de 1997, resultaron ser determinantes en los años subsiguientes para la creación y orientación del *Aula Sísmica* de FUNVISIS durante su vigencia operativa hasta el año 2018, en su condición de laboratorio social institucional de reencuentro de los imaginarios populares y científicos de la cultura sísmica. En aquellos 20 años de actividad experimental, aquella antena social de FUNVISIS se dedicará a generar experiencias de aprendizaje piloto como insumos de conocimiento para fortalecer los programas de capacitación en materia de auto-protección colectiva e individual de los segmentos de población más vulnerables del país ante la amenaza de terremoto (Quarantelli, 1998; Pulido de Briceño, 1998; Guzmán, 1999; Marín *et al.*, 2005; Ferrer de Singer, 2007; Murria, 2008; Singer, 2008; Dasco *et al.*, 2013; Quintero, 2015). Aplicaciones industriales de la referida pericia obtenida en Nueva Tacagua en materia de control instrumental de sitios de geología inestable, dieron lugar a la contratación por filiales de Petróleos de Venezuela S.A. -PDVSA- de campañas de mediciones para el seguimiento preventivo *in situ* de deformaciones significativas del terreno, en particular en el edificio-sede Guaraguao de CORPOVEN-PDVSA en Puerto La Cruz, y por vía telemétrica en la Planta de tanques de combustible de LAGOVEN-PDVSA en Cantinas en continuidad de los estudios de microzonificación sísmica iniciados en la década del 90 en Caracas y en el interior del país con la asesoría del *Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LCPC)* de París (Ehrlich *et al.*, 1997) y del *CETE-Méditerranée* de Niza (J.-P. Méneroud, A.-M. Duval, P.Y. Bard). En relación con dicha problemática social o industrial de la prevención de situaciones de emergencia debido a efectos geológicos locales peligrosos del suelo, provocados tanto bajo carga sísmica como en condiciones ordinarias sin condicionante (“*input*”) sísmico y por la utilidad que la misma presenta en los protocolos de retorno de experiencia, en particular para los ejercicios de simulacro en escenarios de inestabilidad del terreno anticipados bajo la acción de condiciones cosísmicas reales, servicios de asesoría fueron solicitados a FUNVISIS para fines de gestión de riesgo a través del *Aula Sísmica* y/o del DCT por empresas privadas o públicas interesadas en la seguridad de su personal o de usuarios (Metro de Caracas, etc.). Aquella experiencia fue solicitada además en el marco de la elaboración de planes de contingencia para casos de emergencia geotécnica y/o sísmica en infraestructuras industriales estratégicas y su

entorno urbano, como las del Dique de protección lacustre de Lagunillas (Zulia) a solicitud de INTEVEP y MARAVEN-PDVSA (Plan Costa Oriental del Lago de Maracaibo o COLM) y en urbanizaciones construidas en terrenos con suelos de condiciones geotécnicas conflictivas como las de La Punta y Mata Redonda (Maracay, Aragua) en la orilla oriental del Lago de Valencia.

En el año 1986, la invitación en FUNVISIS y consulta del conocido sismólogo del *US Geological Survey*, James W. Dewey, con motivo de la actividad sísmica recurrente registrada entre los meses de junio y agosto en la región central, permite al referido experto de apreciar el nivel de excelencia alcanzado en materia de geología de fallas activas por el DCT, del cual deja constancia en su respectivo informe de misión (Dewey, 1986). Años más tarde, la ocurrencia de la crisis sísmica que sacude en abril-mayo 1989 durante dos meses a los sedimentos fluvio-marinos de origen reciente en la costa nororiental de Falcón y que ocasiona fenómenos espectaculares de licuación de suelos en Boca de Tocuyo, es la oportunidad para la investigación en perfiles de calicatas de los mecanismos y estructuras de sifonamiento y eyección de arenas licuadas desde el subsuelo hacia la superficie, por medio de la aplicación, novedosa entonces a nivel mundial, de técnicas de exploración utilizadas desde los años 1980 por el DCT por medio de la excavación de trincheras en la traza de fallas activas (Audemard y De Santis, 1991). Durante aquel mismo período, la experticia del Departamento es solicitada por PDVSA para la evaluación de la amenaza sísmica planteada por fallas de importancia regional o de sitio, como las del sistema Oca-Ancón, Valera, Mene Grande, Burbusay, Boconó, Burro Negro, Piedemonte Norandino, y Río Seco, para la seguridad del dique de protección de la COLM, así como de varios poliductos proyectados por PDVSA como los de SUFAZ (Suministro Falcón-Zulia) y SUMANDES I y II (Suministro Norandino). Durante aquel lapso, el DCT continuó proyectando su actividad científica tanto a nivel nacional como internacional, en particular por medio de la publicación de un Mapa Neotectónico del país y áreas limítrofes (Beltrán, 1993), así como por su participación en la elaboración del *Mapa Neotectónico de Suramérica* (Proyecto SISRA, 1981-1985) a cargo del CERESIS (*Centro Regional de Sismología para Suramérica*). El DCT contribuye además al dictado de los cursos internacionales intensivos sobre “*Teledetección Aplicada a los Estudios de Neotectónica*” en Bogotá auspiciados por el ITC (*International Training Center for Aerospace and Earth Science Surveys*) de Enschede (Países Bajos) respectivamente en el CIAF (*Centro Interamericano de Fotointerpretación*) en 1986 y en el IGAC (*Instituto Geográfico Agustín Codazzi*) en 1989, y de un curso de postgrado sobre “*Métodos de estudio y prevención de riesgos geológicos*”, dictado en la Universidad de Zaragoza, España, en 1993, con énfasis en criterios de evaluación de fallas activas y en la metodología de la cartografía geotécnica, a título de reciprocidad de una pasantía postdoctoral en el campo de la tectónica activa y sismotectónica, efectuada previamente en FUNVISIS por un geólogo de aquella casa de estudios ibérica, el Dr. Antonio Casas Sainz (1991). De igual manera, direc-

tamente en campo, en el piedemonte llanero colombiano, el DCT asesorará al geógrafo Kim Roberston del IGAC en el año 1994, en el marco de su tesis doctoral dedicada a los sistemas de fallamiento activo, algunos ciegos, de tal frente montañoso de la Cordillera Oriental colombiana (Audemard, 1994; Audemard y Robertson, 1996). Como prolongación de un proyecto experimental de microzonificación sísmica contratado por el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP, S.A.) en la costa oriental del Lago de Maracaibo (COLM) y ejecutado con la asesoría de la cooperación técnica francesa, el DCT estimula además la realización en el país de los dos primeros coloquios internacionales de Microzonificación Sísmica en Punta Cardón, Falcón, en 1993 y Cumaná, Sucre, en 1995 y de las *Primeras Jornadas de Sismicidad Histórica* en Venezuela en Trujillo (1997), especialidad criolla trillada gracias al incentivo de las investigaciones de larga data del ingeniero universitario y académico José Grases tanto en Venezuela como en los demás países del Caribe al respecto (Grases, 1977). Una continuidad de interés sobre este tema es asegurada gracias a la actividad de un grupo de trabajo en sismología histórica en el seno del DCT desde los años 1980 (Singer y Soulas, 1979; Lugo, 1982; Singer y Lugo, 1982; Mocquet *et al.*, 1996; Audemard, 1998, 2007; Rodríguez, 1998; Rodríguez y Leal, 2012; Leal, 2015; Audemard y Leal, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017b), así como por medio de la realización de media docena de nuevas Jorna-

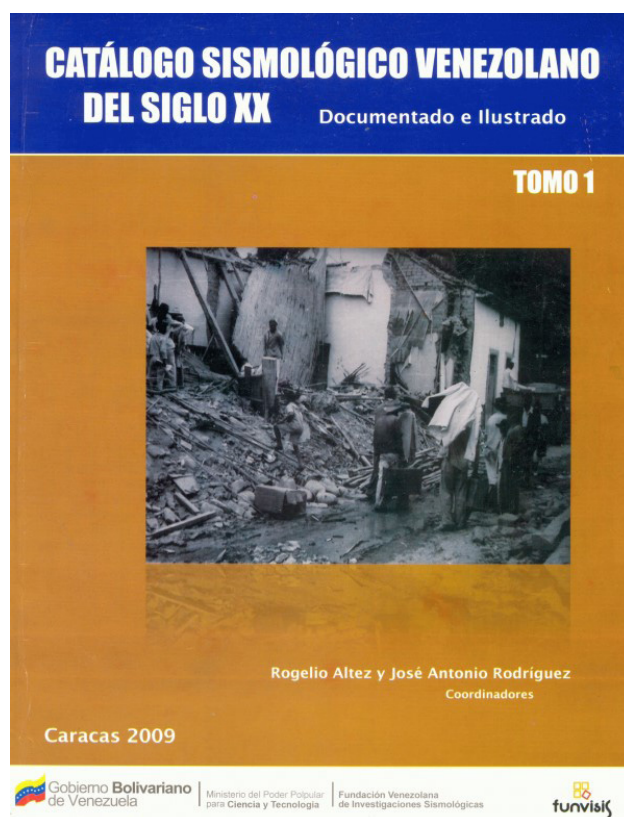


Fig. 4.- Catálogo Sismológico Ilustrado del siglo XX, compendiado desde el DCT en el año 2009. Portada del catálogo. Disponible en: <http://sibucv.ucv.ve/cgi-bin/koha/opac-imageviewer.pl?biblionumber=242795> (última revisión en diciembre de 2023).

das dedicadas a éste tópico y por medio de la publicación por FUNVISIS de un Catálogo Sismológico Venezolano del siglo XX, profusamente documentado e ilustrado (Altez y Rodríguez, 2009; Fig. 4). Con base en los insumos del Proyecto SISRA, en particular en Colombia y Venezuela, y bajo la inspiración del Proyecto UNESCO de reducción del riesgo sísmico en los Balcanes después del terremoto destructor y de modesta magnitud (5,8; 2000 muertos) de Skopje (1963) en Macedonia del Norte, y con motivo de la Conmemoración internacional de los 500 años del Descubrimiento (1984-1992), un proyecto multinacional de evaluación y mitigación de riesgos naturales mayores en el Caribe, impulsado por el Dr. José Grases y el DCT, destinado a poner a contribución los acervos documentales históricos de los países de la región sobre sus amenazas naturales, es aprobado técnicamente por la UNESCO, contando con la evaluación técnica previa favorable del experto Dr. Vit Karnik, coautor de la conocida y utilizada escala de intensidades sísmicas MSK, durante una misión *ad-hoc* efectuada en FUNVISIS en junio 1985, pero sin poder concretarse su realización por falta del correspondiente financiamiento por parte de la UNESCO y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD; UNESCO, 1987).

Expansión internacional y culminación: 1997 a 2022

El inicio de la última fase de desarrollo del DCT coincide con la ocurrencia de dos infaustos y magnos eventos naturales de origen diferente: el primero, perteneciente al dominio cortical, y el segundo al dominio supra-cortical epidérmico. Se trata por un lado del terremoto destructor de Cariaco (Mw 6,9) que sacude al Estado Sucre el 9 de julio de 1997, y por otro lado, la crisis de deslaves y aludes torrenciales de diciembre 1999 que devastaron el litoral de Vargas. La confrontación “en caliente” de ambos eventos geológicos pone a prueba la capacidad técnica y respectivas pericias científicas del DCT en condiciones reales y ya no en la fría aplicación de conocimientos académicos para fines de prevención sísmica a futuro. Esa oportunidad concierne al registro objetivo y evaluación de los datos de campo más significativos sobre aquellas manifestaciones geodinámicas vivas, las cuales, en determinadas circunstancias adversas, suelen combinar sus efectos destructores, como ha ocurrido durante diversos eventos sísmicos en Venezuela como el terremoto emblemático del 3 de febrero de 1610 (Singer, 2019), o el terremoto del Perú de mayo de 1970 o de Guatemala de febrero de 1976. De esta manera, aquella coyuntura excepcional se convierte en una oportunidad insustituible para la generación de conocimientos científicos nuevos de la realidad geológica nacional por parte de los investigadores del DCT, además de un motivo de crecimiento institucional, y de proyección internacional, en particular durante la gestión del colega Franck Audemard (1998-2010) y en los años posteriores.

El impacto de los deslaves de Vargas se traduce por profusos fenómenos de denudación que escarificaron las laderas del macizo cordillerano de la serranía litoral durante la segunda quincena del mes de diciembre de 1999.



