

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN CIENCIAS DE LA TIERRA RESEARCH AND DEVELOPMENT IN EARTH SCIENCES

Wolfgang Scherer

RESUMEN

Se presenta un recuento histórico de las actividades de investigación y desarrollo realizadas en el Departamento de Ciencias de la Tierra. Se enfocan las principales contribuciones de los investigadores en función de las prioridades exploratorias determinadas por la casa matriz, Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), y se reconstruyen las líneas de investigación propias, consolidadas a través de los años, en respuesta al avance científico del campo. Para cada una de las secciones en las que se encuentra dividido el departamento; es decir, geofísica geoquímica y geología se hace una síntesis de los logros más importantes documentados en informes internos y en publicaciones, los cuales son el reflejo de la calidad y prestigio del instituto. En geofísica, se destaca la creación del Centro de Procesamientos de Datos Geofísicos (CPDG), como primer núcleo del naciente departamento, y se van agregando las contribuciones en geoquímica, como los estudios de roca madre y crudos, el modelaje geoquímico y los modelos geológicos integrados. Se señalan los estudios de servicios técnicos especializados realizados en INTEVEP, como punto de partida para el desarrollo de hipótesis de trabajo y métodos que puedan resolver los problemas exploratorios de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera nacional (IPPCN).

ABSTRACT

A historical review of the research and development activities of the Earth Sciences Department is presented. The main contributions of the researchers are analyzed, in accordance with the exploration priorities established by the parent company, Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA). An attempt is made to reconstruct research patterns, as they were defined over the years in response to the scientific advances in the field. For each of the sections into which the Department is divided, that is, geophysics, geochemistry and geology, a synthesis of the most important contributions, based on internal reports and publications, is presented, considering that the prestige of the Institute is the product of each researcher. In geophysics, the establishment of the Geophysical Data Processing Center (CPDG), is seen as the nucleus of the emerging department, continuing with contributions in geochemistry, such as source rock and crude oil studies, geochemical modeling and integrated geological models. Activities on specialized technical services, performed at INTEVEP, are indicated as a starting point for the development of working hypothesis and methods to solve exploration problems of the national petroleum, petrochemical and coal industry (IPPCN).

Palabras clave: Investigación, Ciencias de la Tierra, Intevep

Keywords: Research, Earth Sciences, Intevep

INTRODUCCIÓN

Con motivo del proyecto de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales del “análisis y evaluación de las principales instituciones científicas y tecnológicas del país, así como de las principales áreas temáticas objeto de

atención de nuestros investigadores y tecnólogos”, comenzando con el Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Petrolera y Petroquímica - INTEVEP, se pretende reseñar la historia de investigación en Ciencias de la Tierra y resaltar los principales logros obtenidos en los diversos ámbitos de actuación: dentro del Instituto, en la industria petrolera, petroquímica y carbonífera nacional (IPPCN) y en la comunidad científica internacional.

* Individuo de Número. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Tierra. INTEVEP S.A.

Escribir sobre historia no es tarea fácil, mucho menos escribir sobre la reciente historia de investigación científica, que, por ser un campo muy dinámico e importante en un país como Venezuela, de pujante desarrollo dentro del grupo de naciones identificadas como naciones en vías de desarrollo, está llamada a jugar un papel preponderante en el progreso del país.

La historia de la investigación en INTEVEP S.A., creado en febrero de 1974, está íntimamente ligada a las necesidades operativas y a los lineamientos de planificación corporativa de la industria petrolera nacionalizada. Dos años antes de la nacionalización del petróleo, el geólogo Humberto Calderón Berti, en su doble condición de Director de Reversión del entonces Ministerio de Minas e Hidrocarburos y Presidente de la Fundación para Investigación en Hidrocarburos y Petroquímica INVEPET, hoy INTEVEP, S.A., ordenó la elaboración del "Diagnóstico sobre Transferencia Tecnológica de la Industria Petrolera Venezolana" (INVEPET, 1975). Este documento, preparado por un equipo de 40 profesionales altamente calificados del sector oficial y de la industria, es la semilla de la mayor parte de los conceptos y lineamientos que han guiado el crecimiento técnico-científico del Instituto a lo que es hoy día un centro de Investigación y desarrollo petrolero reconocido a nivel internacional.

Ese "Diagnóstico" abarca las áreas de exploración, producción, refinación y computación, además de cubrir las áreas tradicionales de la industria petrolera, y reconocer el papel decisivo que iba a obtener la naciente ciencia de la informática en las actividades de la industria petrolera.

Al escribir sobre historia se cae en la tentación de lo subjetivo, es decir, visualizar los acontecimientos con la óptica del testigo y prestar menos atención a trabajos de terceros. Para minimizar esta tendencia humana se trató de enfocar el tema con la metodología científica probada, *i.e.* usar definiciones rigurosas de lo que

se considera Investigación, Desarrollo y Apoyo Tecnológico o Ejercicio Profesional, y reconstruir las cadenas de Investigación a través de logros tangibles como son informes técnicos y publicaciones.

A continuación se presentan algunas definiciones pertinentes a este trabajo, extraídas de "INTEVEP, S.A. Lineamientos y Políticas" (INTEVEP, 1975).

Investigación básica: es el estudio sistemático dirigido a ampliar el conocimiento científico sobre una materia determinada. Su objetivo es el conocimiento en sí mismo. Se orienta a la explicación de fenómenos, y a la elaboración y verificación de teorías e hipótesis. En la industria petrolera mundial se reporta un promedio de 12% de Investigación básica orientada (IBO) vs. Investigación básica libre (IBL), esencialmente realizada en universidades.

Investigación aplicada: incluye actividades de Investigación, orientadas hacia objetivos específicos y bien definidos, y basados en descubrimientos y teorías probadas.

Desarrollo: es la búsqueda de aplicaciones tecnológicas del resultado de la Investigación con objeto de crear o mejorar bienes o procesos de interés económico.

Apoyo tecnológico: es la aplicación de conocimientos científico-técnicos para satisfacer una necesidad o solucionar un problema específico.

La Investigación en Ciencias de la Tierra dentro de una industria básica, productiva y competitiva se caracteriza por que debe arrojar resultados tangibles a corto y mediano plazo; es decir, debe producir un impacto económico reflejado en mejoras dentro de la operatividad de las empresas filiales. En nuestro caso, el objetivo principal se resume en reducir el riesgo exploratorio, con objetivos secundarios que van desde incremento en la eficiencia de recuperación secundaria de hidrocarburos, modelaje de cuencas

sedimentarias y yacimientos, mejoras en la imagenología sísmica hasta geología forense - en el caso de pozos exploratorios secos. Estos objetivos están trazados en función de las áreas prioritarias para la exploración, las cuales son fijadas periódicamente en lineamientos de la casa matriz Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA).

Históricamente, estos lineamientos han variado, reflejando la posición del país en el ámbito energético mundial. Por naturaleza, el investigador tiene mucha inercia y no le agrada trabajar sino en los problemas que le gustan, que no siempre son los que el país requiere. Afortunadamente, la estructura organizativa del instituto ha permitido absorber estos golpes de timón con una mínima pérdida de entusiasmo y eficiencia.

En la Fig. 1 se muestran las prioridades históricas en el área de exploración de la industria petrolera nacionalizada. Reconstruir este gráfico fue tarea fácil, ya que en los últimos 10 años antes de la nacionalización no existían, para los efectos prácticos, lineamientos, porque la exploración era casi inexistente. Así tenemos que el primer lineamiento, extraído del "Diagnóstico" es

proveer una infraestructura de laboratorios geológicos y el Centro de Procesamiento de Datos Geofísicos, CPDG. Este último, junto con el Banco de Prueba de Motores puede considerarse el núcleo de INTEVEP, porque ambos grupos funcionaron y obtuvieron logros tangibles aun antes de la instalación física de INTEVEP en su sede de Villa Pignatelli, en Los Teques.

LOS COMIENZOS

Laboratorios de Geología

Siguiendo los lineamientos de la creación de INTEVEP (INVEPET, 1975), que especifican la dotación de laboratorios de geología se dedicó un esfuerzo muy significativo en dinero para la instalación de los laboratorios de geología y geoquímica, que en 1978 comprendían: preparación de muestras, petrografía, extracción orgánica, preparación de polen y extracción de kerogeno, cromatografía, espectrofotometría, rayos X, petrografía orgánica, sedimentología y bioestratigrafía. Luego se fueron incorporando salas de pirólisis Rock-Eval, isótopos estables y modelaje geoquí-

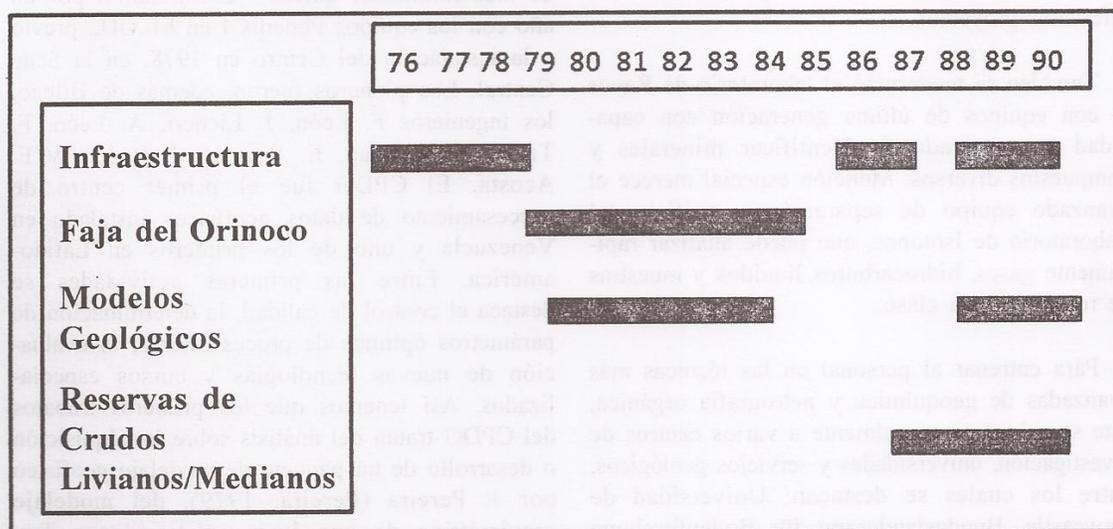


Figura 1. Propiedades históricas en el área de exploración de la industria petrolera nacionalizada

mico (Scherer, 1978). Estos laboratorios se pueden considerar los más avanzados de Venezuela, y en su equipamiento, a la par de sus similares a nivel internacional.

