

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO INAUGURAL

DEL AÑO ACADÉMICO 1974-1975

LEIDO EN LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 13 DE NOVIEMBRE DE 1974

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

EXCMO. SR. D. JOSE M.^a RÍOS GARCÍA



MADRID

DOMICILIO DE LA ACADEMIA

VALVERDE, 22.—TELÉFONO 221-25-29

1974

Depósito Legal: M. 34.587.-1974

TALLERES GRAFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCIA MORATO, 122.—MADRID

**GESTACION Y DESARROLLO DE UN GRAN PROYECTO
MINERO: LA EXPLOTACION DE LOS FOSFATOS EN EL
SAHARA OCCIDENTAL. LOCALIZACION, INVESTIGA-
CION Y EVALUACION DE LA ZONA RICA DE
FOSFATOS, EN BUCRAA**

GESTACION Y DESARROLLO DE UN GRAN PROYECTO MINERO: LA EXPLOTACION DE LOS FOSFATOS EN EL SAHARA OCCIDENTAL

LOCALIZACION Y EVALUACION DE LA ZONA RICA DE FOSFATOS, EN BUCRAA

Excmos. Sres. Académicos, Sras. y Sres. :

Me ha cabido el honor de dirigirme a Vds., por riguroso turno de Secciones dentro de la Academia y de personas dentro de la Sección, en ocasión de la apertura del Curso Académico 1974-1975.

Después de haber preparado el tema del Mar Mediterráneo Occidental y sus costas españolas, que de todas maneras entrego a la Academia para su publicación, si la encuentra aceptable, el reciente levantamiento de la reserva informativa sobre el Sahara me abre la oportunidad de abordar otro en el que tengo especial interés, que me es extremadamente grato y que espero atraiga también la atención de Vds., sean o no de formación científica o técnica. La Academia me autorizó amablemente a este rápido cambio de tema, de última hora.

Pocos Ingenieros de Minas habrán tenido la oportunidad de desarrollar desde su origen un proyecto que al principio pareció de nulo o muy dudoso porvenir pero que pronto se manifestó como de enorme envergadura, permitiendo hacer uso de las técnicas geológicas y mineras más avanzadas hasta alcanzar los brillantes resultados que van a ser expuestos aquí. Fué, desde el primer momento, una aventura apasionante.

Pido perdón a Vds. por expresarme en primera persona. Puede parecer inmodesto, pero es prácticamente inevitable ya que se

trata de exponer experiencias personales y hacerlo de otro modo hubiera sido literariamente incómodo y, probablemente, de expresión pretenciosa.

Haré en primer lugar una rápida exposición de antecedentes.

La existencia de material fosfatado es casi continua desde Siria y aún más allá, a lo largo de toda la costa mediterránea, por Israel, Libia, Túnez y Marruecos; por la costa atlántica en el Sahara, donde era desconocido, Mauritania, Senegal, Togo y aún posiblemente más allá. Siempre a nivel geológico parecido migrante a tramos geológicos más altos progresivamente de E. a O., pero dentro de límites estrechos, desde el Cretáceo Medio al Eógeno Superior (1). Las leyes son muy variables, según las zonas, en unos sitios apenas trazas, en otros muy ricas, en cuyo caso dan lugar a explotaciones mineras muy importantes como lo son las de Marruecos, cuya iniciación data de 1921, aunque el descubrimiento fue hecho en 1905. Bastante anteriores son las de Argel y Túnez, aunque más pobres.

El descubrimiento de la existencia de fosfatos en el Sahara Occidental fue hecho por el entonces recién licenciado y actual Catedrático de la Universidad Complutense, D. Manuel Alía Medina, ahora académico electo en esta Academia, quien atrevida y valientemente eligió dicho territorio para la realización de su tesis doctoral. En el transcurso de diversas expediciones, la primera en 1942, acompañando a nuestro Presidente de la Sección de Naturales, D. Francisco Hernández Pacheco. Después solo, en 1945, cuando por comparación de analogía entre las series estratigráficas por él estudiadas y las de Marruecos dedujo que podrían estar presentes los fosfatos al mismo nivel o cerca de él, y en 1947 en que perfeccionó sus conocimientos y el análisis de muestras le permitió afirmar la existencia de fosfatos y señalar sus áreas de presencia reconocida y posible.

Estos trabajos, en terreno que es siempre potencialmente peligroso, incluso ahora y entonces lo era mucho más, por sus circunstancias de clima y falta de apoyo humano que es lo que ocurre en los desiertos, no hubiera sido posible sin la ayuda que le prestó,

(1) Estas circunstancias así como los diferentes criaderos y yacimientos más importantes del mundo y las diversas hipótesis sobre sus génesis han sido descritas por el autor en la publicación «Yacimientos y criaderos de fosfatos y sus génesis». E. N. ADARO DE INVESTIGACIONES MINERAS, 300 pgs., Madrid, 1970.

generosamente, la Dirección de Plazas y Provincias Africanas, tanto de tipo económico, como logístico y moral (2).