Fig. 5.- Acto de imposición del Doctorado *Honoris causa* de la UCV al Geóm. André Singer, acompañado de sus testigos, Drs. Franck Audemard (izq.) y Franco Urbani (der.), en abril de 2011. El Dr. Urbani, profesor titular jubilado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica (EGMyG) de la UCV, fue contratado por FUNVISIS para aprovechar la exposición del substrato de la Cordillera de la Costa a consecuencia de los deslaves de Vargas de diciembre de 1999. Fotografía cortesía de autor anónimo.

Aquella circunstancia fue propicia para la generación de una multitud de afloramientos de las rocas del subsuelo geológico, los cuales ofrecen posibilidades nuevas de investigación de la geología de superficie de las unidades metamórficas de aquel macizo montañoso. Para aprovechar aquella inesperada oportunidad de mejora del conocimiento de la geología de la serranía del Ávila, se procedió a la contratación y adscripción en el DCT, de uno de los mejores conocedores de la geología cordillerana, el profesor Franco Urbani de la *Universidad Central de Venezuela (UCV)* a contar del año 2000 (Fig. 5). En equipo con geólogos del DCT y del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) de Venezuela, y con una dedicación más particular del colega José Antonio Rodríguez del DCT y de tesis de fin de carrera del *Departamento de Geología* de la *Escuela de Geología, Minas y Geofísica* de la UCV (Urbani, 2000). Urbani desplegará una intensa actividad de trabajos de campo y compilación cartográfica para dar lugar a la publicación del *Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa* (Urbani y Rodríguez, 2004), basado en un ensamblaje de 147 hojas geológicas en escala 1:25.000, trabajo inicial prolongado hacia el resto del macizo montañoso de los estados occidentales y orientales del país en las dos décadas siguientes (Urbani, 2015; Urbani y Gómez, 2015). Por otra parte, y a pocas horas de ocurrir esa infausta catástrofe, una cartografía preliminar generada desde helicóptero y efectuada en la Serranía del Litoral en escala 1:100.000 entre el 26 de diciembre 1999 y el 5 de enero 2000, es producida por el DCT gracias al oportuno apoyo recibido del Vice-Ministro de Energía y Minas, el Dr. Víctor Poleo, quién facilitó la obtención por parte de la *Corporación Venezolana de Guayana (CVG)* del soporte logístico y pericia de vuelo acorde con el trabajo de observación en zonas montañosas con aproximaciones a laderas escarpadas de gran desnivel. Este documento de trabajo, comu-

nicado en coyuntura de emergencia por FUNVISIS a los diversos entes ministeriales abocados a la evaluación del desastre de Vargas y quedado inédito, destaca la distribución cartográfica en tres pisos bioclimáticos altitudinales sucesivos escalonados entre el nivel del mar y más de 2000 metros, de las correspondientes manifestaciones de deslaves y flujos torrenciales reconocidas en función de su respectivo impacto dinámico destructor, e ilustra la contribución respectiva de aquellos pisos en el origen de la referida tragedia (Singer, 2000; Richard y Usselman, 2006). Igualmente, y no menos importante, la vertiente sur del Macizo del Ávila seguirá el mismo tratamiento técnico, a razón de preocupación bien fundada, con base en las evidencias superficiales de cicatrices de deslaves bajo bosque poco visibles y en etapas iniciales de desarrollo, a potenciales desencadenamientos futuros similares pero esta vez hacia el casco de la ciudad capital (Audemard *et al.*, 2000b; Basabe *et al.*, 2001). Por otra parte, y en calidad de insumo para fines de gestión de riesgo al nivel nacional, el mismo DCT acomete un inventario estado por estado, concerniente a las manifestaciones de aludes torrenciales más importantes arqueadas en toda la extensión del país montañoso para dar a conocer aquella realidad geológica dinámica, tomando en cuenta que aquellos fenómenos geofísicos eran tan desconocidos en 1999 por parte de la comunidad ingenieril del país y de los protocolos de gestión de riesgo, como sucedió con el terremoto en 1967 (Singer, 2010). Como consecuencia de este desconocimiento patético y notorio, Audemard (2000) lanza un llamado de atención a la comunidad profesional venezolana basado sobre soportes históricos bien documentados. De manera análoga con la castigada vertiente caribe, la vulnerabilidad del faldeo montañoso meridional de la serranía litoral ante flujos torrenciales originados por deslaves, había sido ya puesta en evidencia con motivo de los aludes torrenciales destructores del río Limón evaluados en campo por los geocientíficos del DCT al norte de Maracay en septiembre 1987 (Audemard *et al.*, 1989; Audemard y Singer, 2002). Previamente, evidencias recurrentes de aludes torrenciales fueron detectadas en la estratigrafía del propio relleno aluvial pleistoceno y holoceno del Valle de Caracas (Singer, 1974, 1977; Singer *et al.*, 2007). El periodo de retorno histórico estimado de 500 años para los depósitos geológicamente más recientes de ese valle y acotado por medio de datos arqueogeológicos (Singer *et al.*, 2010), ofrece un análogo paleo-geodinámico comparable a los eventos de diciembre 1999 en la vertiente caribe de la serranía litoral. Si bien es cierto que aquellos eventos responsables de la devastación del litoral de Vargas de manera masiva y como ninguna otra región suramericana hasta la fecha, y que por la misma razón ameritaron en los 20 años siguientes la realización de un seguimiento regular de las medidas estructurales y no estructurales desarrolladas para mitigar los efectos de nuevos eventos a futuro (López, 2010, 2021), no debe olvidarse que este género de manifestaciones exogeodinámicas telúricas representa el mecanismo evolutivo endémico más común de las laderas de nuestras montañas tropicales (e.g., Audemard, 2003), como lo ilustra la ocurrencia recurrente de eventos proporcionalmente tan devas-

tadores como el de Vargas en otras regiones olvidadas de la espina dorsal cordillerana del país. Aquellas regiones conciernen en particular al piedemonte de la serranía tachirensis de Bramón en dirección a Rubio, la depresión sucrensis de Cumanacoa al pie del Turimiquire y el valle del río Mocotíes al pie del páramo de Mariño en el Estado Mérida (Singer, 2010), y sin menoscabo de la vulnerabilidad de los flancos de tepuyes de Guayana ante colapsos gravitacionales de farallones rocosos y avalanchas torrenciales de escombros detríticos (Lara *et al.*, 2011). Por lo tanto, se debe evitar desmejorar la seguridad colectiva de las poblaciones de las regiones del país expuestas ante aquellos eventos de magno impacto destructor, por maximizar la atención preventiva y la reducción del correspondiente riesgo en una sola y única región sensible como el Estado Vargas. Al respecto, la puesta en práctica de aquel principio básico de gestión objetiva del riesgo-país, vuelve a ser reivindicada por los investigadores del DCT con la reciente evaluación de nuevos aludes torrenciales de impacto letal en la cuenca de Choroni de conocida atracción turística de fin de semana, pero huérfana de medidas de prevención y seguridad como el señalamiento de pasos a riesgo en los cruces de quebradas como la de Romerito, pese a lo escabroso de la vía que da acceso al litoral a través de la prolongación aragüeña de la serranía de Vargas, de manera de evitar tragedias como la ocurrida en el referido sitio durante los picos de precipitaciones de agosto-septiembre 2017 (Parra *et al.*, 2021) y no obstante las enseñanzas previas obtenidas en la vía paralela de alto riesgo hacia Ocumare de la Costa durante los funestos sucesos de El Limón en 1987 (Audemard *et al.*, 1989). El reconocimiento “en caliente” de aquellos eventos trágicos de deslaves de 1987 y 2017 es propicio para recordar la vulnerabilidad del macizo montañoso del Parque Nacional Henri Pittier y del piedemonte meridional de aquella mole neotectónica, controlada por las fallas activas de Las Trincheras y de La Victoria, en el tramo ubicado entre Bárbula desde la entrada oeste de Valencia y Guayas en su extremidad este, ante manifestaciones recurrentes de “lavas” torrenciales. Evidencias prehistóricas de estos “aluviones” se evidencian en los saques de granzón excavados en el cordón continuo de abanicos aluviales explayados en el tramo piemontino señalado, durante el Pleistoceno superior y el Holoceno, e interfieren con la traza de las referidas fallas (Singer *et al.*, 2014). La vulnerabilidad histórica de aquel corredor piemontino es ilustrada por los eventos torrenciales destructores de Taborda (1951) y Las Trincheras (1927, 1951), Cagua (1693, 1933, 1943), Turmero (1974, 1993), El Limón (1914, 1975, 1980, 1987), El Castaño (2022), La Victoria (1978), San Mateo (1976, 1979), El Consejo (1993) y Tejerías (1993, 2022) extraídos de la versión ampliada y actualizada en preparación del *Inventario Nacional de Riesgos Geológicos* de FUNVISIS, y compromete la seguridad de las poblaciones establecidas a lo largo de la antigua ruta colonial confinada a lo largo de aquel piedemonte para evitar la amenaza anual de las inundaciones de las vegas pantanosas del Lago de Valencia y del valle drenado por los “realengos” ríos Aragua y Tuy.

El impacto del terremoto de Cariaco en la comuni-

dad científica internacional abrirá oportunidades nuevas de desarrollo para el DCT, coincidente con el inicio de la gestión científica del colega Franck Audemard (1998-2010) a la cabeza de ese departamento de FUNVISIS y en su condición de jefe de fila de la Sección de Neotectónica de aquella unidad de investigación desde 1994, al haber obtenido el Doctorado en dicha especialidad en Francia el año anterior. Luego de un breve periodo cubierto por el Ing. José Antonio Rodríguez de manera interina, durante los primeros dos años de la gestión en la Presidencia de la institución del primer autor de esta nota (1996-1998), Audemard asumirá la jefatura del DCT. Previamente, había sido ampliamente formado de manera formal en las filas del DCT desde fines de 1982 inicialmente con una tesis de pregrado en la UCV pionera en el tema de la neotectónica venezolana (Audemard, 1984), asesorada por FUNVISIS en el marco de los estudios de amenaza y riesgo sísmico del Proyecto Ferrocarril Caracas-La Guaira, y posteriormente como becario del gobierno francés para realizar estudios de maestría y doctorado en la *Université de Montpellier* (1988-1993). La realización de su tesis de doctorado formará parte de otras actividades científicas institucionales de servicio contratadas por el Estado o el sector privado, de las cuales es copartícipe activo en la fase de consolidación del DCT como coordinador y/o ejecutante de los mismos. A título ilustrativo, el cuerpo medular de aquella tesis integrará los resultados científicos de 4 contratos de servicios correspondientes al noroeste venezolano entre 1989 y 1992 y ejecutados a solicitud de distintas filiales petroleras (Proyectos SUFAZ (Suministro Falcón-Zulia) para MARAVEN S.A., Licuefacción en Boca de Tocuyo de 1988 para INTEVEP S.A., Licuación Planta Olefinas del Tablazo para PEQUIVEN S.A. y Tectónica cuaternaria de Falcón oriental para INTEVEP S.A.). El levantamiento de la infor-

mación macrosísmica de un sismo moderado ocurrido en Churuguara (Falcón central) en 1990, conformará el quinto y último elemento constitutivo de su tesis doctoral. Por lo extenso de las distintas actividades de campo dedicadas a estos proyectos en Venezuela e interrumpidas por estancias académicas fuera del país, este geólogo permanecerá sólo 2 años en Francia con respecto a la duración nominal de 5 años de la beca otorgada por el gobierno francés para la realización de los referidos estudios de postgrado. Audemard asume la jefatura del DCT el 15 de julio de 1998, a más de un año de transcurrido el sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997. Anecdóticamente, en ese transitar y a consecuencia de las políticas laborales y salariales públicas imperantes en el país, el plantel profesional del DCT llegará a su mínima expresión en el transcurso de los años 1998 a 1999 con la permanencia de Audemard en el mismo, después de una era dorada que contó hasta una docena de profesionales fijos. Posteriormente, el DCT conocerá un nuevo florecimiento en la primera década del siglo XXI (Fig. 6), para volver a una nueva lamentable contracción como consecuencia de la hiperinflación vivida por la economía nacional a partir de 2017, de la cual el DCT aún no se recupera. En la oportunidad del terremoto de Cariaco y al inicio del año 1998, Audemard dispondrá solamente del apoyo del geógrafo Rogelio González para la ejecución y evaluación de 4 trincheras de exploración paleosísmica excavadas en la ruptura de superficie cosísmica del referido evento sísmico (Audemard, 2011).