El nuevo PDVSA INTEVEP inició en 2006 una etapa de modernización y mejora de la infraestructura de los laboratorios de Ciencias de la Tierra. Así se inauguró el Laboratorio de Petrografía "Max Furrer" con modernos microscopios petrográficos dotados de facilidades electrónicas de capturar y almacenar imágenes. El Centro de Micropaleontología "Pedro J. Bermúdez" también fue renovado en un estilo moderno y funcional, con amplias facilidades para la consulta de los miles de especímenes de microfósiles de las colecciones Bermúdez y Mene Grande, además de la invaluable colección de más de 60.000 secciones finas correspondientes a las muestras de superficie de los mapas de geología de superficie de la Creole Petroleum Corporation.

Se inauguró la moderna Sala de Geomáticas, con seis (6) estaciones independientes de trabajo para realizar procesamiento de imágenes satelitales, producir mapas con avanzados sistemas de posicionamiento global (GPS) y elaborar los mapas geológicos y geofísicos requeridos por los diferentes proyectos.

También se modernizó el laboratorio de Rayos X con equipos de última generación con capacidad automatizada de identificar minerales y compuestos diversos. Mención especial merece el avanzado equipo de separación y análisis del Laboratorio de Isótopos, que puede analizar rápidamente gases, hidrocarburos líquidos y muestras de rocas de toda clase.

Para entrenar al personal en las técnicas más avanzadas de geoquímica y petrografía orgánica, éste se asignó temporalmente a varios centros de investigación, universidades y servicios geológicos, entre los cuales se destacan: Universidad de Newcastle, Bundeslandesamt für Bodenforschung Hannover, Universidad de Aachen, Robertson Research Llandudno y Houston, Instituto Francés

de Petróleo - IFP, USGS-Denver, Petrobras-CENPES, Shell-Reijsweg y Veba Oil.

Conjuntamente con la construcción y puesta en marcha de los laboratorios, se patrocinaron varios trabajos especiales de grado en el Instituto de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela (UCV), que tuvieron una importancia más allá de su valor científico, ya que fueron el conducto para identificar y atraer a jóvenes investigadores a INTEVEP. El estudio de las aguas de formación de la Formación Oficina, por Vierma (1979), comenzó a perfilar las investigaciones del grupo hacia problemas geoquímicos de caracterización y correlación de crudos con sus rocas madres y los cambios químicos que sufrían las aguas connatas en su camino de migración por la cuenca.

Centro de Procesamiento de Datos Geofísicos (CPDG)

La organización y puesta en marcha del Centro de Procesamiento de Datos Geofísicos - CPDG fue encomendada al Ing. Jesús Bilbao, en 1976. Contaba en su fase inicial con 6 ingenieros geofísicos, 2 ingenieros de sistemas, y 1 ingeniero de mantenimiento, quienes se entrenaron por un año con los equipos Phoenix I en EE.UU., previo a la instalación del Centro en 1978, en la Sede Central. Los pioneros fueron, además de Bilbao, los ingenieros F. León, J. Licheri, A. León, F. Tizón, A. Caridad, E. Pantner, J. Padian y F. Acosta. El CPDG fue el primer centro de procesamiento de datos geofísicos instalado en Venezuela y uno de los primeros en Latinoamérica. Entre las primeras actividades se destaca el control de calidad, la determinación de parámetros óptimos de procesamiento, la evaluación de nuevas tecnologías y cursos especializados. Así tenemos que los primeros trabajos del CPDG tratan del análisis sobre la adquisición o desarrollo de un paquete de modelaje geofísico por J. Pereira (Pereira, 1979), del modelaje gravimétrico de una línea en la cuenca Tuy Cariaco por J. Pérez Rey (Pérez, 1979), del modelaje gravimétrico interactivo en dos dimen-

siones por J. Pereira y J. Padian (Pereira y Padian, 1979), y del diseño de un curso de procesamiento de datos sísmicos elaborado por el personal del CPDG (1970). Siguen una serie de trabajos de procesamientos de líneas sísmicas en la Faja del Orinoco (FO) en las áreas de Cerro Negro y Hamaca, en costa afuera (Boca de Serpiente, Norte de Paria, Tuy-Cariaco), Lago de Maracaibo, Guárico (Yucal-Placer), que asientan la capacidad operativa del CPDG y ganan la confianza de las filiales operadoras.

Luego, comenzó a usarse la metodología de estratigrafía sísmica para definir mejor las características de los yacimientos; los estudios sobre la estratigrafía sísmica del área de Hamaca por Pereira y Moreno (1982), fueron un comienzo promisorio para esta metodología.

En 1980-81, con la ayuda de un asesor de PDVSA, se definieron los primeros proyectos propios del CPDG, que serían los antecesores a los Servicios Técnicos Especializados o STE, como se conocen en la actualidad. Estos proyectos son:

- Adquisición y procesamiento de datos sísmicos del área de Aurare, Edo. Zulia por E. del Pino.
- Detección sísmica de acumulaciones de gas en el área Yucal-Placer (Norte Edo. Guárico) por J. Licheri y A. Rial.
- Estratigrafía sísmica en Cerro Negro, a objeto de determinar la capacidad de la sísmica convencional en la delineación de cuerpos de arena, por J. Pereira, L. Moreno y R. Prieto.

Los dos últimos proyectos tenían un coautor de una filial para garantizar la utilidad práctica y la transferencia oportuna de la investigación a la filial operadora. El alcance técnico de estos proyectos se extendía más allá del simple procesamiento y reprocesamiento de la información de campo; se trataba de mejorar la resolución y capacidad de predicción de las trazas sísmicas y

de identificar las causas de una pobre adquisición. Trabajos de esta índole se hacían en aquella época a través de los contratos de Asesoría Técnica (CAT) o se enviaban a contratistas extranjeros. La exitosa realización de estos primeros proyectos le permitió al grupo ganarse la credibilidad de la industria.

CONSOLIDACIÓN DEL DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

A continuación se reseñan las actividades más resaltantes de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Tierra según las áreas o especialidades reconocidas: geofísica, geología, bioestratigrafía, geoquímica, sedimentología, geomatemáticas, geología estructural y computación-informática.

Geofísica

El año 1983 marca el inicio de las actividades de investigación, que en principio se realizaron mediante convenios de investigación conjunta con agencias científicas o a través de consorcios con universidades reconocidas del exterior. Así se firmó un convenio con la Universidad de Stanford para estudiar el rastreo del frente de vapor, mediante la utilización de la transmisión de onda sísmica de pozo a pozo. Este proyecto, dirigido por el profesor Amos Nur de Stanford y O. Chacín de INTEVEP formó parte de un convenio amplio entre el Department of Energy (DOE) de los EE.UU. y el Ministerio de Energía y Minas en Venezuela.

En este proyecto se exploraron técnicas tomográficas usando como fuente de energía un "sparker" modificado y como receptor un geófono de pozo, que fueron introducidos en pozos de producción del yacimiento M-6 de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (COLM). Aunque no se alcanzó el objetivo propuesto de determinar el frente de vapor, por problemas operacionales de exceso de ruido sísmico en el ambiente operacional típico de un campo en plena producción, sí permitió avanzar significativamente en el diseño de fuentes de energía y

en la metodología empleada en proyectos de este tipo. En el estudio de factibilidad con la técnica sísmica pozo-pozo para la detección de frentes de vapor en el proyecto M-6, realizado por Chacín *et al.*, (1986), se resumen los logros y las limitaciones del método de tomografía, que aun hoy en día está en su fase experimental.

En esta misma época, comenzó la investigación sobre métodos potenciales en geofísica y se desarrolló en INTEVEP el Sistema Interactivo de Procesamiento de Datos Potenciales (SIPDP), comenzado por J. Pereira y J. Pérez, y perfeccionado por H. Passalacqua con la colaboración de M. Gutiérrez, C. Palacios, A. Sena y S. Randazzo. Este sistema permite analizar, graficar y modelar datos gravimétricos y magnetométricos, y ha sido usado por INTEVEP y las filiales en todas las cuencas petrolíferas de Venezuela.

En el campo del desarrollo se hicieron avances importantes con el establecimiento de una metodología para la delimitación de yacimientos de gas en el área de Los Lanudos, cuyos autores son J. Regueiro, J. De Mena y M. Rampazzo (Regueiro *et al.*, 1986) y, en 1985, se estableció una metodología que permite, a través de la integración de datos sísmicos y de pozos, delimitar la extensión areal de los cuerpos arenosos con gas, obtener un control estructural y hacer estimaciones de porosidad, cambios de facies, saturación de gas/agua y de espesores y, de esta forma, la elaboración de mapas de calidad de arenas. Este trabajo fue muy útil para la industria, pues fue posible programar efectivamente los pozos de desarrollo y se implantó una metodología ampliamente usada posteriormente en otras áreas, como Macaira-Uveral, Zuron y Guafita-La Victoria.