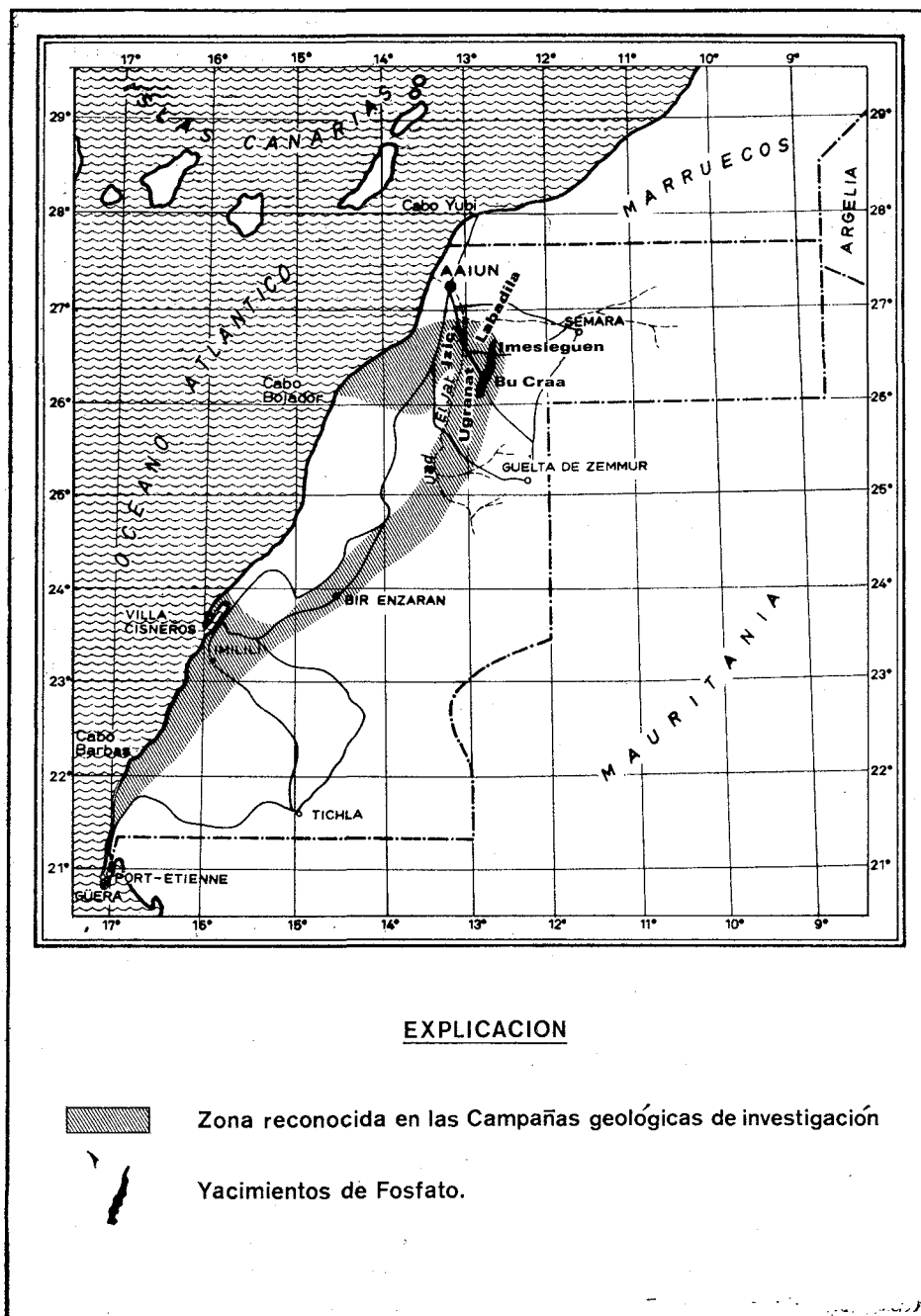
Pero antes de pasar más adelante, conviene presentar, aunque sea en esquema muy elemental, al sujeto pasivo, el desierto, el Sahara.

El Sahara Occidental (3) es, fundamentalmente, un desierto pedregoso cuya superficie es de 266.000 Km², y cuya población asentada se reúne entre tres poblaciones de desigual tamaño, El Aaiún, Villa Cisneros y Smara, diversos fuertes, y concentraciones temporales de nativos, que son aún, en gran parte, nómadas, trashumantes con sus ganados tras las lluvias y los raros pastos a que dan lugar que sustentan la vida de sus camellos, cabras y ovejas. La agricultura permanente es casi inexistente. Al N. y NE. dominan las formaciones paleozóicas, en general poco deformadas. Al Centro y SE. las precámbricas, complejas y muy trastornadas. Por el O. se extienden formaciones mesozóicas y cenozoóicas hasta el Atlántico, bajo el cual se prolongan, rara vez deformadas, pero dotadas de una pequeña y consistente inclinación de E. a O.