Además de constituir una experiencia de campo única para un geólogo estructuralista y sismotectonista, el sismo de Cariaco (Mw 6,9) se convertirá en un detonante para la expansión de nuevas líneas de investigación del DCT y de sus socios científicos nacionales e internacionales. Peculiaridades geológicas de este sismo, evidenciadas y enumeradas por Audemard (2019b, pág.901-905) lo llevarán a visitar 6 institutos franceses a fines de 1999, en misión institucional con miras a ampliar la cooperación internacional con este país en el desarrollo de otras e innovadoras técnicas y líneas de investigación complementarias a las ya desarrolladas en FUNVISIS en el genuino ámbito de la geología de terremotos. Una de aquellas peculiaridades –la del tsunami asociado a ese sismo, aunque muy modesto por su poca altura de olas (de apenas 1 m de alto)-, llevará Audemard a pregonar que desde entonces “...le daría la espalda a tierra para empezar a mirar al mar...”. De dicha misión nacerá una significativa y duradera cooperación simbiótica de casi 20 años de duración, en términos muy cordiales, pero igualmente muy profesionales, con la Universidad de Saboya (Chambery, Francia), con quienes se desarrollará desde el mismo año 2000, distintas líneas de investigación como: a) el estudio de los lagos (particularmente los de origen glaciar en los Andes venezolanos; Fig. 7) como registradores continuos de las deformaciones de paleo-terremotos en el archivo geológico de sus sedimentos de fondo (Carrillo *et al.*, 2009; Beck *et al.*, 2019); b) la ocurrencia de grandes deslizamientos profundos lentos en los Andes de Mérida (Audemard *et al.*, 2010); c) el análisis de la cinemática de los grandes accidentes tectónicos del país, a partir de la instalación y ejecución de campañas



Fig. 6.- Reflorecimiento del DCT para inicios del siglo XXI (fotografía en fecha 07 de marzo de 2012), bajo la jefatura del Ing. José Antonio Rodríguez. De izq. der.: Geól. Maxlimer Vallée*(f), Antrop. Alejandra Leal Guzmán, Ing. Geól. Franck Audemard (jefe DCT 1998-2010; asesor desde 01/01/2020), Téc. Geól. Parrondo, Ing. Geól. José Antonio Rodríguez (jefe DCT 2010-2021; asesor desde 2022), Geom. André Singer (jefe DCT 1979-1997; presidente FVIS 1996-2000; asesor desde 2004), Ing. Geol. Walter Reategui*, Ing. Geól. Luz María Rodríguez Dávila (jefe DCT 2022-presente), Ing. Geól. Andrei Ichaso*, Ing. Geól. Javier Oropeza*. Dib. Marina Peña, Geóg. Victoria Leal*. El asterisco (*) identifica quienes posteriormente formarán parte de la diáspora profesional venezolana. Fotografía cortesía de autor anónimo.

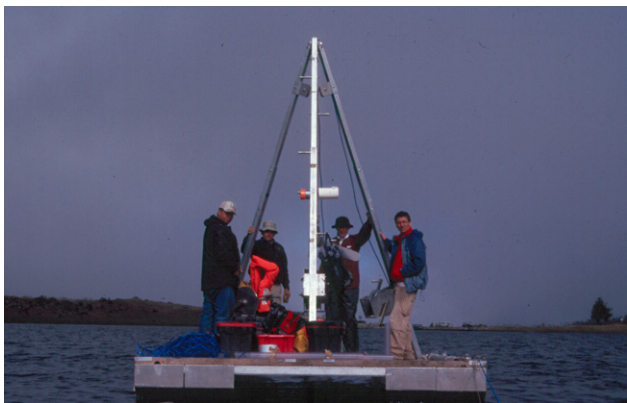


Fig. 7.- Balsa para el tomado de núcleos continuos de 3 m de longitud, perteneciente a la Université de Savoie e importada temporalmente por FUNVISIS a tal fin a fines del 2002, en la laguna periglacial de Mucubají a más de 3500 m de altitud, estado Mérida. El Dr. Christian Beck de la Univ. de Savoie está secundado a su derecha por el tesista Ing. Geol. Eduardo Carrillo (doctorado en 2006; cotutela Beck-Audemard) y por los Ing. Geól. Víctor Cano y Raymi Castilla* ambos, adscritos al DCT-FUNVISIS, a los extremos izquierdo y derecho de la fotografía, respectivamente. Fotografía cortesía de F. Audemard y tomada desde un bote dinghy inflable.

de monitoreo de redes geodésicas, proyecto iniciado en el Oriente venezolano desde el año 2003 (Fig. 8) y expandido al occidente del país desde el 2011 (Audemard *et al.*, 2020) y nunca concluido como consecuencia directa de la hiperinflación sufrida por el país en tiempos pre-pandemia COVID-19, quedando aún pendiente la instalación y seguimiento de la red central, pese a que la misma había sido contemplada entre los objetivos prioritarios del Proyecto FONACIT 2013-000361; d) la datación de depósitos cuaternarios glaciares y fluviales de los Andes de Mérida con la técnica de los nucleidos cosmogénicos (Ángel *et al.*, 2013; Guzmán *et al.*, 2013; Fig. 9); e) la adquisición de sísmica somera de alta resolución marina de las áreas costeras venezolanas en el Caribe, más precisamente en la región central y oriental, con el concurso del *Renard Centre of Marine Geology (RCMG)* de la *Universidad de Gante* en Bélgica (Van Daele *et al.*, 2011; Colón *et al.*, 2021); f) la revisión geológica sistemática de las lagunas costeras activas del oriente venezolano, entre Cabo Codera (estado Miranda) y el Morro de Chacopata en la costa surense de la península de Araya (Audemard, 2019a, 2019b), cuyos primeros resultados promisorios conllevarían a considerar aquellas investigaciones como uno de los objetivos centrales del proyecto FONACIT 2013-000361 previamente citado; y g) la formación en paralelo de recurso humano al nivel de maestría y doctorado, entre 2002 y 2018. Al respecto, se dirigirán 20 tesis de maestría y doctorado, 10 en cada nivel, de las cuales 9 de maestría nacional y 1 extranjera (Colombia) y 7 de doctorado internacional y 3 al nivel nacional. El conjunto de siete tesis de doctorado internacional (Eduardo Carrillo Perera-2006, Oswaldo Guzmán-2013, Carlos Reinoza Gómez-2014, Iliana Aguilar-2016, Isandra Ángel Ceballos-2016, Lea Pousse-Beltrán-2017 y Sirel Colón Useche-2018) se codirigieron con colegas de las universidades de Saboya y Grenoble, hoy agrupadas en

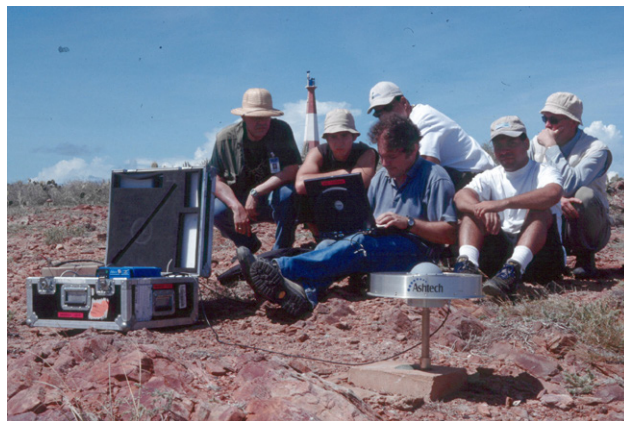


Fig. 8.- Transferencia tecnológica en el manejo de equipos GPS portátiles, entre personal de la Université de Savoie (US) y FUNVISIS, en el marco de la primera campaña de medición de diciembre 2003 de la red de 36 puntos diseminados en el oriente venezolano. En esta cooperación, se sembraron “spits” o bases de centrado forzado, como sobre el cual está instalada una antena GPS tipo choke ring de la empresa Ashtech™ por intermedio de una extensión de bronce (en primer plano), al cual se conecta un GPS Ashtech™ ZXtrem (elemento azul en caja metálica), alimentado por un panel solar (no visible). De izquierda a derecha: Ing. José Antonio Rodríguez, Peter Kantak (pasante alemán de FUNVISIS, responsable de la integración geológica de perforaciones geotécnicas del subsuelo de Caracas, a fines de microzonificación sísmica), Dr. Francois Jouanne (especialista GPS US), Ing. Víctor Cano, Ing. Reinaldo Ollarves* y Dr. Christian Beck (US). Fotografía cortesía de F. Audemard (diciembre de 2003).

la *Universidad Savoie-Mont Blanc (USMB)*. Sólo tres de aquellas tesis (Reinoza, Aguilar y Colón) fueron realizadas por geólogos de FUNVISIS, y lastimosamente dos de ellos ya forman parte de la diáspora profesional venezolana desde 2018. La formación de recursos humanos de cuarto y quinto nivel en otras instituciones venezolanas en el marco de esta cooperación, además de FUNVISIS, no resultó ser casual y tenía el propósito de constituir grupos integrados

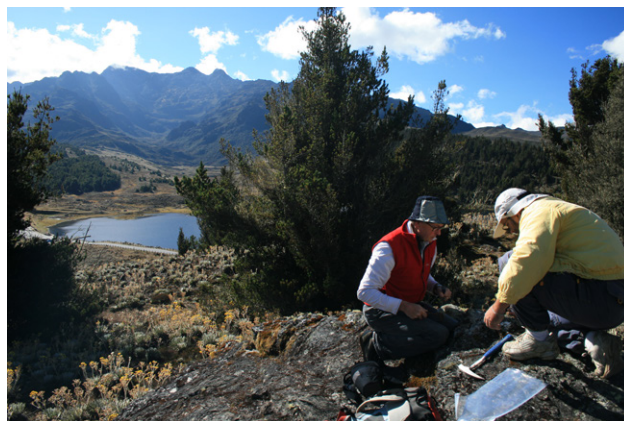


Fig. 9.- Toma de muestras “peliculares” ricas en cuarzo, para su datación por el método de los radio-nucleidos cosmogénicos ^{10}Be , de geoformas glaciares y periglaciares de los Andes de Mérida. Los Drs Beck (US) y Audemard aplican el muestreo en un megabloque ígneo de las morrenas del último interglaciar, que represa la laguna de Mucubají (edo. Mérida). Fotografía cortesía de E. Carrillo (diciembre de 2009).

de profesionales adscritos a varios centros de educación o investigación nacionales (por ejemplo, entre el DCT y el Instituto de Ciencias de la Tierra de la UCV, la Universidad de Los Andes y la Universidad Simón Bolívar), conforme a los objetivos estatutarios de FUNVISIS como organismo facilitador y coordinador de investigaciones sismológicas al nivel nacional, además de permitir optar por recursos de financiamiento del Estado más consecuentes, convocados u ofertados por FONACIT, bajo el formato de proyectos científicos multi-institucionales, como la *Agenda Gestión de Riesgos* abierta en 2001. Aquella fórmula era la modalidad de financiamiento científico implementada entonces por el Estado venezolano, a la que tendrá que acudir y ceñirse FUNVISIS para poder hacer ciencia y completar el presupuesto anual asignado por el Estado para simultáneamente cubrir los gastos de funcionamiento de la organización. Como elocuente ilustración de esta situación, amerita destacarse que los recursos de inversión necesarios para asegurar el mantenimiento regular de la moderna red sismológica satelital venezolana de 35 estaciones adquiridas e instaladas a contar del año 2000, gracias a los montos requeridos por FUNVISIS y otorgados a título de la ejecución de las Leyes Paraguas 1998, 1999 y 2000 y a un aporte semillero obtenido de la filial LAGOVEN de PDVSA a raíz del terremoto de Cariaco, debían correr la misma suerte año tras año. A título ilustrativo de aquella fórmula híbrida, un proyecto perteneciente a la agenda antes mencionada y coordinado por Audemard, logró ampliarse para ejecutar estudios paleosísmicos a lo largo de la falla de Boconó, para paliar las limitaciones financieras señaladas. En efecto, fuera de las 4 trincheras de exploración paleosismológica excavadas en dicha falla maestra hasta el año 2001 en los sitios de La Grita (1986), Mis Delirios (1987) en el Táchira, Buena Vista (1987) al sur de Barquisimeto y Morro de los Hoyos (1999) en los Andes de Mérida, se llegó a excavar 7 trincheras adicionales (Audemard, 2014). Amerita destacarse que la trinchera paleosísmica de Morro de Los Hoyos fue excavada gracias a fondos provenientes de la Comunidad Europea, como parte de un Curso práctico dirigido a la comunidad profesional regional a través del Proyecto PILOTO, *South American Workshop on Paleoseismology –SAWOP 97-*, dictado por instructores nacionales, latinoamericanos e internacionales (Audemard *et al.*, 1999; Fig. 10). Así mismo, ese proyecto de la *Agenda Gestión de Riesgos* del FONACIT se convertiría en la “caja chica” inicial para apuntalar nuevamente la cooperación científica franco-venezolana, previamente a contar con los recursos de 2 proyectos FONACIT-ECOS Nord (PI-2003000090 entre 2004 y 2007 y PI-2009000818 entre 2010 y 2013), que oportunamente reforzaron aquella cooperación, particularmente en lo referente a la formación de recursos humanos en Francia.