En el año 1985 se comenzaron a definir los proyectos de I y D consolidados a través de los programas. En el caso de geofísica se logró la asociación con *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *Colorado School of Mines* y *University of Houston*. Las líneas de investigación principales que se definieron en aquella época son:

- VSB - registro sísmico de forma de onda completa,
- Sismo - estratigrafía y sísmica de tres componentes,
- AVO - análisis de amplitud en función de la distancia fuente-receptor, y
- modelaje sísmico.

El VSP y el registro sísmico de forma de onda completa (*full acoustic waveform*) se utilizan en la caracterización y definición de yacimientos, especialmente en yacimientos de calizas fracturadas. La investigación se dirigió hacia la obtención de las relaciones teóricas entre la permeabilidad del yacimiento, las fracturas y la respuesta sísmica observada. Se hicieron experimentos interesantes en los campos Mara y La Paz, usando ondas primarias, P, orientados hacia la detección y mapeo de zonas fracturadas. M. Rampazzo y O. Chacín presentaron los resultados preliminares del análisis de dos secciones sísmicas, para la detección de zonas naturalmente fracturadas en el Cretáceo y Basamento del campo La Paz (Rampazzo y Chacín, 1986), donde se estudia la distribución areal de la porosidad secundaria -fracturas- y de las permeabilidades asociadas, con la finalidad de apoyar el incremento en la recuperación de los hidrocarburos. Adicionalmente, en conjunto con MIT, se realizó la adquisición, procesamiento e interpretación de un VSP experimental para la detección de zonas fracturadas utilizando ondas P y convertidas.

Las investigaciones en sismo-estratigrafía y sísmica de tres componentes se realizan conjuntamente con *Colorado School of Mines*. Además de las ondas P se estudian las ondas de cizallamiento o S en dos direcciones, para obtener perfiles sísmicos que puedan ser asociados a efectos litológicos, fracturamiento o fluidos, y que permitan estimar la anisotropía propia de los cuerpos geológicos y reduzcan la incertidumbre de la inversión sísmica. Estos estudios se aplican en sismo-estratigrafía y en investigaciones para

predecir parámetros petrofísicos a partir de los parámetros que intervienen en la ecuación de onda elástica.

Con el profesor A. Nur de la Universidad de Stanford, se desarrolló un estudio conjunto en el campo de física de las rocas, para estimar los efectos que tiene la temperatura sobre la velocidad en muestras no consolidadas de la Faja del Orinoco. Estos resultados permitieron descubrir una nueva aplicación de los métodos sísmicos en el monitoreo de frentes de combustión utilizados en la recuperación secundaria de petróleo.

Para satisfacer una necesidad manifestada por las filiales, se definió en 1983-84, con la Universidad de Houston, un proyecto de modelaje físico a escala, para estudiar la propagación de ondas en situaciones tectónicas complejas. Para ello se emplean modelos físicos con geometría y distribución interna de velocidades equivalentes a la de las rocas, inmersos en un tanque de agua. Sobre este modelo se simula una adquisición convencional de datos sísmicos y, con base en sus resultados, permite determinar los parámetros óptimos de procesamiento.

INTEVEP ha ensayado, como un proyecto de investigación básica orientada, la posibilidad de estimar la división (*splitting*) de ondas sísmicas de cizallamiento y asociarla a niveles de fracturamiento. Un desarrollo propio sobre técnicas sísmicas de inversión con alta resolución titulado "Mapeo de espesores y porosidades utilizando SVD y técnicas geoestadísticas" por Uzcategui y del Pino (1987) fue presentado en la convención anual de la *Society of Exploration Geophysicists* en 1988 en New Orleans, en el cual se muestran mapas de parámetros petrofísicos obtenidos a partir de datos sísmicos y de pozo en un modelo del campo Los Lanudos.

Sobre el efecto de la amplitud en función de la distancia fuente-receptor o método AVO, se han realizado desarrollos propios en INTEVEP; esta técnica permite detectar con mayor confiabilidad zonas de gas y separar puntos brillantes verdaderos (*bright spots*) de los falsos. En línea

con estos desarrollos, INTEVEP ofreció a las filiales operadoras un paquete completo para el procesamiento de este tipo de datos.

La consolidación de las actividades de geofísica y su aceptación rutinaria en las filiales operadoras se produce con varios trabajos regionales de análisis e interpretación de datos gravimétricos y magnetométricos. Freddy Fernández y Herminio Passalacqua en su informe "Procesamiento de datos gravimétricos y magnéticos de un área del Oriente de Venezuela" (Fernández y Passalacqua, 1990) obtienen mapas de la configuración del basamento de la cuenca oriental mediante la inversión de datos aereomagnéticos y gravimétricos, y usando la integración geológica de toda la información, realizan el modelaje de dos líneas sísmicas interpretadas a la luz de los métodos potenciales.

Otros trabajos pioneros de los mismos autores se refieren a la geometría y cinemática de la falla de Pirital y del bloque de Urica. También en el Occidente de Venezuela se analiza el basamento y las principales fallas profundas con la intención de encontrar áreas de interés exploratorio. Fernández *et al.*, (1994) presentan los resultados del estudio gravimétrico y magnetométrico del Occidente de Venezuela que permitió realizar interpretaciones de las alineaciones más importantes presentes en el área, y la factibilidad de detección de sedimentos por debajo de bloques sobrecorridos del basamento.

El mismo equipo de investigadores recopiló la información de campos potenciales (Gravimetría y Magnetometría) de las áreas bajo estudio en el proyecto Costa-Afuera, a partir de la Base de Datos de PDVSA-INTEVEP. El área de cobertura del proyecto abarca desde La Península de Paraganá hasta Trinidad cubriendo toda el área Costa-Afuera del Oriente de Venezuela (Fernández y Passalacqua, 1998).

También en el mejoramiento de líneas sísmicas y en la interpretación se realizaron actividades importantes en los campos de Ceuta,

Tomoporo, Tía Juana, Lagunillas, Bachaquero, Zuata, Flanco Oriental de la Sierra de Perijá, Frente Perijanero Central y Sur, Urdaneta Oeste, Costa Oriental del Lago de Maracaibo (COLM), Maporal, Apure-Táchira-Barinas, Barúa - Motatan, área Mayor de Oficina, Norte de Monagas, Chacopata - Uveritò, Orocuail, Boquerón, Macaira - Uveral y Tigre - Pueblo Viejo. Como se puede observar estos estudios cubren prácticamente todas las cuencas sedimentarias de Venezuela y se hicieron de una manera rutinaria en el Centro de Procesamientos de Datos Geofísicos (CPDG).

Importantes desarrollos en materia metodológica e investigación aplicada se realizaron en la sección de geofísica. El departamento de Producción Intelectual del Centro de Información Técnica CIT registra la publicación "*Experimental electromagnetic prospecting for hydrocarbon exploration in the Venezuelan mountain fronts*" de Passalacqua *et al.*, (1991) de la cual desafortunadamente no se tiene mayor información.

El análisis de similitud de atributos sísmicos de Michelena, González y Capello (Michelena *et al.*, 1997) es un método para concentrar la información de decenas de atributos sísmicos en un solo mapa de similaridades, que muestra la respuesta sísmica de cada región con respecto a campos individuales seleccionados, lo cual facilita la labor del intérprete.

Mora y Michelena (1997) presentan la implantación de una metodología para el análisis de ruido en datos sísmicos 3D que consta básicamente de dos componentes: la transformación de los datos del dominio (x,y,t) al dominio (acimut, lentitud, t), y la visualización de los datos en el nuevo dominio haciendo uso de herramientas de graficación estilo «radar». Pérez *et al.*, (1997) presentan la aplicación de varios métodos para determinar la orientación de fracturas en yacimientos de calizas; se presentan los métodos de análisis rotacional de ondas convertidas, AVO acimutal de ondas P y elipticidad

NMO de ondas P aplicados a dos conjuntos de datos en el campo Maporal. La orientación e intensidad de fracturas la determinan Valenciano y Michelena (1997) mediante correlación cruzada en datos de onda convertida P-S, específicamente mediante análisis de birrefringencia sobre datos 2D de onda convertida (P-S), basado en la simetría de la correlación cruzada de las componentes radial y transversal rotadas.

Klie *et al.*, (1998) presentaron un método de tomografía sísmica desarrollado en INTEVEP, basado en el cálculo del punto de conversión de la onda P-S mediante iteraciones de Gauss-Newton para obtener un estimado inicial del problema de inversión no-lineal. Toro y Klie (2000) proponen un método para aproximar la propagación de la onda P en medios anisótropos usando la ecuación acústica. Esta aproximación está basada en un trabajo presentado por T. Alkhalifah en 1998 en el cual produce una buena aproximación cinemática de la onda P en medios anisótropos. Sin embargo, aquí se introducen varios cambios con el fin de mejorar la solución que Alkhalifah obtuvo, ya que se logró eliminar el artefacto que aparecía en su solución analítica. Además, la nueva ecuación es más estable y menos dispersiva, lo que la hace más apropiada para ser utilizada en el modelaje sísmico. Adicionalmente, el hecho de que solamente se modela la onda P sin ningún artefacto analítico, la hace extensible de manera natural para ser usada en migración sísmica.

La determinación de la litología basada en sísmica y redes neurales se presenta en el trabajo pionero "*Multicomponent stratigraphic seismic inversion and neural network based lithology classification in Zuata field*" de Valenciano *et al.*, (2000) donde estiman parámetros elásticos de datos multicomponentes P-S después de apilamiento e inversión. También calculan valores de densidad de roca a partir de pozos y de la inversión sísmica-estratigráfica PP y PS. Desarrollando este concepto Banchs y Michelena (2000) presentan límites de confiabilidad para propiedades petrofísicas de yaci-

mientos a partir de mapas de incertidumbre obtenidos de simulaciones Monte Carlo y redes neurales usando datos sísmicos.