En paralelo con las investigaciones realizadas a nivel nacional, el “*savoir faire*” del DCT en los aspectos de la tectónica activa y de la paleosismología, más comúnmente agrupados bajo el término “*geología de terremotos*”, es tempranamente exportado a Colombia para asesorar a un colega del IGAC, en procura del diagnóstico de la actividad neotectónica a lo largo del frente inverso pedemon-



Fig. 10.- Excavación paleosísmica de Morro de Los Hoyos, a través de la traza activa norte de la falla de Boconó, en el páramo de Mucubají (edo. Mérida), estudiada durante el SAWOP en marzo de 1997, en el marco del proyecto PILOTO de la UE. A solicitud de los propietarios del terreno, la excavación fue reutilizada como aljibe. Audemard, en el marco del Curso “*Geodinámica y Neotectónica. Andes de Mérida*” de 2008, impartido a estudiantes y profesores de la Universidad de Los Andes –ULA-, muestra a los estudiantes las deformaciones introducidas por la falla de Boconó, la cual es muy visible en el contraste de colores de los sedimentos expuestos en la pared, a la vertical de un pequeño contra-escarpe asociado a un lomo de obturación presente en topografía. Fotografía cortesía de autor desconocido (mayo de 2008).

tano llanero de la Cordillera Oriental de Colombia, entre las poblaciones de Villavicencio y Yopal. La ocurrencia del sismo destructor de Armenia el 25 de enero de 1999, abrirá las puertas de la cooperación internacional del DCT con el hermano país vecino de manera amplia. Se excavará entonces una trinchera en la falla de Armenia, en el Departamento del Quindío en 2001 a raíz del dictado de una primera versión del curso de *Neotectónica y Paleosismología* ofrecido en el 2000, pero cuyos resultados nunca vieron la luz pública. En cambio, el estudio paleosismológico ejecutado en el año 2002 en Los Gomos sobre la falla de Ibagué con los colegas del INGEOMINAS (actual *Servicio Geológico Colombiano*) y en plan de adiestramiento práctico en paleosismología de trinchera de aquellos geólogos, será divulgado por medio de una *Publicación Geológica Especial* del otrora INGEOMINAS, siendo aún la misma una referencia latinoamericana en la especialidad (Osorio *et al.*, 2008). Es entonces, cuando la geóloga colombiana Myriam Carlota López-Cardona se convierte en la primera estudiante de maestría de Audemard en un tema de tectónica activa concerniente al valle del Cauca, cerca de la ciudad de Cali, y cuya tesis es defendida ante la Universidad EAFIT de Medellín en el año 2006. Aquella actividad de cooperación de Audemard en Colombia, lo llevará a ser conferencista invitado en una media docena de oportunidades entre 2010 y 2020 en torno a la *Gestión de Riesgos en el Piedemonte Llanero*, evento tecno-científico con tendencia a periodicidad bienal, así como instructor de cursos en varias ocasiones y para diversas universidades (Universidad de Colombia, EAFIT, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, entre otras). Estos vínculos de

cooperación se estrecharán aún más con la implementación de estudios de GPS, gracias a los cuales Audemard aportará su concurso a los colegas del proyecto *GeoRED* (“Implementación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos”) del *Servicio Geológico Colombiano (SGC)* gracias a su participación entre 2011 y 2016, en el proyecto *COCOnet (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network)* liderado por UNAVCO y financiado por la *National Science Foundation (NSF)* de Estados Unidos. Mediante ese proyecto, Venezuela recibirá en comodato a través de FUNVISIS, seis estaciones GPS permanentes (2 en tierra firme y 4 instaladas por personal entrenado de FUNVISIS en territorio insular en la isla de Aves, Margarita (Cerro Copey), La Blanquilla, y Los Roques), como parte de la red de 57 nuevas estaciones diseminadas por el Consorcio UNAVCO en el Caribe. La tradicional relación de cooperación fronteriza establecida tempranamente entre FUNVISIS y los colegas colombianos de la ingeniería y de la geología en referencia a la región limítrofe del Norte Santander y del Táchira, en particular en torno a la unificación de las normas sísmicas en ambos lados de la frontera y a la evaluación de la trayectoria de las fallas sismogénicas transfronterizas más importantes de esta común comarca tectónica, será la justificación para la colega del DCT Luz María Rodríguez Dávila para dedicar el cuerpo central de su tesis de Doctorado defendida ante la *Universidad Central de Venezuela* (Rodríguez Dávila, 2017) a investigar la prolongación colombiana de las fallas de Boconó y de Aguas Calientes, en su condición de potenciales fallas-fuente del terremoto destructor de Cúcuta por medio de reconocimientos geológicos de campo, así como por medio de dos trincheras paleosismológicas excavadas junto con colegas del proyecto *GeoRED* del *Servicio Geológico Colombiano (SGC)* en cercanías a la ciudad de Cúcuta en dos de los ramales de la falla de Aguas Calientes (trincheras de La Casona y El Resumen; Rodríguez *et al.*, 2017a). En el lado venezolano de la frontera, se complementará con 2 trincheras de exploración paleosísmica en el tramo venezolano del segmento transfronterizo COLVEN de la falla de Boconó (trincheras El Paraizo y el Zumbador; Rodríguez *et al.*, 2017a). El DCT exportará también su pericia hacia América Central con la asesoría docente en Costa Rica del prestigioso curso itinerante auspiciado por la *Universidad de Ginebra* en 2001, conocido bajo el acrónimo *CERG (Certificat d'Études en Risques Géologiques)*. De aquella iniciativa de cooperación con el referido curso, se beneficiarán como futuros becados una media docena de geólogos del DCT, así como profesionales de otros departamentos de FUNVISIS. A raíz del sismo de Arequipa, Perú, de junio de 2001 ocurrido unos días antes de este curso, el DCT será conducido a evaluar los efectos geológicos de dicho sismo en la región costera del centro y sur del Perú entre Lima y Tacna (Gómez *et al.*, 2002; Audemard *et al.*, 2005).

La dimensión internacional alcanzada por FUNVISIS en paleosismología, será reconocida de manera pública en el *XIV Congreso INQUA* de Berlín en 1995, cuando Audemard pasa a integrar la coordinación junto con el Dr. Ales-

sandro Michetti, de la *Universidad de la Insubria* (Como, Italia), de la recién creada *Subcomisión de Paleosismología en el seno de la Comisión de Neotectónica del INQUA (International Union for Quaternary Research)*. Ese grupo de trabajo es ascendido a Comisión apenas 4 años más tarde en el año 1999 en el *XV Congreso* de Durban, previamente a cesar sus funciones en 2003 en el *XVI Congreso* de Reno (Nevada) por mandato re-organizacional del *Comité Ejecutivo del INQUA* liderado por el renombrado Sir Dr. Nick Shackleton. Sin embargo, aquella preocupación sigue vigente en el seno del INQUA hoy en día a cargo de un grupo de trabajo muy activo dentro de la Comisión *Procesos Terrestres*. Las credenciales de FUNVISIS tanto en las especialidades del Cuaternario y de la Geomorfología como en las de la Neotectónica y de la Paleosismología, tendrán una de sus mayores expresiones y reconocimiento oficial con el nombramiento de Audemard en la Vice-Presidencia de la *IAG (International Association for Geomorphology)* para el periodo 2005-2009 y en la del *INQUA* en dos periodos consecutivos (2011-2015 y 2015-2019).

Después de la acogida recibida por el curso sobre *Neotectónica y Paleosismología* dispensado en 2000 y 2001 en Colombia, una nueva edición del mismo será ofrecida por Audemard a solicitud de las universidades argentinas de Buenos Aires (UBA) y San Juan (UNSJ) a fines de 2007; y nuevamente en la UNSJ bajo la denominación “Geología de terremotos” en 2016. De aquella cooperación académica surgirá un mutuo interés en torno a la evaluación geológica de los frentes activos de deformación cuaternaria de la Pre-cordillera Oriental de Argentina entre Mendoza y San Juan. Este tema de investigación logra concretarse gracias a dos financiamientos semillero del *Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)* en 2010 y 2018 (proyectos IPGH GEOF 03-2010 y 02-2018). La cooperación científica con los colegas de la *Universidad de San Juan* liderados por la Dra. Laura Perucca, sigue vigente actualmente, y ha dado lugar a varias publicaciones científicas (e.g., Perucca *et al.*, 2013; Audemard *et al.*, 2016; Tejada *et al.*, 2021), en particular gracias a la asesoría en trabajos de campo de jóvenes tesis doctorales argentinos. Toda esta actividad internacional se hará sin menoscabar la formación al nivel nacional, como lo evidencia la realización del Curso de “Neotectónica y Paleosismología”, impartido por los Drs. Hans Diederix (jubilado del ITC y asesor del SGC), André Singer y Franck Audemard, en las instalaciones de FUNVISIS en 2007 (Fig. 11), así como el dictado de reiterados cursos en universidades nacionales (*Universidad de Los Andes –ULA-* y *Universidad de Oriente –UDO-*) a lo largo de los años.

En el año 2016, FUNVISIS es invitado a participar en el proyecto *GARANTI (Geodynamical conditions for Aves Ridge and the lesser ANTILLES arc splitting; Condiciones geodinámicas para la separación del Alto de Aves y el arco de las Antillas Menores)*, liderado por los Dr. Jean-Frédéric Lebrun (Profesor de la *Universidad de las Antillas*) y Serge Lallemand (Director de Investigación del CNRS, *Universidad de Montpellier*), ambos miembros del *Laboratorio de Géosciences Montpellier*, al aprovecharse los nexos académicos conservados por Audemard con aquella univer-



Fig. 11.- Instructores del curso internacional impartido en las instalaciones de FUNVISIS en marzo de 2007, titulado “Neotectónica: Análisis morfoestructural del terreno para estudios de la tectónica reciente”, flanqueando al presidente (2004-2008) de FUNVISIS, Dr. Gustavo Malavé Bucce, y la colega estudiante Ing. Geól. Luz María Rodríguez: Drs André Singer, Hans Diederix (jubilado ITC-Paises Bajos; asesor INGEOMINAS/actual SGC) y Franck Audemard, de izquierda a derecha. Fotografía cortesía de la Oficina de Prensa de FUNVISIS (marzo de 2007).

sidad desde sus estudios de doctorado en la misma. El objetivo central de este proyecto, era la adquisición de sísmica marina multi-trazas del fondo oceánico de la región oriental de la placa Caribe, desde el Alto de Aves al oeste hasta el arco de las Antillas menores al este, así como la recolección de muestras geológicas de rocas del fondo oceánico (Fig. 12). La incorporación de Venezuela al proyecto se debía al hecho que el Alto de Aves es parte de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del país, por lo cual era necesaria la autorización del Gobierno venezolano para proceder a su realización por surcar aguas territoriales venezolanas. Sin embargo, la misma fue negada por las autoridades militares venezolanas por razones estratégicas de soberanía del país sobre su espacio marítimo y la exploración de los recursos de su subsuelo. Al respecto, es oportuno recordar que, después de gestiones oficiales realizadas por FUNVISIS durante cerca de una dé-



Fig. 12.- Reunión de trabajo del staff científico a bordo del B/O Atalante, del IFREMER y de bandera francesa, en la sala científica, liderada por los PIs Drs. Jean-Frédéric Lebrun y Serge Lallemand, ambos de *Geosciences Montpellier*. Fotografía cortesía de Leo Pierre, comunicador social de la misión (mayo de 2017).

cada, el *Ministerio de la Defensa* de Venezuela dio su visto bueno en 1992 para el desarrollo de un estudio de factibilidad destinado a la instalación de una estación sísmológica en la Isla de Aves en cooperación con el *Observatorio Vulcanológico y Sísmológico de La Guadalupe (OVSG; French West Indies –FWI-)* (Feuillard, 1985), para mejorar el conocimiento instrumental de la actividad sísmica en la parte oriental de la placa Caribe y como contribución al *Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN; 1990-1999)*.

En prolongación científica natural del proyecto GARANTI, el DCT pasó igualmente a formar parte del Proyecto ANR (*Agence Nationale pour la Recherche* de Francia) GAARanti (acrónimo de *Pont terrestre «GAARlandia’ vs voies de dispersion à travers les Petites Antilles –Couplage entre dynamique de la subduction et processus d’évolution des espèces dans le domaine des Caraïbes-*), liderado por el Dr. Philippe Münch, también del Laboratorio *Geosciences Montpellier*. La referida participación en este par de proyectos costa afuera e insular en el Caribe, se refleja en una coautoría de al menos siete publicaciones internacionales. Al respecto, la cooperación con Francia desde el año 2000 se traducirá por unas 42 publicaciones arbitradas en las seis líneas temáticas o investigativas antes mencionadas, de las cuales sólo 7 en revistas indexadas nacionales. Últimamente, esta cooperación ha llevado a iniciar un registro sistemático de los tsunamis que afectaron las costas de las islas caribeñas francesas de ultramar, comenzando por la isla de Martinica en 2022, en el marco del proyecto francés INTERREG Caraïbes *PREST (Plateforme Régionale de Surveillance Tellurique)*. Dicha actividad se está realizando en el marco de un posdoctorado de la colega del DCT, Dra. Sirel Colón Useche, domiciliado en el Laboratorio *Géosciences et Environnement de Toulouse (GET)*, y conduce a inventariar la existencia y evaluar la extensión regional hasta impactar las costas venezolanas, de potenciales eventos sísmicos tsunamigénicos (Fig. 13). Un primer artículo ha sido publicado recientemente sobre el modelaje numérico de los sismos históricos tsunamigénicos más importantes y relacionados con la subducción de las Antillas menores en las costas martiniqueñas (Colón *et al.*, 2022).



Fig. 13.- Toma de testigo para la identificación y caracterización de (paleo-) tsunamis en las costas de la isla francesa de Martinica, en proximidad del Estadio de entrenamiento La Gauloise Rugby, al SE de La Trinité, en marzo de 2022, en el marco del post-doctorado en el GET de Tolosa de la colega Ing. Geól. Sirel Colón Useche. Fotografía cortesía de F. Audemard.

Por otra parte, el DCT ha aportado su contribución al Dpto. de Sismología, y luego al de Geofísica de más reciente creación, para generar los insumos geológicos indispensables para la realización de estudios de microzonificación sísmica de las principales ciudades del país, además de continuar profundizando la cartografía neotectónica del territorio nacional iniciada en 1979 y la caracterización sismogénica de las fallas activas del país por medio de la evaluación de la actividad paleosísmica de aquellas y de sus efectos geológicos, así como gracias a la instalación y monitoreo desde 2003 de redes geodésicas satelitales (GPS diferencial). Dicha colaboración interdepartamental ha comenzado por Caracas, por resultar aquella capital huérfana hasta hace unos 15 años atrás, de perforaciones alcanzando el basamento geológico en los depocentros aluviales más profundos y sísmicamente vulnerables de Los Palos Grandes y San Bernardino, pese a las recomendaciones hechas por FUNVISIS a raíz del terremoto de 1967 sobre la trascendencia de dicha información para la microzonificación sísmica de la ciudad (FUNVISIS, 1974; Singer, 2015a). En efecto, y con base en la experiencia ingenieril obtenida del terremoto de Caracas como uno de los primeros eventos de referencia mundial concernientes a la amplificación peligrosa del nivel de intensidad sísmica asociado con la profundización local del suelo, el DCT ha invertido esfuerzos significativos en torno a la importancia de la geología urbana dentro del perímetro de las ciudades del país, en particular por las carencias de cartografía geológica convencional en el asiento de las mayores concentraciones de población, como las de particular exposición ante la amenaza de terremotos (Singer, 2015b). Al respecto, la evaluación de las correspondientes fuentes y niveles de amenaza sísmica tanto regional como local en torno a aquellos polos urbanos de riesgo, ha sido el genuino objeto de las preocupaciones del DCT desde sus inicios en beneficio del conocimiento de los parámetros sismogénicos requeridos para la caracterización de la actividad de las fallas activas en toda la extensión del país sísmico, donde se ubica la mayoría de las capitales regionales, además de la capital nacional (e.g., Audemard *et al.*, 2000a; Figs. 1 y 2). En relación con la evaluación de fuentes sísmicas, de particular interés ha sido la dedicación del DCT en torno a la evaluación temprana de depresiones tectónicas de origen geológico reciente sometidas a crecientes presiones de urbanismo, por medio de varias tesis de grado asesoradas en la UCV (Barlovento por Espinola y Ollarves, 2002 y Hernández y Rojas, 2002; Quibor-Tocuyo-Yay por Álvarez, 2006; Monay por Montenegro y Ojeda, 2008) y ULA también (La González por Santiago y Santos, 2008 y Muñoz y Ruiz, 2008; Tocuyo por Colón, 2009), después de la tesis pionera sobre la neotectónica de la cuenca del Tuy medio (Cúa-Charallave; Audemard, 1984) y hasta la tesis más reciente sobre la cuenca de Santa-Inés-Moroturo (Alarcón, 2014; Alarcón *et al.*, 2015). Entre esas depresiones tectónicas, el valle de Caracas ha constituido una prioridad para el DCT en materia de microzonificación sísmica desde la década del 90 en cooperación con el CETE-Méditerranée de Niza-LCPC-Université de Grenoble en Francia (Duval *et al.*, 1998, 2001), así como bajo la coordinación del Departamento de Geofísica (FUNVISIS) en cooperación con universidades del Japón,

y luego en prolongación de los estudios de multi-amenazas y en particular de diversos escenarios de desastres cosísmicos planteados en Caracas por la Columbia University Graduate School of Architecture, Planning & Preservation-Lamont-Doherty Earth Observatory (2001) y por JICA (2005) en asociación con contrapartes nacionales como la de FUNVISIS (Schmitz *et al.*, 2000; 2008; 2020; Kantak *et al.*, 2005; Oropeza y Zambrano, 2007; Singer *et al.*, 2007; Oropeza y Singer, 2011; Goyo y Grillet, 2014; Osorio, 2014) y en la antenna capitalina de Guarenas-Guatire (Miró y Viete, 2009). Tal preocupación es dirigida también hacia capitales regionales como las de Barquisimeto-Cabudare (Rodríguez, 2008), Cumaná (Olivier, 2009), Mérida gracias al apoyo de tesis de grados de la ULA, así como las conurbaciones de Valencia-Maracay y de Barcelona-Puerto La Cruz, aprovechando el valioso acervo de información proporcionado por los colegas agrónomos del ex-MOP recabada desde la década del 70 sobre la cartografía de los suelos aluviales de aquellas planicies fluvio-lacustres y fluvio-marinas cuaternarias. De la misma manera que en otros temas de investigaciones trillados por el DCT, la experiencia obtenida a nivel nacional sobre el tema geológico de la microzonificación sísmica desembocará en una misión de asesoría contratada por iniciativa del colega Michael Schmitz, Jefe del Departamento de Geofísica, a través de la *Escuela Politécnica Nacional (EPN)* de Quito, con motivo de los trabajos de campo en geología de fallas activas y geología urbana requeridos para la microzonificación sísmica de la ciudad ecuatoriana de Portoviejo a raíz del terremoto destructor de abril 2016, que sacude severamente las edificaciones y los suelos geotécnicamente muy conflictivos de la paleo-ría fluvio-marina de origen reciente, donde se encuentra asentada aquella capital regional de la provincia de Manabí (Singer *et al.*, 2017; Schmitz *et al.*, 2019).

Conclusiones

Al cabo de este recorrido retrospectivo por la trayectoria trillada por el DCT en aquel primero medio centenar de años de su existencia, amerita extraerse unas enseñanzas útiles a futuro de aquella dilatada experiencia profesional, ilustrada últimamente en un Atlas Sismológico de Venezuela (1972-2022) en preparación en FUNVISIS bajo la coordinación de Luz María Rodríguez como actual cabeza del DCT. Al respecto, y en primer lugar, se debe insistir en las bondades de las actividades de servicio profesional prestadas en proyectos de investigación contratados para la generación de bases de información científica relevantes, a través de oportunidades de trabajo y financiamiento como las evocadas. En efecto, tales facilidades permitieron la excavación de varias decenas de trincheras de exploración paleosísmica con maquinaria pesada contratada, la datación geocronológica de numerosas muestras de suelo enviadas a laboratorios del extranjero a tal efecto, y de efectuar reconocimientos geológicos por helicóptero de fallas activas en zonas remotas o de difícil acceso del país, además de constituir aquellos insumos la materia prima de varias tesis de doctorado de integrantes del DCT en las especialidades correspondientes al estado del arte de la geología de terremotos. Desde el inicio de sus acti-

vidades en 1980, el DCT tuvo acceso a dichas posibilidades de investigación por interés de los sectores más dinámicos de la economía venezolana, como la industria petrolera en procura de asegurar la integridad de sus instalaciones ante la amenaza sísmica, y por exigencia de las compañías internacionales de reaseguro. La segunda enseñanza, se refiere a las bondades de la concepción integrada de la estructura técnica y científica de FUNVISIS, la cual por cierto se anticipa al modelo preconizado por la UNESCO en 1976 para los países en vía de desarrollo con respecto a la prevención y mitigación del riesgo sísmico, al asegurar FUNVISIS la unión bajo un mismo techo de la ciencia y de la ingeniería en función de su genuina misión preventiva, concerniente a la preservación de las vidas y bienes ante los embates telúricos de la naturaleza. Aquella visión a futuro acertada de los ingenieros del país, que tuvieron la responsabilidad de diseñar la estructura funcional de FUNVISIS con un estatuto legal oportuno de “fundación” a raíz del terremoto de Caracas en 1967, ha potenciado la capacidad de servicio del DCT en proyectos de investigación contratados de amenaza y riesgo sísmico; dominio complejo exigiendo la integración de una pluralidad de pericias básicas en particular en geología y geomorfología estructural aplicadas a la neotectónica, en geología y geomorfología de fallas activas, en paleosismología y sismología histórica, en geodesia satelital y en sismo-geotecnia. En consecuencia, resulta imprescindible para el Estado venezolano, más allá del mantenimiento de la mera función rutinaria de observatorio sísmológico que era la del Observatorio Cagigal cuando el sorpresivo impacto destructor del terremoto de 1967 y antes de ser transferida aquella función a FUNVISIS, de preservar la dimensión plural de la capacidad de servicio de la institución y la correspondiente retroalimentación de la experiencia de nivel internacional acrisolada en actividades de proyecto por sus profesionales de mayor proyección, en aras de la formación continua de generaciones de relevo conforme a una de las metas estatutarias de FUNVISIS, exigencia que supo asegurar el DCT durante su derrotero por medio de aquella fórmula dinámica de trabajo en beneficio de la construcción sostenible del país.

Agradecimientos y financiación

Queremos sinceramente agradecer a la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) por permitirnos expresar los conceptos aquí plasmados, así como acogernos en su seno, donde todos los autores desarrollamos una parte muy importante de nuestras carreras profesionales por al menos 2 décadas. Esperamos que haya sido una relación simbiótica muy provechosa a lo largo de varias décadas. En el caso particular de FAM, agradezco la libertad de pensamiento y acción disfrutada por más de 35 años para desarrollar, inventar e innovar en el estudio por vía geológica de las fallas sísmo-generadoras; por facilitarnos hacer patria, así como salvar vidas humanas y bienes. De igual manera, deseamos precisar que la presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin fines de lucro. Queremos expresar nuestro agradecimiento a dos ávidos lectores y revisores, los Drs. Isabel

Rábano y Héctor Mora Páez (jubilado del SGC, con quien cooperamos ampliamente por 3 décadas, y actualmente consultor independiente), así como de la Editora, Dra. Nieves López-González, cuyos comentarios y observaciones ayudaron a pulir esta contribución.