Contreras *et al.*, (1999) presentan un algoritmo, que permite realizar migraciones 3-D post-apilamiento en tiempo, para medios con simetría ortorrómbica, para dos aproximaciones de la velocidad de fase en ondas compresionales. Klie (1999) propone una estrategia para el apilamiento CCP para medios anisotrópicos transversales, donde propone una expresión analítica precisa y económica para calcular el punto de conversión.

Todos estos avances tecnológicos se incorporaron en los estudios de continuidad de yacimientos, tan importantes para las filiales operadores para optimizar la extracción de hidrocarburos. Los yacimientos analizados por el CPDG se encuentran principalmente en los campos Urdaneta Oeste, Ceuta, Tía Juana, Bachaquero, Lagunillas, Furrial, Orocuai, Lamar Bloque V, Tomoporo, Zuata, Bucare y Carito entre muchos otros.

Por último, la geofísica jugó un papel muy importante en la identificación de prospectos y "plays" del proyecto Visión País (VIPA) de la vicepresidencia de Exploración y Producción de la casa matriz PDVSA. El trabajo monumental de González *et al.*, (2000), integra 29 transectos sísmicos utilizando para ello un total de 302 líneas sísmicas proporcionadas en forma de datos apilados o migrados. El servicio incluyó el procesamiento tanto de las líneas sísmicas como de los transectos una vez ensamblados.

Geoquímica

Estudios sobre lo que se considera la roca madre más importante de Venezuela, La Formación La Luna de la Cuenca de Maracaibo, comenzaron con la evaluación de su sección tipo en 1979. La evaluación geoquímica de la Formación La Luna en su sección tipo, Machiques, Edo. Zulia, por Vierma (1981), sirvió de base para la posterior tesis de maestría en la Uni-

versidad de Indiana; los estudios sobre la petrografía orgánica y maduración de la Formación La Luna en su sección tipo, Cretáceo de Venezuela Occidental, realizados por Jordán y Scherer (1982) donde, contrario a la opinión prevaleciente hasta esa fecha, se demostró la inmadurez termal de la Formación La Luna en su sección tipo y se detectaron varios eventos tectónico-sedimentarios intra-formacionales. El estudio geológico de la sección tipo fue complementado con la descripción petrográfica y sedimentológica, realizado por Azpirtxaga *et al.*, (1981).

En los años 1979-81, también se patrocinó una serie de trabajos especiales de grado de la Escuela de Geología Minas y Geofísica de la UCV, bajo los auspicios del proyecto Cretácico de la cuenca del Lago de Maracaibo (K-Lago), cuyo objetivo era la evaluación del potencial petrolero de las rocas cretáceas aflorantes en ambos flancos de la Serranía de los Andes. A partir de ese momento comenzó una duradera asociación con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV, donde se ha patrocinado más de 55 trabajos especiales de grado que suministran las muestras de campo, los mapas y las columnas estratigráficas, o sea la fase de trabajo de campo de muchos proyectos de INTEVEP. Esto a la vez permitió conocer y reclutar a los profesionales de nuestra primera casa de estudios, más inclinados a la investigación. Así se realizaron 9 tesis de grado en el flanco norandino, importante centro de actividad exploratoria de MARAVEN, y 8 tesis en Barinas, Táchira y Trujillo del flanco sur-oriental, centro de interés de CORPOVEN.

Además de estudiar con especial detalle las características petrográficas de la Formación La Luna en todas estas zonas de tesis, se comenzaron los primeros estudios del carbón, abundante en las formaciones paleocenas y eocenas de la Cuenca de Maracaibo y en el Terciario de la Faja del Orinoco, considerándolo no solo como indicador de madurez termal de la cuenca, sino como posible roca madre de ciertos hidrocarburos. En el estudio sobre el origen y la distri-

bución de carbones en la Faja del Orinoco, publicado por Scherer y Jordan (1983), se hace un primer intento de cuantificar los importantes recursos de carbón de la FPO y evaluar su calidad con base en su composición maceral. También se propone un método novedoso para facilitar la extracción de hidrocarburos extrapados de la Faja situados estratigráficamente cercanos a capas de carbón; patente cedida a INTEVEP en mayo de 1982 por los mencionados autores (Scherer y Jordan (1982).

En la etapa de consolidación de la sección de geoquímica se efectúan trabajos geoquímicos y de petrografía orgánica de muestras del subsuelo de la Cuenca de Maracaibo y de la serranía de Perijá, y se comienza a estudiar, de una manera sistemática, los crudos producidos en reservorios del basamento ígneo-metamórfico, Cretáceo, Eoceno y Mioceno de las cuencas sedimentarias venezolanas, al principio como proyectos de pozos o campos individuales, y luego como estudios regionales de caracterización y correlación crudo-roca madre, perfilándose ésta última como la principal línea de investigación en geoquímica orgánica.

La contratación por varios meses durante 1982 del Dr. Gordon Spears, quien realizó un estudio-planificación titulado "*Maracaibo Basin Geochemical Project*" (Spears, 1982), fue un factor decisivo para orientar los trabajos regionales. Entre los primeros trabajos realizados se encuentran los estudios geoquímicos integrales roca madre-crudo-gas de secciones de superficie y de los pozos exploratorios importantes, perforados durante esta época en áreas de costa afuera, cuenca de Maracaibo, cuenca de Barinas-Apure, Norte de Anzoátegui-Guárico-Monagas y Frente de Montañas de Monagas, donde se estudió en considerable detalle y se documentó en informes respectivos, la geoquímica orgánica de más de 80 pozos exploratorios cuya lista sería muy larga de enumerar aquí. Los profesionales responsables de estos estudios geoquímicos son: F. Cassani, O. Gallango, E. de Bolívar, N. Jordan y A. Ruggiero.

Entre las publicaciones externas más importantes de esta época se encuentran: "*Generation and Migration of Hydrocarbons in the Maracaibo Basin: An Integrated Basin Study*" (Talukdar *et al.*, 1985), "Formaciones La Luna y Querecual de Venezuela: Rocas madres de petróleo" (Talukdar *et al.*, 1985), "Características de los crudos marinos en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela Occidental" (Gallango *et al.*, 1985) y "*Observations on the Primary Migration of Oil in the La Luna Source Rocks of the Maracaibo Basin, Venezuela*" (Talukdar *et al.*, 1987), realizadas por un equipo de geoquímicos integrado por S. Talukdar, F. Cassani, O. Gallango y C. Vallejos, con la colaboración de Chien-a-Lien y A. Ruggiero.

Otras líneas de investigación en geoquímica se refieren al campo de la geoquímica orgánica de sedimentos recientes, a la cinética de transformación del kerógeno, a los biomarcadores, isótopos estables, a la fluorescencia de macerales especialmente bitumen, al modelaje geoquímico y a la biotecnología aplicada a recuperación adicional.

Ambientes geoquímicos modernos

Colin. Barker de la Universidad de Tulsa y O. Gallango presentan, en 1982, el trabajo "*Organic Geochemistry and Sedimentology of the Orinoco River and Orinoco Delta, Venezuela*" (Baker y Gallango, 1982).

Cinética de transformación del kerógeno

Con el *Department of Energy* (DOE) de los EE.UU., a través del *Lawrence Livermore National Laboratory* (LLNL), y con el CENPES de Brasil existen convenios de cooperación técnica para estudiar conjuntamente la cinética de transformación de diversos tipos de kerógeno. Trabajos recientes en esta área se refieren a "*Pyrolysis Kinetics Applied to Predicción of Oil Generation in the Maracaibo Basin, Venezuela*" (Sweeny *et al.*, 1989), y "*Primary Migration and Expulsion*

Efficiency of Oil in La Luna Source Rocks of the Maracaibo Basin, Venezuela" (Talukdar et al., 1989), presentado en el 14th International Meeting on Organic Geochemistry, Paris, en 1989.

Biomarcadores

El campo de los biomarcadores comenzó a explorarse en INTEVEP con la tesis doctoral de F. Cassani titulada "*Organic Geochemistry of Heavy and Extraheavy Crude Oils from the Eastern Venezuelan Basin*" (Cassani, 1985), realizada en la Universidad de Bristol. Interesantes aplicaciones de este concepto constituyen los trabajos "Mezcla natural de crudos en reservorios de la Cuenca Oriental de Venezuela identificados mediante el uso de marcadores biológicos", por Cassani y Gallango (1989) y "*Methyl-Phenanthrene Maturity Index of Marine Source Rock Extracts and Crude Oils from the Maracaibo Basin*", por Cassani et al., (1988). Investigaciones adicionales en este campo se realizaron por contrato con la Universidad Simón Bolívar sobre los tópicos específicos de "Generación y maduración de ácidos carboxílicos en rocas de la Cuenca de Maracaibo" (Gardinali, 1989) y "Ácidos carboxílicos como biomarcadores de migración y biodegradación en crudos venezolanos" (Gallardo, 1989).

Isótopos estables

El laboratorio de isótopos estables se instaló en INTEVEP en el año 1986 por iniciativa de L. Vierma, quién aprendió esta técnica en la Universidad de Indiana con el profesor J. M. Hayes. Los profesionales asignados a este laboratorio fueron, además de L. Vierma, E. de Bolívar por el Departamento de Ciencias de la Tierra y H. Henríquez por el Departamento de Análisis y Evaluación. El primer estudio con isótopos estables de carbono (^{13}C) se realizó en gases emanados de cráteres del fondo del Lago de Maracaibo y en menes y sumideros situados en tierra, en la cercanía de los diques de contención de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo. El trabajo

sobre la caracterización geoquímica del gas en el campo de Bachaquero y en el área adyacente al dique de protección costanera por Vierma (1985), documenta claramente las filtraciones de gas de inyección a los yacimientos más someros y al fondo lacustre. Las experiencias obtenidas de este estudio, *i.e.*, la posibilidad de identificar el origen del gas y las posibles mezclas del mismo, sirvieron de base para los estudios de la geoquímica del gas natural en el campo Yucal-Placer (Bolívar y Vierma, 1987), y de la geoquímica del gas natural en el campo Macoya (Vierma y de Bolívar (1987), en los cuales se demuestra la existencia de dos tipos distintos de gas en el área; uno termogénico de origen marino, y otro termogénico originado a partir de una mezcla de materia orgánica marina y continental interestratificado en el primero. Los hallazgos de crudo liviano en el alineamiento El Furril -San Vicente llevaron al estudio geoquímico del gas natural en los pozos Tonoro 3,4 y 5 del campo Tacat, Edo. Monagas (Vierma y de Bolívar, 1988) donde se determina el origen de la capa de gas encontrada en yacimientos del Norte de Monagas.