Contribución de autores/as

Idea original, J.A.R. y A.S.; concepción y estructuración de la publicación, A.S.; coordinación, F.A.M.; redacción del manuscrito, A.S. y F.A.M.; figuras, F.A.M.; revisión del manuscrito, F.A.M., J.A.R. y L.M.R.

Referencias

- Alarcón, E., 2014. Neotectónica de la cuenca Santa Inés-Moroturo, estado Lara. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 195 p. <http://hdl.handle.net/10872/14318>
- Alarcón, E., Audemard, F.A., Singer, A., 2015. Evidencias geomorfológicas de deformación neotectónica en la Depresión de Santa Inés, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 30 (4): 25-34.
- Altez, R., Rodríguez J.A., 2009. Catálogo Sísmológico Venezolano del Siglo XX, documentado e ilustrado, 2 tomos; Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, 822 p.
- Álvarez, M., 2006. Estudio Neotectónico de las cuencas El Tucuyo, Quibor y Yay, estado Lara. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 225 p. <http://hdl.handle.net/10872/14781>
- Ángel, I., Carrillo, E., Carcaillet, J., Audemard, F.A., Beck, C., 2013. Geocronología con el isótopo cosmogénico ¹⁰Be, aplicación para el estudio de la dinámica glacial cuaternaria en la región central de los Andes de Mérida. *GEOS*, 44: 73-82.
- Arcia, J., Malaver, A., Ruiz, A., Alonso, J.L., 1974. Estudio de intensidad del temblor de Carúpano del 12 de junio de 1974. 1er Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, 1 al 5-10-1974.
- Audemard, F.A., 1984. Evaluación Geológica de la Cuenca del Tuy para fines de Investigaciones Neotectónicas. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela. 2 vol., 226 p + anexos.
- Audemard, F.A., 1998. Contribuciones de la paleosismología a la sísmicidad histórica. Los terremotos de 1610 y 1894 en los Andes venezolanos meridionales. *Revista Geográfica Venezolana*, Mérida, 39 (1 y 2): 87-105.
- Audemard, F.A., 1994. Asesoría técnica en neotectónica para la tesis doctoral del Geog. Kim Robertson del IGAC-Santafé de Bogotá: informe de actividades. FUNVISIS, 8 p.
- Audemard, F.A., 2000. Aludes torrenciales en los sistemas montañosos de Venezuela: ¿Imprevisibles? X Congreso Venezolano de Geofísica, Caracas, Venezuela (Formato CD-Rom). También en *GEOS* 35 (versión electrónica).
- Audemard, F.A., 2003. Geomorphic and geologic evidence of ongoing uplift and deformation in the Mérida Andes, Venezuela. *Quaternary International*, 101-102C: 43-65. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(02\)00128-3](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(02)00128-3)
- Audemard, F.A., 2006. Surface rupture of the Cariaco July 09, 1997 earthquake on the Pilar fault, northeastern Venezuela; *Tectonophysics*, 424: 19-39. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.04.018>
- Audemard, F.A., 2007. Revised seismic history of El Pilar Fault, Northeastern Venezuela, from the Cariaco 1997 Earthquake

- and recent preliminary paleoseismic results. *Journal of Seismology*, 11(3): 311-326.
<https://doi.org/10.1007/s10950-007-9054-2>
- Audemard, F.A., 2011. Multiple trench investigation across the newly ruptured segment of the El Pilar fault in northeastern Venezuela, after the Cariaco 1997 earthquake. En: Audemard, F.A., Michetti, A.M., McCalpin, J. (Eds.): *Geological criteria for evaluating seismicity revisited: 40 years of paleoseismic investigations and the natural record of past earthquakes*, GSA Special papers N° 479, Boulder. 133-157.
[https://doi.org/10.1130/2011.2479\(06\)](https://doi.org/10.1130/2011.2479(06))
- Audemard, F.A., 2014. Segmentación sismogénica de la falla de Boconó a partir de investigaciones paleosísmicas por trincheras, Venezuela occidental: ¿Migración de la ruptura hacia el noreste en tiempos históricos? *Revista Asociación Geológica Argentina*, 71(2): 247-259.
<https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/424>
- Audemard, F.A., 2015. Active block tectonics in and around the Caribbean: a review. En: Schmitz, M., Audemard, F.A., Urbani, F. (Eds.): *El límite noreste de la Placa Suramericana. Estructuras litosféricas de la superficie al manto*; Universidad Central de Venezuela y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Editorial Innovación Tecnológica, Caracas, 377: 29-77.
- Audemard, F.A., 2019a. Cinco décadas de búsqueda de la huella geológica de los sismos pre-históricos en Venezuela: una actualización. *Revista Facultad Ingeniería, UCV*, 34 (1):
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/19295
- Audemard, F.A., 2019b. Investigaciones Marinas y Costeras Desarrolladas por Funvisis a fin de Mejorar la Estimación de la Amenaza por Sismos y Tsunamis; *Boletín de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat*, Caracas, Venezuela, 42: 893-930.
- Audemard, F.A., De Santis, F., 1991. Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. *Bulletin IAEG/AIGI*, 44: 5-16. <https://doi.org/10.1007/BF02602705>
- Audemard, F.A., Leal, A., 2017. Reliability of first-hand accounts on the study of historical tsunamis in northeastern Venezuela (southeastern Caribbean Sea). *Annals of Geophysics*, 60 (6).
<https://doi.org/10.4401/ag-7437>
- Audemard, F.A., Robertson, K., 1996. Quaternary Tectonic Activity of the Llanos Foothills Thrust System, Eastern Cordillera of Colombia: Geomorphological and Geological evidences from La Florida Anticline, Between the Upiá and Cusiana Rivers. 3rd International Symposium on Andean Geodynamics, Saint-Malo, France, 137-140 (Extended Abstract).
- Audemard, F.A., Singer, A., 1996. Active fault recognition in northwestern Venezuela and its seismogenic characterization: neotectonic and paleoseismic approach. *Geofísica Internacional*, 35(3): 245-255.
<https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1996.35.3.460>
- Audemard, F.A., Singer, A., 2002. El alud torrencial del 6-09-1987 en la cuenca del río Limón al norte de Maracay septentrional. En: Lugo, J. Inbar, M. (Eds.) *Desastres en América Latina*, Fondo de Cultura Económica, México, 409-412.
- Audemard, F.A., Beck, C., Carrillo, E., 2010. Deep-seated gravitational slope deformations along the active Boconó fault in the central portion of the Mérida Andes, western Venezuela. *Geomorphology*, 124: 164-177.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.04.020>
- Audemard, F.A., Gómez, J.C., Tavera, H., Orihuela, N., 2005. Soil liquefaction during the Arequipa Mw 8.4 June 23 2001 earthquake, southern Peru. *Engineering Geology*, 78: 237-255. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.12.007>
- Audemard, F.A., Rodríguez, J.A., Singer, A., Stockhausen, H., 2000b. Evaluación cartográfica preliminar de las inestabilidades de ladera en la vertiente sur del Ávila, ocasionadas por las lluvias anómalas de diciembre de 1999. Informe Inédito de FUNVISIS para Ministerio de Ciencia y Tecnología. 5 p.
- Audemard, F.A., De Santis, F., Montes, L., Lugo, M., Singer, A., 1989. El alud torrencial del 06-09-1987 en el Río Limón, Estado Aragua, Venezuela; *Memorias 50° Aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica 1938-1988*, UCV-GEOS, Caracas, 29: 250-260.
- Audemard, F.A., Machette, M., Cox, J., Hart, R., Haller, K. (Comp.), 2000a. Map and database of Quaternary faults in Venezuela and its offshore regions. Open-File Reports, OFR-00-0018, US Geological Survey, Reston, VA, United States.
<https://doi.org/10.3133/ofr0018>
- Audemard, F.A., Reinoza, C., López, R., Feaux, K., Jouanne, F., 2020. Instalación de estaciones geodésicas de monitoreo continuo para fines geocientíficos en el margen Caribe sureste. *Boletín de Geología*, 42(2).
<https://doi.org/10.18273/revbol.v42n2-2020001>
- Audemard, F.A., Perucca, L.P., Pantano, A., Avila, C., Onorato, M.R., Vargas, H. N., Alvarado, P., Viete, H., 2016. Holocene compression in the Acequión valley (Andes Precordillera, San Juan Province, Argentina): Geomorphic, tectonic, and paleoseismic evidence. *J. South American Earth Sciences* 67: 140-157. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.02.005>
- Audemard, F.A., Pantosti, D., Machette, M., Costa, C., Okumura, K., Cowan, H., Diederix, H., Ferrer, C., SAWOP Participants, 1999. Trench investigation along the Merida section of the Boconó fault (central Venezuelan Andes), Venezuela. En : Pavlides, S., Pantosti, D., Peizhen, Z. (Eds.): *Earthquakes, Paleoseismology and Active Tectonics. Selected papers to 29th General Assembly of the Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)*, Thessaloniki, Greece, agosto 1997. *Tectonophysics*, 308: 1-21.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00085-2)
- Basabe, P., Neumann, H., Singer, A., 2001. Proyecto PREVENE. Aporte a la prevención de desastres naturales en Venezuela; *Cooperación Venezuela-Suiza y PNUD 2000-2001*, Caracas, 239 p.
- Beck, C., Carrillo, E., Audemard, F.A., Van Welden, A., Disnar, J.-R., 2019. Tentative integration of paleoseismic data from lake sediments and from nearby trenches: The central section of the Boconó Fault (northern Venezuela). *Journal of South American Earth Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.028>
- Beltrán, C. (Comp.), 1993. Mapa neotectónico de Venezuela en escala 1:2.000.000. *Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)*.
- Carrillo, E., Beck, C., Audemard, F.A., 2009. La paleosismología lacustre: Una nueva herramienta en la evaluación del peligro sísmico en Venezuela. *Boletín de la Academia de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 64(1): 9-20.
- Casas Sainz, A., 1991. Estudio sismotectónico del valle del Yaracuy. Informe FUNVISIS y Cooperación del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno español por intermedio de la Universidad de Zaragoza, 120 p + un mapa anexo 1:100.000.
- Colón, S., 2009. Estudio Geológico integrado de la cuenca de El Tocuyo - Estado Lara, con fines de microzonificación sísmica. Trabajo especial de grado, Universidad de Los Andes, Mérida, 155 p.
- Colón-Useche, S., Audemard M., F.A., Christian Beck, C., Padrón, C., De Batist, M., 2021. Margen norte costa afuera de Venezuela: sísmica marina de alta resolución entre Golfo Triste y Cabo Codera. En: Perucca, L. Audemard M., F.A. (Eds.), *De la falla activa a la amenaza sísmica en América*