Las experiencias operacionales y los avances metodológicos del laboratorio fueron recogidos en un manual titulado "Preparación de muestras de gas natural para análisis de isótopos estables de carbono e hidrogeno, Equipo GGC -julio 1988" (Hurtado y Marcano, 1988).

Petrografía orgánica

En el campo de la petrografía orgánica se hicieron Investigaciones interesantes sobre la formación de los macerales en diversos ambientes de sedimentación orgánica, la diagénesis temprana, especialmente biodegradación por bacterias y hongos, y los efectos paleoambientales (pH, Eh, fuegos) sobre la formación de turbas. En el trabajo sobre caracterización de las turbas de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo (Jordan, 1987), y en la publicación "*Organic Facies, Diagenesis and Sedimentation of Peats on the Eastern Coast of Lake Maracaibo*" (Jordan,

1988), donde, se documenta la formación de turbas holocenas en ambientes tropicales.

El efecto de la meteorización sobre las rocas es uno de los temas más controversiales en los estudios geoquímicos porque afecta directamente la confiabilidad de las conclusiones. Una contribución importante a este tema es la publicación: "*Effects of Weathering of Organic Matter in the La Luna Formación, Maracaibo Basin, Western Venezuela*" (Jordan, 1986), donde se documentan los cambios que experimentan los macerales con la exposición al clima tropical húmedo. Otro tema muy relacionado con la confiabilidad de estudios geoquímicos, investigado por N. Jordan en los comienzos del laboratorio de petrografía orgánica, es el de los "Efectos contaminantes de aditivos de perforación en muestras para estudios de petrografía orgánica" (Jordan, 1983), ya que los aditivos de lignito y lignosulfonados, de no reconocerse y eliminarse, pueden afectar sustancialmente los parámetros de madurez (R_o) y potencial petrolífero (Rock-Eval).

Una derivación reciente de este último estudio ha sido su utilidad práctica para identificar lignitos venezolanos capaces de sustituir los aditivos ligníticos importados, lo cual constituye una cuantiosa erogación anual en la perforación de pozos petroleros (Jordan y Scherer, 1991).

Modelaje geoquímico

El modelaje geoquímico es una técnica muy usada en la actualidad para evaluar y jerarquizar prospectos de perforación. Existen diversos métodos y algoritmos para reconstruir el paso de la materia orgánica a través de la llamada «cocina geológica», donde se transforma en hidrocarburos. Muchos institutos de investigación tienen sus propios programas, y existen varios paquetes comerciales. La sección de geoquímica ha desarrollado una versión propia de modelaje geoquímico, el programa "SUNBURIAL", basado en el algoritmo de Lopatin del índice de temperatura-tiempo (TTI), usando las mejoras introducidas por Waples. Con este programa se han analizado pozos exploratorios recientes antes de perforar, como la simulación de la generación

y migración de hidrocarburos en el área de Guarumen (Talukdar y De Toni, 1987).

Con la participación de personal de la gerencia de Computación Técnica, se ha incurrido en el importante campo de frontera de la migración de hidrocarburos con el "Estudio de factibilidad para generar un programa de modelaje de migración de hidrocarburos en condiciones tectónicas", un título demasiado modesto, pues el informe presenta corridas experimentales de migración en dos dimensiones. Con esta metodología, generada enteramente en INTEVEP, se pretende modelar la historia geológica de soterramiento y migración en el frente de montañas del Norte de Monagas, área de primordial interés exploratorio en la actualidad.

Biotecnología

En el novedoso campo de la biotecnología se realizan esfuerzos desde hace dos años para usar ciertos microorganismos, a objeto de mejorar la recuperación de yacimientos considerados agotados por métodos de recuperación convencional. Aunque el trabajo que se realiza en este campo es intenso, no existen, por razones obvias, publicaciones que puedan citarse aquí.

Geología

La sección que en 1989 se conocía como sección de geología resulta de la integración de las antiguas secciones de sedimentología, bioestratigrafía y geomatemáticas, en la cual existían, además de las ya nombradas, pericias en petrofísica y geología regional. Por su naturaleza de geología "clásica", tuvo un comienzo más difícil que las secciones de geofísica y geoquímica, ya que las labores que allí se realizan, las filiales las consideraban de su propia incumbencia (geología de exploración) y no quisieron fomentar estas actividades en INTEVEP. Por esta razón, los primeros trabajos se limitaron esencialmente a la descripción científica detallada de núcleos, especialmente de la Faja del Orinoco y costa afuera, muchos de los cuales se estudiaban en paralelo o antes, en los laboratorios de

investigación de las antiguas casas matrices. Hasta la fecha se han descrito más de 161 pozos con su informe sedimentológico y bioestratigráfico correspondiente.

Modelos geológicos

Poco a poco la pericia acumulada en las descripciones de núcleos, la necesidad de integrar la geofísica y la geoquímica en los estudios geológicos, la conveniencia de tener los núcleos siempre en Venezuela y la presión del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, responsable para la época de la exploración de la Faja, hicieron su impacto para que se generara en INTEVEP el "Estudio geológico de subsuelo, área de Cerro Negro", por D'Suze y Aspirixaga (1981), para el cual D'Suze fue asignado por LAGOVEN por la duración del estudio.

Usando información geológica regional de la Faja y datos de producción de los pozos integrados en el yacimiento, D'Suze (1982) produce la "Evaluación geológica y formulación del modelo sedimentológico de Cerro Negro", que se puede considerar el primer modelo integrado de la Faja y que resultó ser de aplicación inmediata para los proyectos de inyección continua de vapor en el área de LAGOVEN. De esta manera, se estableció la línea principal de Investigación de la sección de geología *i.e.*, la formulación de modelos geológicos integrados.

El modelo "Cerro Negro" se puede considerar el precursor del "Modelo geológico integrado de la FPO." (Latreille *et al.*, 1983), realizado por el personal de la sección, con la participación de profesionales del BEICIP, de Francia. El "modelo de la Faja" fue incorporado en el informe "Exploración y evaluación de la Faja Petrolífera del Orinoco", realizado por un grupo de trabajo de PDVSA, integrado por G. Fiorillo, J. Iturralde, I. Bass, L. González, T. Boesi y D. Funes (Fiorillo *et al.*, 1983).

La importancia de los volúmenes de hidrocarburos encontrados en la Faja del Orinoco y la necesidad de desarrollar tecnologías propias para

producir y transportar los crudos pesados y extrapesados, generaron una etapa de evaluación y reevaluación del modelo por expertos internacionales, quienes aportaron ideas para mejorar y consolidar la interpretación geológica en sus diversos aspectos, estratigrafía sísmica, sedimentología, tectonismo, generación y migración de hidrocarburos, todo lo cual quedó resumido en la publicación de A. Isea: "*Geological Synthesis of the Orinoco Oil Belt, Eastern Venezuela*" (Isea, 1987).

Entre los primeros informes internos de la sección se destacan: "Faja Petrolífera del Orinoco - Área Cerro Negro, informe petrofísico", por Salisch (1977), que continua con el informe "Proyecto piloto de inyección, Cerro Negro", por Salisch (1978) y varios informes de progreso del mismo proyecto piloto, del cual se extrajeron valiosos datos sobre la ocurrencia del crudo en la roca, la interpretación especial de los registros con crudos extrapesados y la forma de producir los crudos pesados y extrapesados de la Faja.

Bioestratigrafía

En esta misma época se comenzó a reevaluar la bioestratigrafía de los pozos estratigráficos de la Faja del Orinoco, para lo cual se contaba con muchos núcleos obtenidos por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, los cuales fueron trasladados a INTEVEP para su estudio. Por la abundancia de facies arenosas y la escasa fauna de foraminíferos planctónicos en las secciones Terciarias y Cretáceas de la Faja se desarrollaron, en INTEVEP, zonaciones con base en polen y foraminíferos bentónicos. Estos resultados se recopilaron en informes individuales de pozos y se integraron en el trabajo "Bioestratigrafía y distribución de biofacies en pozos del Norte de la Faja Petrolífera del Orinoco" por Euribe (1981), publicado en el primer número de la Revista Técnica Intevep.

En el área de bioestratigrafía conviene mencionar los importantes esfuerzos realizados para

consolidar y mejorar la "Colección Bermúdez", la colección privada del profesor Pedro Joaquín Bermúdez, profesor e investigador de renombre internacional de la Universidad Central de Venezuela, cuya colección de libros, separatas, fotografías y láminas micro-paleontológicas fue adquirida por INTEVEP por la suma de un millón de bolívares (Bs. 1.000.000) en 1981, y constituye el núcleo de la colección micro-paleontológica más importante del país. A ella se han agregado las colecciones micro-paleontológicas de *Mene Grande* y *Texas Petroleum Company*, donadas por Corpoven en el momento de su consolidación. Además de las láminas micro-paleontológicas, se donó una porción importante de muestras geológicas de pozos exploratorios antiguos de las compañías arriba mencionadas, con lo cual fue necesario habilitar una nucleoteca para almacenar este acervo de información geológica.

El Centro de Micropaleontología "Pedro J. Bermúdez" de INTEVEP cuenta hoy en día con modernos sistemas de acceso de información, que permiten buscar el género y la especie de los foraminíferos del Cretáceo y Terciario de Venezuela y del Caribe (Cuba, República Dominicana, Panamá y Trinidad), su localización geográfica, estratigráfica y su código de acceso físico para el estudio directo del ejemplar. El Centro ha editado el Atlas de Foraminíferos del Cretáceo con los nombres taxonómicos actualizados y está en proceso de recopilar el Atlas de Foraminíferos del Terciario.

En INTEVEP, la bioestratigrafía se practica con metodología estadística multivariada, y se usa el microscopio electrónico en forma rutinaria para el estudio de los foraminíferos y de los palinomorfos, lo cual ha permitido hacer importantes contribuciones en la exploración del Norte de Paria, en Boscán y en el Táchira.

PROYECTOS INTERDISCIPLINARIOS Y ESPECIALES

La gerencia de Ciencias de la Tierra tuvo destacada actuación en dos proyectos que mar-

caron pauta en su relación con las filiales de PDVSA.

Diques de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo

Este proyecto comenzó en 1981 al observarse agrietamiento en los patios de tanques de Ulé - Tía Juana, que pudieron mapearse hasta cruzar el dique de protección costanera. Lagoven S.A. autorizó un proyecto para levantar topográficamente las grietas en toda la cuenca de subsidencia de Tía Juana y proponer soluciones geotécnicas e ingenieriles para solventar los problemas de agrietamiento, asentamientos diferenciales, reactivación de fallas cuaternarias y otros. Pronto se propusieron proyectos para evaluar y calcular la estabilidad de los diques e implantar un sistema de monitoreo sísmico de la zona de subsidencia de la COLM, incluyendo las cuencas de subsidencia de Lagunillas y Bachaquero. Durante una década un equipo multidisciplinario de ingenieros geofísicos, estructurales, geotécnicos, geólogos, geoquímicos e instrumentistas estuvo concentrado en la investigación de los diversos aspectos relacionados con la subsidencia por extracción de hidrocarburos en la COLM, compartiendo sus conocimientos con expertos de Nedeco (Holanda), Universidad de California (Berkeley), Massachusetts Institute of Technology (MIT), Universidad de Georgia, Universidad de Oxford y diversos asesores nacionales e internacionales. Esta asesoría a la Gerencia Diques y Drenajes de la División Occidente de PDVSA continúa, en escala más reducida, en la actualidad con el proyecto de la planificación de defensas costaneras de La Vaca Negra - La Dificultad, que incluye una zona de unos 120 km de longitud al sur de los diques existentes de Bachaquero hasta el sur del Lago, potencialmente protegiendo los nuevos campos de Ceuta y Tomoporo.

La extensa contribución de los investigadores de Ciencias de la Tierra se resume en el informe sobre los riesgos geológicos de los diques de la COLM, Scherer (1986), donde se detallan las

amenazas a la estabilidad de los diques por efecto de grietas, fracturas, fallas reactivadas, concentración y flujo de gas a través de arenas y turbas cuaternarias, diatomitas, asentamientos diferenciales, licuación sísmica y otros fenómenos geotécnicos. Uno de los peligros más resaltantes, la posible explosión de gas acumulado debajo o en la cercanía del dique fue tratado por Vierma (1985) donde determina que el gas de inyección en Bachaquero-Lago migra a través de fallas y fracturas y se concentra en tierra en diversos puntos cercanos al dique; fenómenos similares fueron documentados en la cuenca de Tía Juana, donde hubo varias explosiones en pozos y una en la base del dique, afortunadamente sin producir daños extensos.

Código Geológico

Con motivo de la elaboración de la tercera edición del Léxico Estratigráfico de Venezuela

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

El modelo de administración y gerencia de la investigación tiene sus efectos en el rendimiento y en la calidad de la misma. En tiempos de INVEPET y en los primeros años de INTEVEP se contaba anualmente con un presupuesto fijo para el pago de nómina y un presupuesto debidamente justificado para las inversiones en materiales y equipo, el cual fue aprobado respectivamente por el Ministerio de Energía y Minas y por PDVSA. A mediados de la década de los 80 se comenzó a ver a INTEVEP no como un centro de costos sino como una filial más, que tenía que dar beneficios económicos. En este momento comenzó a fijarse una escala de tarifas horarias en continuo incremento para los investigadores y profesionales en general, al tiempo que comenzó una escalada de sobrecostos (overhead) que incluía los gastos del CIT y del personal gerencial y directivo. El overead pasó de 20% en los años 70 hasta los 70% a finales de la década de los 90; desconozco el overead actual.

Si bien este esquema administrativo le permitió a INTEVEP operar con una mínima ganancia, trajo muchos inconvenientes en las actividades diarias del instituto. Como primera consecuencia se observaba que INTEVEP tenía que competir con empresas nacionales y extranjeras por la adjudicación de proyectos. Esto implicaba que las mejores cabezas del instituto constantemente tenían que preparar propuestas de proyectos y bajar a Caracas para defenderlo, así como el porqué asignaban tal o cual investigador al mismo y la razón de usar los métodos de laboratorio recomendados. También se implantaron complejos sistemas de control de proyecto con informes técnicos y financieros para ser llenados mensualmente, lo cual se tradujo en que el Jefe de Proyecto estaba más preocupado por llenar formularios y cuadrar presupuestos que estar pendiente del avance de la investigación. Este sistema funcionó muy bien para los denominados servicios técnicos especializados STE, pero tuvo serios efectos en la investigación aplicada y en la investigación básica.

Para remediar esta situación INTEVEP crea en 1989 la Coordinación de Investigación Básica (IBO) bajo la jefatura del Dr. Roberto Callarotti, a la cual le asignaron seis (6) investigadores de diversas disciplinas - ingeniería de petróleo, electroquímica, ingeniería eléctrica, matemática, ciencia de materiales y geología, entre ellos el autor de este artículo, los cuales podían investigar libremente dentro de sus respectivos campos con mínima interferencia de la alta gerencia y de PDVSA.

Otra barrera al buen funcionamiento, de alguna manera relacionado al aspecto administrativo, en este caso de personal, fue la dicotomía existente entre los Jefes de Sección, Jefes de Proyecto y los Tutores de Pericia, aunado al esquema de gerencia matricial. Los Jefes de Sección y los Gerentes se preocupaban de la formación científica del personal así como de su evaluación y remuneración. Los Jefes de Proyecto se ocupaban de coordinar el trabajo de los profesionales asignados, muchos hasta en tres

(3) y más proyectos, tratando de cumplir con fechas de entrega sin tener voz en la evaluación del personal.

En la década de los 80, siguiendo una tendencia general en el mundo occidental, se implantó en INTEVEP la gerencia matricial, es decir cada empleado tenía por lo menos dos jefes, la denominada "línea" compuesta de Jefe de Sección, Gerente de Departamento, Gerente General de Exploración y Producción, Director de Enlace y Presidente de INTEVEP. Por el lado matricial se crearon los Gerentes de Programa reportando al Gerente General, con sus Jefes de Proyecto reportando al Gerente de Programa y al mismo tiempo al Jefe de Sección o, en algunos pocos casos de investigadores de alto rango, al Gerente del Departamento.

Quizás como una reacción a este sistema complejo, en la nueva PDVSA INTEVEP se implantó un sistema mucho más horizontal, eliminando los Jefes de Sección y Gerentes de Programa, dejando los Gerentes de Departamento y los Tutores de Pericia; el tiempo dirá si será más exitoso.

COMENTARIOS FINALES Y AGRADECIMIENTOS

El autor de este artículo comenzó a trabajar en el antiguo Instituto Venezolano de Investigaciones Petroleras - INVEPET- en julio de 1974, el cual contaba para la fecha de 32 personas, de las cuales era el segundo geólogo después de su Presidente, el Geólogo. Humberto Calderón Berti. Como testigo pudo presenciar a lo largo de 26 años, hasta finales del año 1999. - fecha de su jubilación forzada - los progresos, aciertos y errores del naciente Instituto. En los últimos diez años mantuvo una relación cercana con los trabajos del INTEVEP a través de visitas periódicas y conversaciones con sus estudiantes y antiguos colaboradores, muchos de ellos profesionales e investigadores distinguidos en sus campos, así como gerentes y hasta vicepresidente

de Exploración y Producción de PDVSA.

Al releer este artículo, estoy embargado de sentimientos mixtos de profunda humildad por un lado, y de alegría por el otro. Humildad, al contemplar en retrospectiva lo inmenso de la tarea que nos propusimos con mucho entusiasmo en aquella época ya un tanto tejana, sin que pudiéramos imaginar lo dificultoso, y a veces espinoso y agreste del camino que íbamos a recorrer, y alegría y satisfacción al ver realizados algunos de aquellos sueños que defendíamos, y por los cuales luchábamos con una dedicación apasionada, considerada por los críticos, que nunca faltan, como de un celo excesivamente nacionalista, pero que siempre fue sincero.

Agradezco a la Junta Directiva de INTEVEP el haberme dado la oportunidad de escribir la historia de investigación en Ciencias de la Tierra con motivo del decimoquinto aniversario del instituto en 1989 - precursor del presente artículo - a todos mis discípulos, muchos de ellos hoy colegas distinguidos en el Instituto y en la IPPCN, y a mis colegas por el apoyo y la fe que han depositado en mí. Espero no defraudarlos. Es una buena y sana costumbre nombrar en esta ocasión aquellos individuos que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo. La lista es larga y no quisiera ofender involuntariamente a alguien con mi olvido. En especial, quisiera agradecer la amable colaboración de los colegas Eulogio Del Pino, Santosh Gosh, Roberto Lambertini, Irene Truskowski, Fernando Cassani, Oswaldo Gallando y Marcos Rampazzo, quienes contaron las experiencias técnicas vividas, los hitos que marcaron etapas dentro del desarrollo técnico del Departamento y proporcionaron documentación de los avances científicos más resaltantes de los primeros 15 años de vida del instituto.