- latina y el Caribe, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73 (2), A060121.
<https://doi.org/10.18268/BSGM2021v73n2a060121>
- Colón, S., Clouard, V., Ioualalen, M., Audemard, F. A. Monfret, T., 2022. Mapping of the tsunami inundation in the island of La Martinique due to the local seismicity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 113, 252-267.
<https://doi.org/10.1785/0120220093>
- Columbia University Graduate School of Architecture, Planning and Preservation-Lamont-Doherty Earth Observatory, 2001. *Disaster Resistant Caracas*. Urban Planning Studio 2001, 126 p.
- Dasco, A., Rodríguez, L.M., Singer, A., Quintero, B., 2013. El caso Cubiro: una experiencia de gestión de riesgo compartida en una población del interior de Venezuela afectada por deslizamientos de tierra. 4to Coloquio Meso-Americano en Gestión de Riesgo, Desastres y Cambio climático, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 8 p.
- Dewey, J.W., 1986. Report of trip to Caracas, Venezuela, to evaluate the significance of recent moderate earthquakes at various locations to northern Venezuela, submitted to Dave Russ, Office of Earthquakes, Volcanoes and Engineering, US Geological Survey.
- De Santis, F. (Coord.), Rodríguez, J.A., Chacín, C., Adrianza, A., 1992. Resultados del programa de control instrumental preventivo de movimientos del terreno en la Urbanización Nueva Tacagua (noviembre 1990 a septiembre 1992). Informe FUNVISIS, Dpto. Ciencias de la tierra, Caracas, 129 p + anexos.
- De Santis, F., Sève, G., Pouget, P., Singer, A., Durville, J.-L., 1993. Suivi instrumental rustique des glissements de terrain dans les zones marginales de Caracas: le cas de Nueva Tacagua; PANGEA, Centre International pour la Formation et les Échanges Géologiques (CIFEG), Paris, 19: 8-15.
- Duval, A.-M., Méneroud, J.-P., Vidal, S., Singer, A., 1998. Relation between curves obtained from microtremor and site effects observed after Caracas 1967 earthquake. 11th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 9p.
- Duval, A.-M., Vidal, S., Méneroud, J.-P., Singer, A., De Santis, F., Ramos, C., Romero, G., Rodríguez, R., Pernía, A., Reyes, N., Grimán, C., 2001. Caracas, Venezuela, site effect determination with microtremor. *Pure Applied Geophysics (PAGEOPH.)*, 2513-2523.
https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8177-7_14
- Ehrlich, J., De Santis, F., Sève, G., Pouget, P., Hernández, C., Singer, A., 1997. Monitoring experience by mean of a telemetric system in a vital structure, Caracas, Venezuela. 2nd Panamerican Symposium on Landslides, II PSL/COBRAE Proceedings, Río de Janeiro, 10 al 14/11/1997.
- Espínola, E., Ollarves, R., 2002. Estudio tectono-estratigráfico de la margen septentrional de la cuenca de Barlovento: implicaciones neotectónicas. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 244 p. <http://hdl.handle.net/10872/126>
- Feuillard, M., 1985. Note sur l'opportunité d'une station de détection sismique sur l'île de Aves (Vénézuéla); Observatoire Sismologique et Vulcanologique de La Soufrière, Saint-Claude, Guadeloupe (FWI), mars 1985. 11 p.
- Ferrer de Singer, F., 2007. Hacia la construcción de una nueva cultura de riesgo... De Adela, damnificada y vecina de Nueva Tacagua a la maestra "Made" de Cariaco. Antecedentes del Aula Sísmica "Madeleilis Guzmán". Libro editado en homenaje a la profesora Flor Ferrer de Singer, fundadora ad honorem del Aula Sísmica de FUNVISIS, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Serie Técnica 01, Mayo 2007, 82 p.
- FUNVISIS, 1974. Plan básico para las investigaciones sismológicas en Venezuela. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, 166 p y anexos.
- FUNVISIS, 1996. Origen y evolución de la asignación patrimonial realizada por el Ejecutivo a FUNVISIS, con fundamento en la ley mediante la cual se transfiere al Instituto Nacional de la Vivienda, la administración del fondo de asistencia financiera creado para atender las necesidades del sismo de 1967. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas.
- Gallardo, C., Díaz Quintero, A., Pimentel, N., 1974. Observaciones geológicas sobre el sismo del 12 de junio de 1974 en Carúpano. 1er Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, 1 al 5-10-1974.
- Giraldo, C., Beltrán, C., 1988. Evaluación del campo de esfuerzos durante el Cuaternario en la región nororiental de Venezuela. Proyecto CONICIT S1-1161. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), 68 p + 8 anexos.
- Gómez, J.C., Audemard, F.A., Quijano, J., 2002. Efectos geológicos asociados al sismo del 23 de junio del 2001 en el sur del Perú. Instituto Geofísico del Perú, 159-174 (en CD).
- Goyo, F., Grillet, J., 2014. Evaluación de los efectos locales de origen geológico que incidieron en los daños ocasionados por el terremoto de Caracas de 1967; Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 118 p.
- Grases, J., 1977. Introducción al estudio sobre los sismos históricos destructores del Caribe. *Interciencia*, Caracas, 2(4): 222-229.
- Grases, J., 2002. Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela. Acciones De Mitigación. Fondo Pedro Grases, Caracas, 249 p.
- Guzmán, J.L., 1999. El Aula Sísmica y el diseño de estrategias pedagógicas dirigidas a comunidades vulnerables ante riesgos naturales de origen geofísico. Jornadas Antillanas Franco-Venezolanas sobre Vulnerabilidad de las Comunidades ante Riesgos Naturales de Origen Geofísico, Aula Sísmica "Madeleilis Guzmán", Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), El Llanito, Caracas, 29 de noviembre al 8 de diciembre de 1999.
- Guzmán, O., Vassallo, R., Audemard, F.A., Mugnier, J.-L., Oropeza, J., Yepez, S., Carcaillet, J., Alvarado, M., Carrillo, E., 2013. ¹⁰Be dating of river terraces of Santo Domingo River, on Southeastern flank of the Mérida Andes, Venezuela: tectonic and climatic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 48: 85-96.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.09.004>
- Hernández, J., Rojas, E., 2002. Estudio tectono-estratigráfico de la margen meridional de la cuenca de Barlovento: implicaciones neotectónicas. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 200 p. <http://hdl.handle.net/10872/14969>
- JICA, 2005. Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), 5 Volúmenes.
- Kantak, P., Schmitz, M., Audemard, F.A., 2005. Sediment thickness and a west-east geologic cross section in the Caracas valley. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela*, 20(4): 43-56.
- Lara, S., González, L., Suárez, C., 2011. Depósitos fluviotorrentiales en la construcción del cono de deyección de Kavak, SE del Auyantepui, Estado Bolívar, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 62 (1-2): 5-18.
- Leal, A., 2015. Las "casas contra temblores". Un aporte al estudio de la ingeniería sismorresistente en Venezuela, Siglo XIX. X

- Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería sísmica, Cumaná, 28 al 30 de octubre de 2015.
- López, J.L. (Ed.), 2010. Lecciones aprendidas del desastre de Vargas. Apuntes científico-tecnológicos y experiencias en el campo de la prevención y mitigación de riesgos. IMF-UCV y Empresas Polar, Caracas, 808 p.
- López, J.L. (Ed.), 2021. Los aludes torrenciales de 1999 en Vargas, 20 años después. IMF-UCV y Academia Nacional de la Ingeniería y del Hábitat, Caracas, 709 p (en digital).
- Lugo, M., 1982. Sismicidad histórica del suroeste de los Andes venezolanos. XXXII Convención Anual de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVAC), Caracas, Acta Científica Venezolana, 33 (1): 212 (resumen).
- Marín, W., Guzmán, J.L., Aguilar, A., 2005. El Aula Sísmica Madeleilis Guzmán. Una contribución a la gestión de riesgos en Venezuela. Memorias IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Barquisimeto, Fundación Venezolana de Investigaciones sismológicas (FUNVISIS), Serie Técnica 01-2005: 174-177.
- Miró, C., Viete, H., 2009. Estudio neotectónico de la cuenca Guaranas-Guatire, estado Miranda; Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 210 p. <http://hdl.handle.net/10872/14521>
- Mocquet, A., Beltrán, C., Lugo, M., Rodríguez, J.A., Singer, A., 1996. Seismological interpretation of the historical data related to the 1929 Cumana Earthquake, Venezuela. Proceedings Third ISAG, Saint-Malo, France, 17-19/09/1996: 203-206.
- Montenegro, R., Ojeda, J., 2008. Estudio neotectónico de la cuenca de Monay, estado Trujillo. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, 226 p, <http://hdl.handle.net/10872/14591>
- Muñoz Santiago, M.A., Ruíz Pernía, E.B., 2008. Caracterización estratigráfica de la cuenca "La González", en su sección de la quebrada Casés, e implicaciones neotectónicas, estado Mérida. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Universidad de Los Andes, 356 p.
- Muñoz, N.G., Singer, A., 1977. Varvas lacustres pre-holocenas con índices de asentamientos y deformaciones tectónicas recientes en la parte occidental del Valle de Caracas. Seminario Internacional sobre Riesgo Geológico, Caracas, OEA-FUNVISIS-UCV-CIV, Boletín Técnico del IMME (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales), Universidad Central de Venezuela, Caracas, 57-58: 3-9.
- Murria, J., 2008. El papel de los medios de comunicación en la reducción del riesgo de desastres. Algunos problemas prioritarios y posibles estrategias para resolverlos. En: Altez, R., Barrientos, Y. (Coords.), Perspectivas venezolanas sobre riesgos: reflexiones y experiencias, Volumen 1, Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Instituto Pedagógico de Caracas, Núcleo de Investigación del Medio Físico Venezolano, 450 p: 425-439.
- Olivier, M., 2009. Evaluation of the Liquefaction Potential of the City of Cumaná, Venezuela. Internship Report 2009, École Polytechnique de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, 49 p.
- Oropeza, J., Singer, A., 2011. Propuesta geológica de microzonas sísmicas para la ciudad de Caracas. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Caracas, 26 (2): 129-140.
- Oropeza, J., Zambrano, A., 2007. Elaboración de una base de datos de geología urbana para fines de microzonificación sísmica para la ciudad de Caracas. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 246 p.
- Osorio, I., 2014. Evaluación geológica a escala 1:5.000 de las áreas de relleno artificial en las colinas del sureste de Caracas en su condición de vicio potencial de subsuelo. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 137 p.
- Osorio, J., Montes, N., Velandia, F., Acosta, J., Romero, J., Diederix, H., Audemard, F.A., Núñez, A., 2008. Paleosismología de la Falla de Ibagué. Publicaciones Geológicas Especiales, INGEOMINAS, Bogotá, Colombia, 29, 240 p. <https://doi.org/10.32685/9789589789674>
- Parra, J., Linares, M.E., Contreras, F., Singer, A., 2021. Los aludes torrenciales de agosto de 2017 en la cuenca de Choroni: una contribución al conocimiento de deslaves destructores en la prolongación aragüeña de la Serranía litoral. En: López, J.L. (Ed.), Los aludes torrenciales de 1999 en Vargas, 20 años después; IMF-UCV y Academia Nacional de la Ingeniería y del Hábitat, Caracas, 709 p: 188-203.
- Perucca L., Audemard, F.A., Pantano, A., Ávila, C.R., Onorato, M.R., Vargas, H.N., 2013. Fallas cuaternarias con vergencias opuestas entre Precordillera Central y Oriental, Provincia de San Juan. Revista Asociación Geológica Argentina, 70(1): 291-302.
- Philip, H., 1974. Compte-rendu de la mission effectuée par Hervé Philip au titre de la coopération scientifique entre le Ministère des Mines et Hydrocarbures (MMH) et le Service Français des Affaires Scientifiques du Ministère des Affaires Étrangères, Paris.
- Proyecto SISRA, 1985. Programa para la mitigación de los efectos de los terremotos en la región andina; Volumen 11: Mapa Neotectónico preliminar para América del Sur. Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), Lima, Perú, 110 p.
- Pulido de Briceño, M., 1998. Aula Sísmica. La naturaleza puede aliarse con el conocimiento. Revista SIC, Caracas, 606: 254-257.
- Quarantelli, E.L., 1998. Textos de Cuatro Conferencias y de un Seminario a cargo del Dr. E.L. Quarantelli, Conferencista invitado del Centro de Investigación de Desastres, Universidad de Delaware (Newark, Estados Unidos). En: Murria, J. Ferrer de Singer, F. (Eds), Primeras Jornadas "Sociedad y Desastres" organizadas por el Aula Sísmica "Madeleilis Guzmán" de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), 07 al 14 de junio de 1998, El Llanito, y Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, El Paraíso, Aula Sísmica, FUNVISIS.
- Quintero, B., 2015. Preparación comunitaria para la mitigación del riesgo de tsunami para la población de los Municipios Maracaibo, Mara, Almirante Padilla, Miranda y Lagunillas del Estado Zulia en el Ejercicio "Caribbean Wave, 2015". X Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Cumaná, 28 al 30 de octubre de 2015.
- Richard, D., Usselman, P., 2006. Is the Vargas 1999 event repeatable? En: López, J.L. García, R. (Eds.), Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela, Editorial Gráficas Lauki, Caracas, 1055 p: 58-67.
- Rodríguez, J.A., 1998. De la sismicidad histórica a la sismicidad instrumental: el terremoto de Cumaná de 1929; Revista Geográfica Venezolana, Mérida, 39 (1 y 2): 189-201.
- Rodríguez, J.A., Leal, A., 2012. Catálogos sismológicos venezolanos. Estado del arte. En: Lertora Mendoza (Coord.), Territorio, recursos naturales y ambiente: hacia una historia comparada, Geonaturalia, Ed. F.E.P.A.I., Buenos Aires, 485 p: 279-311.
- Rodríguez D., L.M., 2008. Evaluación de geoamenazas con fines de microzonificación sísmica en las ciudades de Barquisimeto y Cabudare, estado Lara; Tesis de Maestría, Universidad Simón Bolívar, Caracas, 111 p.