La historia de investigación de los últimos 20 años se basa principalmente en el récord de publicaciones internas - informes técnicos - del instituto, listados en el sistema RIPPET del Centro de Información Técnica-CIT-. La

contribución de los investigadores se destaca nominalmente en el texto. Sin embargo, la labor inmensa de "la línea" no queda plasmada en documentos técnicos de fácil acceso, como informes y publicaciones, y es poco reconocida ya que se manifiesta de una manera palpable solamente en la buena marcha del departamento. Creo interpretar el sentimiento de mis colegas al destacar la influencia decisiva que ha moldeado el Departamento por la actuación carismática de nuestro primer gerente, el geólogo Enrique Vásquez, quien sembró mucho de lo que hoy cosechamos y quien, en posiciones más avanzadas en la IPPCN, hizo un seguimiento paternal de nuestro trabajo. Al Dr. Edgar Guevara, a quien le toco la difícil tarea de consolidar el grupo y obtener una credibilidad

técnica dentro de la industria; a los geólogos Henry Salisch, Ludovico Nicklas, Jorge Carnevali, Andreina Isea, Omar Contreras, y Bladimir Malavé, quienes dejaron su huella organizativa y que con su entusiasmo digno de pioneros nos están llevando al puesto que creemos nos corresponde dentro de la organización. A los geólogos Enrique Vásquez, Hans Krause y Omar Contreras, en su tiempo Gerentes Generales de Exploración y Producción, por implantar una política de fomento de investigación, de publicaciones y de presentaciones en congresos nacionales e internacionales, lo cual oxigena el Departamento y nos permite obtener reconocimiento en los grupos científicos internacionales, lo cual nos revitaliza. Gracias a todos ellos por su callada labor.

LITERATURA CITADA

AZPIRITXAGA, I., M. LABADY Y X. MÁRQUEZ

1981. *Petrografía de la sección tipo de la Formación La Luna, Cretáceo Superior*. Inf. No. ICT-117. 60 p., 3 mapas. INTEVEP, S.A., Los Teques.

BANCHS, R Y R. MICHELENA

2000. *Confidence intervals for petrophysical property stimulations*. Inf. Tecn. No. INT-07604,2000, INTEVEP, S.A., Los Teques.

BARKER, C Y O. GALLANGO

1982. *Organic Geochemistry and Sedimentology of the Orinoco River and Orinoco Delta, Venezuela*. Inf. Tecn.No.INT-00606,82. INTEVEP, S.A., Los Teques.

BOLÍVAR, E. Y L. VIERMA

1987. *Geoquímica del gas natural en el campo Yucal-Placer*. Inf. Tecn. No. INT-EPCT-00006,87. INTEVEP, S.A., Los Teques.

CASSANI, F.

1985. *Organic Geochemistry of Heavy and Extraheavy Crude Oils from the Eastern Venezuelan Basin*. Thesis PhD, Univ. of Bristol.

CASSANI, F.

1987. *Organic Geochemistry of Heavy and Extraheavy Crude Oils from the Eastern Venezuelan Basin*. *En Advances in Organic Geochemistry 1987. Part. Organic Geochemistry in Petroleum Exploration. Proceedings of the 13th International Meeting in Organic Geochemistry*. L. Mattavelli, L. Novelli (Pergamon Press). 13th International Meeting in Organic Geochemistry, Venice, Italy. 73-88. Sept. 21-27.

CASSANI, F., O. GALLANGO, S. TALUKDAR, C. VALLEJOS Y U. EHRMANN

1988. *Methylphenanthrene maturity index of marine source rock extracts and crude oils from the Maracaibo Basin*. *Organic Geochemistry*, V. 13, Issues 1-3, 73-80.

CASSANI, F. Y O. GALLANGO

1989. *Mezcla natural de crudos en reservorios de la Cuenca Oriental de Venezuela identificados mediante el uso de marcadores biológicos*. *Rev. Tecn. Intevep*, 8(1):31-38.1989.

- CHACÍN, O., G. DA PRAT, y E. NEGRON
1986. *Estudio de factibilidad con la técnica sísmica pozo-pozo para la detección de frentes de vapor en el proyecto M-6*. Inf. Tecn. No. INT-01677,86. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- CONTRERAS, P., O. UZCÁTEGUI y J. LARA
1999. *Migración en medios ortorrómbicos empleando ondas compresionales*. Inf. Tecn. No. INT-05970, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- CPDG.
1979. *Curso de Procesamiento de Datos Sísmicos*. Sept. 10-14. Inf. Tecn. No. INT-00200, 79. INTEVEP, S.A. Los Teques.
- D'SUZE, C
1981. AZPIRITXAGA, I. *Estudio geológico de subsuelo Área de Cerro Negro*. Inf. Tecn. No. INT-01413,81, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- D'SUZE, C.
1982. *Evaluación geológica y formulación del modelo sedimentológico de Cerro Negro*. Inf. Tecn. No. INT-01424,82. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- EURIBE, A
1981. Bioestratigrafía y distribución de biofacies en pozos del Norte de la Faja Petrolífera del Orinoco. *Rev. Tecn. Intevep*, 1 (1): 37-46.
- FERNÁNDEZ, F. y H. PASSALACQUA
1998. *Información de campos potenciales para el proyecto Costa-Afuera*. Inf. Tecn. No. INT-04912,98, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- FERNÁNDEZ, F., ET AL,
1994. *Estudio gravimétrico y magnetométrico del Occidente de Venezuela*. Inf. Tecn. No. INT-02865,94, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- FERNÁNDEZ, F. y H. PASSALACQUA
1990. *Procesamiento de datos gravimétricos y magnético de un área del Oriente de Venezuela*. Inf. Tecn. No. INT-EPCT-00002,90, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- FIORILLO, G., J. ITURRALDE, L. BASS, L. GONZÁLEZ, T. BOESI y D. FUNES
1983. *Exploración y evaluación de la Faja Petrolífera del Orinoco*. Inf. Tecn. No. INT-00777, 83. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- GALLANGO, O., S. TALUKDAR y M. CHFFIN-A-LIEN
1985. Características de los crudos marinos en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela occidental. *VI Congreso Geológico Venezolano*, Memoria, Caracas, Venezuela, HI: 1661-1693.
- GALLARDO, M.
1989. Ácidos carboxílicos como biomarcadores de migración y biodegradación en crudos venezolanos. Tesis de Maestría, Univ. Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- GARDINALI, P.
1989. Generación y maduración de ácidos carboxílicos en rocas de la Cuenca de Maracaibo. Tesis de Maestría. Univ. Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- GONZÁLEZ, M., E. ANDARA y L. LUGO
2000. *Generación de transectos para el proyecto VIPA*. Inf. Tecn. No. INT-7348,2000, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- HURTADO DE BOLÍVAR, E y F. MARCANO
1988. *Preparación de muestras de gas natural para análisis de isótopos estables de carbono e hidrogeno, Equipo GGC*. Inf. Tecn. No. INT-EPCT-00036,88. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- INTEVEP S.A.
1987. *Lineamientos y Política*. 2da. edición. Los Teques; Ediciones Técnicas, INTEVEP, S.A., 141 p.
- INVEPET.
1975. *Fundación para la Investigación en Hidrocarburos y Petroquímica, INVEPET, Diagnóstico sobre Transferencia Tecnológica de la Industria Petrolera Venezolana*, Caracas, 197 p.
- ISEA, A.
1987. Geological Synthesis of the Orinoco Oil Belt, Eastern Venezuela. *J Pet. Geol*, 10 (2): 135-148.
- JORDAN, N.
1983. Efectos contaminantes de aditivos de perforación en estudios de petrografía orgánica. *Rev. Tec. Intevep*, 3 (2): 161-166.
1986. Effects of Weathering of Organic Matter in the La Luna Formation, Maracaibo Basin, Western Venezuela. *Rev. Tecn. Intevep*, 6 (1): 31-35.
1987. *Caracterización de turbas de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo*. Inf. Tecn. No. INT-01729,87. INTEVEP, S.A., Los Teques.
1988. Organic Facies, Diagenesis and Sedimentación of Peats on the Eastern Coast of Lake Maracaibo, Western Venezuela. *Rev. Tecn. Intevep*, 8 (1):39-47.
- JORDAN, N. y W. SCHERER
1982. *Petrografía orgánica y maduración de la Formación La Luna en su sección tipo, Cretáceo de Venezuela Occidental*. *Rev. Tecn. Intevep*, 2(2): 109-120. INTEVEP, S.A., Los Teques.
1991. *Caracterización petrográfica y análisis estadístico de lignitos importados y carbones venezolanos*. Inf. Tecn. No. INT-01287, 1991, INTEVEP, S.A., Los Teques.

- KLIE, H.
1999. *A CCP stacking strategy for transversely anisotropic media*. Inf. Tecn. No. INT-06139, 1999, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- KLIE, H., C.D'AGOSTO y R. MICHELENA
1998. *Towards a robust and efficient P-S tomography procedure: Numerical Issues*. Inf. Tecn. No. INT-04562, 98, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- LATREILLE, M., BAUMAN, P., AUDEMARD, F., AUDEMARD, N., AZPIRITXAGA, I., CASSANI, F., DE MENA, I., ISEA, A, yTAHERI, M
1983. *Modelo geológico integrado de la Faja Petrolífera del Orinoco*. INTEVEP, S.A. and BEICIP, 140. Inf. Tecn. No. INT-00753,83. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- MICHELEN, R., E. GONZÁLEZ, y M. CAPELLO
1997. *Similarity analysis: a new tool to summarize seismic attributes information*. Inf. Tecn. No. INT-04324,97, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- MORA, C., y R. MICHELENA
1997. *Herramientas para análisis de ruido en sísmica 3D*. Inf. Tecn. No. INT-04302, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- PASSALACQUA, H.
1991. *Experimental electromagnetic prospecting for hydrocarbon exploration in the Venezuelan mountain fronts*. PDVSA Intevep Producción Intelectual.
- PEREIRA, J.
1979. *Análisis para la adquisición o desarrollo de un paquete de modelaje geofísico*. Inf. Tecn. No. INT-00098,79. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- PEREIRA, J. y J. PADIAN
1979. *Modelaje gravimétrico interactivo en dos dimensiones: GRAVI-2 manual del usuario*. Inf. Tecn. No. INT-00175,79. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- PEREIRA, J. y L. MORENO
1982. *Estratigrafía sísmica área Hamaca*. Inf. Tecn. No. INT-00645,82. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- PÉREZ DE LILLA, M.A. R. MICHELENA, V.Y. GRECHKA, y P. CONTRERAS
1997. *Fracture detection in a carbonate reservoir using a variety of seismic methods. Maporal Field - Venezuela*. Inf. Tecn. No. INT-04321,97, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- PÉREZREY, J.
1979. *Modelaje gravimétrico de la línea HO 45 (Cuenca Tuy-Cariaco)* Inf. Tecn. No. INT-00173,79 e INT-00174,79. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- RAMPAZZO, M. y O. CHACÍN
1986. *Resultados preliminares del análisis de dos secciones sísmicas para la detección de zonas naturalmente fracturadas en el Cretáceo y Basamento. Campo La Paz*. Inf. EPC-010233. MARAVEN, S.A. Caracas.
- REGUEIRO, J., J. DE MENA y M. RAMPAZZO
1986. *Establecimiento de una metodología para la delimitación de yacimientos de gas en el área de Los Lanudos*. Inf. Tecn. No. INT-01677,86. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- SALISCH, H.
1977. *Faja Petrolífera del Orinoco - Área de Cerro Negro: Informe petrofísico parcial, preliminar*. Inf. Tecn. No. INT-01420,77. INTEVEP, S.A., Los Teques.
1978. *Pozo PCN-7, proyecto piloto de inyección Cerro Negro, Faja Petrolífera del Orinoco, informe petrofísico preliminar*. Inf. Tecn. No. INT-00072,78. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- SCHERER, W.
1978. *Laboratorios de Ciencias de la Tierra: Informe de su organización y estado actual -1978*. Inf. Tecn. No. INT-00076,78. INTEVEP, S.A., Los Teques.
1986. *Riesgos geológicos del sistema de diques de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo*, 51 p., INT-01669,86.
- SCHERER, W. y N. JORDAN
1982. *Método para calentar yacimientos de crudos extrapesados y aumentar su permeabilidad*. Cesión de patente a INTEVEP del 21-5-82.
1983. *Consideraciones sobre origen y distribución de carbonos en la Faja Petrolífera del Orinoco*. Inf. Tecn. No. INT-01287,83. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- SPEERS, G.
1982. *Maracaibo Basin geochemical project. Nov. 1982*. Inf. T6cn. No. INT-00841, 82. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- SWEENEY, J., S. TALUKDAR, A. BURNHAM, y C. VALLEJOS
1989. *Pyrolysis Kinetics Applied to Prediction of Oil Generation in the Maracaibo Basin. En 14 Int. Meeting on Organic Geochemistry, Paris*.
- TALUKDAR, S. y B. DE TONI, B
1987. *Simulación de la generación y de migración de hidrocarburos en el área de Guarumen, Estado Cojedes y Portuguesa*. Inf. Tecn. No. INT-01752,87. INTEVEP, S.A., Los Teques.

- TALUKDAR, S., C. VALLEJOS y A. RUGGIERO
1989. Primary Migration and Expulsion Efficiency of Oil in La Luna Source Rocks of the Maracaibo Basin, Venezuela. *14 Int. Meeting on Organic Geochemistry*, Paris.
- TALUKDAR, S., O. GALLANGO y A. RUGGIERO
1985. Formaciones La Luna y Querecual de Venezuela, rocas madres de petróleo. *VI Congreso Geológico Venezolano Memoria*, Caracas, Venezuela; VI: 3606-3642.
- TALUKDAR, S., O. GALLANGO y M. CHIEN-A-LIEN
1985. Generation and Migration of Hydrocarbons in the Maracaibo Basin, Integrated Basin Study. En *Advances in Organic Geochemistry 1985. Part. 1. Petroleum Geochemistry. Proceedings of the 12th International Meeting in Organic Geochemistry*. D. Leythacuser y J. Rullkötter. (Pergamon Press). 12th International Meeting in Organic Geochemistry., Jülich, Germany. 261-279. Sept. 16-20.
- TALUKDAR, S., O. GALLANGO, C. VALLEJOS y A. RUGGIERO
1987. Observations on the Primary Migration of Oil in the La Luna Source Rocks of the Maracaibo Basin, Venezuela. En *Migration of Hydrocarbons in Sedimentary Basins.*, B. Doligez (Technip). 2nd. IFP Exploration Research Conference, Carcans, France. 59-78. Jun. 15-19.
- TORO, W., y H. KLIE
2000. *Modelando en medios anisótropos con la ecuación acústica*. Inf. Tecn. No. INT-7799, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- UZCATEGUI, O. y E. DEL PINO
1987. *E. Seismic Inversion for Mapping Porosity and Thickness by Using SVD and Geostatistic Methods, SEG Convention*, New Orleans, p. 369-371.
- VALENCIANO, A. y R. MICHELENA
1997. *Determinación de la orientación e intensidad de fracturas a partir de la correlación cruzada en datos de onda convertida P-S*. Inf. Tecn. No. INT-03445, 97, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- VALENCIANO, A., R. MICHELENA y R. BANCHS
2000. *Multicomponent stratigraphic seismic inversion and neural network based lithology classification in Zuata field*. Inf. Tecn. No. INT-07866, 2000, INTEVEP, S.A., Los Teques.
- VIERMA, L.
1979. *Estudio geoquímico de las aguas de Formación de la Formación Oficina, área Mayor de Oficina, Edo. Anzoátegui*. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela. 71 p., 2 mapas.
1981. *Evaluación geoquímica de la Formación La Luna en su sección tipo, Machiques, Edo. Zulia*. Inf. Tecn. No. INT-00503, 81, INTEVEP, S.A.; Los Teques.
1985. *Caracterización geoquímica de gas en el campo de Bachaquero y en el área adyacente al dique de protección costanera*. Inf. Tecn. No. INT-01620, 85. INTEVEP, S.A., Los Teques.
- VIERMA, L. y E. BOLÍVAR
1987. *Geoquímica del gas natural en el campo Macoya*. Inf. Tecn. No. INT-EPCT-00015, 87. INTEVEP, S.A., Los Teques.
1988. *Geoquímica del gas natural, pozos Tonoro-3, Tonoro-4 y Tonoro-5, campo Tacat - Edo. Monagas*. Inf. Tecn. No. INT-EPCT-00002, 88. INTEVEP, S.A., Los Teques.

ANEXO I

Grupos de Investigadores y Expertos

A continuación se reseñan los integrantes de los diferentes equipos de trabajo en las disciplinas de Ciencias de la Tierra representadas en INTEVEP. Estos profesionales dejaron su huella en el instituto, ya sea a través de publicaciones e informes técnicos y/o mediante sus ideas y el trabajo diario incansable. El listado se presenta en el orden aproximado de su empleo o del comienzo de sus publicaciones.

Geofísica Teórica

Jesús Pereira, Héctor Klie, Reinaldo Michelena, Claudio D'Agosto, Plácido Mora, Alejandro Valenciano, Ana María Wessolowsky, María Donati, Rafael Banchs.

Geofísica - Sísmica

Jesús Bilbao, Jim Padian, Orlando Chacín, Freddy León, J- Licheri, A. León, Fernando Tizón, Abdenago Caridad, Emilio Pantner, Eulogio del Pino, Freddy Acosta, Miguel Casanova, Omar Uzcátegui, Ricardo Plata, César Vásquez, Asdrúbal Bernal, Sara Arencibia.

Geofísica - Métodos Potenciales

Joaquín Pérez Rey, Freddy Fernández, Herminio Passalacqua, Claudia Fintina.

Bioestratigrafía

Alejandro Uribe, Iraida Paredes, Jason Crux, Maritza Canache, Omar Colmenares, Marianto Castro, Arelis Farías, Humberto Carvajal, Martha Carillo, María Gabriela Gómez, Diana Cabrera, Solangel Alfonzo.

Sedimentología

Juana Iturralde, Izaskun Azpiritxaga, Xiomara Márquez, María Labady, Andreina Isea, Bernabé Aguado, Pablo Klar, Argenis Rodríguez, Javier Picard, Clodoveo D'Suze, Javier De Mena, Mochtaba Taheri, Marcel Chien-A-Lien, Jesús Maguregui, Miguel Marquina, Anne Marie Mezones, Vania Savian.

Geología de Superficie

Andrés Pilloud, Omar Contreras, Gustavo Rodríguez.

Geología Estructural

Enrique Novoa, Bruno de Toni, Carlos Rivero, Andrés Espeso, Carlos Márquez, Redescal Uzcátegui, Esther Ascensio, Oswaldo Jiménez, Carmen Piemonti.

Geoquímica

Luis Vierma, Rafael Tocco, Fernando Cassani, Edith Hurtado de Bolívar, Fernando Marcano, Suhas Talukdar, Margarita Alberdi, Oswaldo Gallango, Adriano Parisi, Irenio Berríos, Oswaldo Moreno, Argenis Agüero, Alejandro Martínez, María Julia Méndez, Luis Bernardo, Carlos Vallejos, Nídy Jordán, Armando Ruggiero, Héctor Hernández, Héctor Henríquez.

Informática y Computación

Carolina Calimán, Ana Rosa Pisano, Carmen Piemonti.