- Rodríguez D., L.M., 2017. Neotectónica y paleosismología en los Andes de Mérida, en la zona limítrofe colombo-venezolana: con énfasis en las fallas de Boconó y Aguas Calientes. Tesis doctoral, Doctorado individualizado del postgrado Ciencias de la Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 2 tomos, 256 p + 213 p.
- Rodríguez D., L.M., Diederix, H., Torres, E., Audemard M., F.A., Mora, H., Aray, J., Bohórquez, O., Hernández, C., 2017a. Sistemas de fallas de Boconó y Aguas Calientes entre La Grita (edo. Táchira) y Chinácota (dpto. Norte de Santander): resultados de estudios neotectónicos, paleosísmicos y de sismicidad histórica. XI CONVESIS, Caracas, Venezuela, 17-19/07/2017.
- Rodríguez D., L.M., Diederix, H., Torres, E., Audemard, F.A., Hernández, C., Singer, A., Bohórquez, O., Yépez, S., 2017b. Identification of the seismogenic source of the 1875 Cucuta earthquake on the basis of a combination of neotectonic, paleoseismologic and historic seismicity studies. *Journal of South American Earth Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.09.019>
- Santiago, F., Santos, M.A., 2008. Lito- y crono-estratigrafía de la cuenca La González, estado Mérida, en su sección de la quebrada El Barro. Implicaciones neotectónicas. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geología, Universidad de Los Andes, 352 p.
- Schmitz, M., Enomoto, T., Abeki, N., Rocabado, V., Kantak, P., Matsuda, I., Masaki, K., Audemard, F.A., Malavé, G., Navarro, M., Delgado, J., 2000. Fundamental periods of soil and geological characteristics of Caracas valley and Vargas state. *Proceedings Sixth International Conference on Seismic Zonation*.
- Schmitz, M., Hernández, J.J., Morales, C., Molina, D., Vallée, M., Domínguez, J., Delavaud, E., Singer, A., González, M., Leal, V., el Grupo de Trabajo del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas, 2008. Resultados principales del Proyecto de Microzonificación Sísmica en Caracas. *Memorias Conferencia 50 Aniversario de la Sociedad Venezolana de Geotecnia*, 6 al 9-11-2008, Caracas, 11 p.
- Schmitz, M., Hernández, J.J., Rocabado, V., Domínguez, J., Morales, C., Vallée, M., García, K., Sánchez, J., Singer, A., Oropeza, J., Coronel, G., Flores, A., the Caracas Seismic Microzoning Project working Group, 2020. The Caracas, Venezuela, Seismic Microzoning Project: Methodology, results and implementation for Seismic Risk Reduction. *Progress in Disaster, Science* 5.
<https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100060>
- Schmitz, M., Yepes, H., Hernández, J.J., Koch, J., Palacios, P., Marrero, J.M., Singer, A., Marcial, D., Sánchez, J., García, K., Rocabado, V., Yegres, L., Osorio, I., Parra, J., Cárdenas D., The Portoviejo Seismic Microzoning Working Group, 2019. Seismic Microzoning evaluation of Portoviejo City, Ecuador. 8th International Symposium on Andean Geodynamics -8th ISAG-, 24 to 26-09-2019, Quito, Ecuador.
- Sheperd, J.B., Sébrier, M., Aggarwal, Y., 1984. Investigation of the El Pilar Fault Zone of Venezuela as an Experimental Site for Research on Earthquake Prediction. A report to CERESIS for Evaluation to the UNESCO Ad-hoc Working Group on International Experimental Sites for Earthquake Prediction. 14 p, 4 figs. (Incluye un mapa tectónico de la traza de las fallas activas de El Pilar y de otras zonas de fallas orientales).
- Singer, A., 1974. Acumulaciones holocenas torrenciales catastróficas, de posible origen sísmico, y movimientos neotectónicos de subsidencia en la parte oriental del Valle de Caracas. 1er Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, 1 al 5-10-1974.
- Singer, A., 1977. Tectónica reciente, morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas. Seminario Internacional sobre Riesgo Geológico, Caracas, OEA-FUNVISIS-UCV-CIV, 25 al 30 de julio de 1977.
- Singer, A., 2000. Reconocimiento por helicóptero de las áreas-fuente, trayectorias y sectores de expansión de los aludes torrenciales del 15 y 16-12-1999. En: Singer, A., Rodríguez, J.A., Evaluación cartográfica de las áreas-fuente, trayectorias y sectores de expansión de los aludes torrenciales ocurridos en el litoral central los días 15 y 16 de diciembre de 1999, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas, 5 p + un mapa de deslaves y "lavas" torrenciales en escala 1:100.000 en el tramo cordillerano ubicado entre el gran deslizamiento costero y actividad recurrente de Las Salinas (Taguao) al oeste y los deslaves de Osma al este.
- Singer, A., 2008. Urbanismo, vulnerabilidad y gestión de riesgo. ¿Cómo devolver a las comunidades vulnerables el rol que les corresponde como componente fundamental de las políticas públicas de reducción del riesgo a nivel local? En: Altez, R., Barrientos, Y. (Coords.), *Perspectivas venezolanas sobre riesgos: reflexiones y experiencias*, Volumen 1, Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Instituto Pedagógico de Caracas, Núcleo de Investigación del Medio Físico Venezolano, 450 p: 171-186.
- Singer, A., 2010. Los aludes torrenciales en Venezuela: antecedentes. En: López, J.L. (Ed.), *Lecciones aprendidas de Vargas. Apuntes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos*, IMF-UCV y Empresas Polar, Caracas, 808 p: 66-80.
- Singer, A., 2015a. Antecedentes históricos sobre microzonificación sísmica en Caracas. En: Schmitz, M., Singer, A. (Eds.), *Microzonificación sísmica de Caracas*, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y Alcaldía de Chacao (Caracas), 177 p.
- Singer, A., 2015b. Geología urbana en Venezuela; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, Caracas, LXXV (4): 55-74.
- Singer, A., 2019. Introducción a la morfogénesis sísmica de los Andes Venezolanos: perspectiva regional y casos cosísmicos particulares. *Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela*, Caracas, 34(4).
- Singer, A., 2021. El amanecer de FUNVISIS hace medio siglo o el derecho de nacer de la "vacuna" sismorresistente venezolana. *Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela*, Caracas, 136: 170-174.
- Singer, A., 2022. Mis recuerdos y contribución en torno al desarrollo de relaciones de cooperación en geología entre Francia y Venezuela. *Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela*, 138: 44-92.
- Singer, A., Audemard, F.A., 1997. Aportes de Funvisis al desarrollo de la geología de fallas activas y de la paleosismología para los estudios de amenaza y riesgo sísmico. En: Grases, J. (Ed.), *Diseño sismorresistente. Especificaciones y Criterios empleados en Venezuela*, Publicación Especial Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 33: 25-38.
- Singer, A., Lugo, M., 1982. El alud sísmico del 3 de febrero de 1610 en el valle del Mocotíes (Andes venezolanos). *Confrontación de los testimonios del Siglo XVII y de las evidencias actuales de campo*. XXXII Convención Anual AsoVAC, Caracas, *Acta Científica Venezolana*, 33 (1): 214 (resumen).
- Singer, A., Soulas, J.P., 1979. Lugar y trascendencia de Nueva Cádiz de Cubagua en el historial de las primeras catástrofes naturales del país. Proyecto "Arqueología de Nueva Cádiz", Ministerio de la Juventud y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, 3 p.

- Singer, A., Rodríguez D., L.M., Colón, S., 2017. Evaluación de geoamenazas para la microzonificación sísmica de Portoviejo, Ecuador. En: Yepes, H., Schmitz, M. (Coord.), Estudio de microzonificación sísmica de la ciudad y del Cantón de Portoviejo, Manabí (Ecuador), Escuela Politécnica Nacional (EPN) de Quito, Ecuador, Informe inédito, 20 p.
- Singer, A., Rojas, C., Lugo, M., 1983. Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado preliminar. Mapa, Glosario y Comentarios. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), Caracas, Serie Técnica 03-83, 126 p.
- Singer, A., Nevado, F., Gómez, A. Rodríguez D., L.M., 2014. Evidencias de actividad tectónica reciente en la falla de Las Trincheras. VI Coloquio de Microzonificación Sísmica, 30 y 31 de octubre de 2014, Valencia, Venezuela, 6 p.
- Singer, A., Rodríguez D., L.M., Audemard, F.A., Ollarves, R., 2010. Estimación del período de retorno de manifestaciones de aludes torrenciales en la Serranía del Litoral por medio de dataciones C14 obtenidas en trinchera al pie del Ávila y por vía arqueogeológica en las formaciones aluviales del Valle de Caracas. En: López, J. L. (Ed.), Lecciones aprendidas de Vargas. Apuntes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos, IMF-UCV y Empresas Polar, Caracas, 808 p: 115-125.
- Singer, A., Zambrano, A., Oropeza, J., Tagliaferro, M., 2007. Cartografía de las unidades geológicas cuaternarias del Valle de Caracas en escala 1:25.000. Memorias IX Congreso Geológico Venezolano, GEOS-UCV, Caracas, 39: 13 p (en DVD).
- Tejada, F., Rotheris, M., Onorato, M.R., Blanc, P.A., Perucca, L., Vargas, H.N., Audemard, F.A., 2021. Análisis combinado geodésico, neotectónico y paleosísmico de la falla Loma Negra Oriental, frente orogénico de Precordillera Central, Argentina. En: Perucca, L., Audemard, F. A. (Eds.), De la falla activa a la amenaza sísmica en América latina y el Caribe, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 73 (2), A080121. <https://doi.org/10.18268/BSGM2021v73n2a080121>
- UNESCO, 1987. Reduction of Catastrophic Earthquake Risk in the Caribbean Area. Intercountry project of the government of Venezuela, Colombia, Costa Rica, Panama, Cuba, Nicaragua, Jamaica, Dominican Republic, Trinidad, Guatemala, Guadeloupe-Martinique (FWI), as a contribution to the 500 Anniversary of the Discovery of America. United Nation Development Programme, Regional Latin American Programme, Executing Agency UNESCO, Earth Sciences Division, Paris, 26 p.
- Urbani, F., 2000. Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. GEOS, UCV, Caracas, 33: 1-170.
- Urbani, F., 2015. Terrane distribution in north-Central Venezuela. En: Schmitz, M., Audemard, F.A., Urbani, F. (Eds.), El límite Noreste de la Placa Suramericana. Estructuras litosféricas de la superficie al manto, Universidad Central de Venezuela (Facultad de Ingeniería) y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Editorial Innovación Tecnológica, Caracas, 377 p: 79-102.
- Urbani, F., Gómez, A., 2015. Contribuciones del Proyecto GEODINOS a la cartografía geológica del norte de Venezuela. En: Schmitz, M., Audemard, F.A., Urbani, F. (Eds.), El límite Noreste de la Placa Suramericana. Estructuras litosféricas de la superficie al manto, Universidad Central de Venezuela y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Editorial Innovación Tecnológica, Caracas, 377 p: 363-376.
- Urbani, F., Rodríguez, J.A., 2004. Atlas geológico de la Cordillera de la Costa, Venezuela. Fundación Geos-UCV-FUNVISIS, xii + 147 hojas geológicas.
- Van Daele, M., Van Welden, A., Moernaut, J., Beck, C., Audemard, F.A., Sanchez, J., Jouanne, F., Carrillo, E., Malavé, G., Lemus, A., De Batist, M., 2011. Reconstruction of Late Quaternary sea- and lake-level changes in a tectonically active marginal basin using seismic stratigraphy: the Gulf of Cariaco, NE Venezuela. Marine Geology, 279: 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2010.10.011>
- Woodward-Clyde-Sherard & Associates Consulting Engineers and Geologists, 1967. Estudio propuesto para la prevención de daños. Terremoto del 29 de julio de 1967, Caracas, Venezuela. Presentado el 18 de septiembre de 1967 al Comité Presidencial para el Estudio del Terremoto de Caracas, Oakland, 10 p.

MANUSCRITO RECIBIDO: 18-12-2023

REVISIÓN RECIBIDA: 11-3-2024

ACEPTACIÓN DEL MANUSCRITO REVISADO: 3-4-2024