Esta última área, sobre todo, está recubierta en su mayor parte por formaciones cuaternarias de costra en manto continuo, de modo que las mesozóicas y paleocenas solo afloran en los flancos de las cicatrices de erosión profunda, y sobre todo en los de la Seguiamel-Hamra que es el curso más importante de una red fluvial actualmente desecada, pero por la que corrió abundantemente el agua en tiempos incluso de la prehistoria del hombre que cazó en selvas o sabanas, y pescó en sus orillas. En sentido geográfico es esta-

(2) Es curioso que la existencia del fosfato pasase inadvertida a dos Ingenieros de Minas tan expertos y avezados como lo fueron D. Luis Jordana Soler y D. Víctor Felgueroso Figar. En septiembre de 1940 realizaron una expedición geológico minera en el Sahara Occidental que describe el primero de ellos en un folleto raro, de escasa difusión y muy poco conocido titulado «Posibilidades petrolíferas en la zona de la Seguiamel-Hamra (Sahara Español)» año 1940, 31 páginas y un mapa en color. Tras unas explicaciones geográficas e históricas hay una somera descripción geológica que afecta al Eoceno Inferior, Cretáceo Superior y Devoniano (en Smara). Pero su atención fue atraída por la presencia de margas bituminosas en el Cretáceo y la presencia de material fosfático les pasó inadvertida.

(3) Una descripción de las circunstancias geográficas, geológicas, ecológicas y humanas de los desiertos en general y del Sahara en particular se encuentra en la obra de A. Gabriel, «Los desiertos de la Tierra y su exploración», traducida por J. M.^a Ríos y publicada por la Editorial Alhambra, 188 páginas, Madrid, 1972.



dísticamente plana, sobre todo en su sector occidental. Sobre una cota media reducida se alzan bajas mesetas y montes isla y a menor altura yacen los cursos de las seguias o cequias. En la superficie del terreno domina la dura costra cuaternaria recubierta por piedras y cantos diseminados, a veces también bloques, pero escasa arena, que solo abunda en las importantes dunas que jalonan todo a lo largo la costa atlántica, de 8 a 12 Km de anchura, y cientos de Kms. de longitud, pero cuya altura máxima es de 12-14 m. y otras cadenas de dunas al interior, menos continuas e importantes. Pequeñas dunas, de cms., y arenas volanderas las hay en todo el territorio, pero lo que principalmente se percibe es la dura y lisa costra pétreas unas veces silíceas otras calcáreas, oscura y sombría o más clara, con escasa vegetación, acacias espinosas dispersas salvo alguna rara concentración, y más abundantes y robustas en los cauces de las seguias.

Es en este ingrato territorio, de clima extremado, duro y difícil, donde se adentró valientemente Alía Medina, en el curso de cuyas exploraciones hizo el descubrimiento. No es lógico que éste pudiera hacerse más que donde se hizo, en los flancos de la Seguia-el-Hamra, que han tajado la costra o tapadera cuaternaria, y han puesto de manifiesto las formaciones del Cretáceo Superior y Eoceno Inferior en que se desarrollan las capas de fosfatos. El primer hallazgo lo hizo en la zona de Izic y siguió sus trazas por los flancos hasta las zonas de Laabadila e Imesleguen, lo que permitió una primera delimitación de zonas de interés y la presunción de una hipotética extensión bajo la enigmática tapadera del Cuaternario.

Comunicado este importante descubrimiento al Gobierno y al Generalísimo, se dispuso que el I. N. I. comenzase inmediatamente una campaña de investigación y en su caso de explotación del yacimiento encontrado que se centraba en la zona de Izic donde las leyes de mineral resultaron más altas. Así comenzó a finales de 1947 la «etapa ADARO» a cuya Empresa encomendó el I. N. I. el encargo recibido del Gobierno, con una primera expedición que llevaron a cabo en noviembre de 1947, D. Manuel Alía Medina y D. José de la Viña y Villa, Ingeniero de Minas de la plantilla de ADARO, quienes presentaron un informe en términos muy generales en enero de 1948, señalando como áreas de interés, Uad Laabadila, Seguia-el-Hamra hasta el Jat, y la mesa de Izic, hasta límites indeterminados.

Las labores reales de índole geológico-minera comenzaron en noviembre de 1948, encomendadas a un grupo dirigido por de la Viña, al que se agregó más adelante D. Carlos Muñoz Cabezón, Ingeniero de Minas, también de la plantilla de ADARO, con el asesoramiento geológico de Alía Medina. Muñoz Cabezón, formado a mi lado en el Instituto Geológico, con larga experiencia de sondeos adquirida en las actividades de ADARO y VALDEBRO, jugaría más adelante un importante papel como gerente de ENMINSA primero y de FOSBUCRAA después.

Las investigaciones se realizaron mediante reconocimiento de observación directa en la Segua-el-Hamra y los uads, en la medida en que lo permitía la profundidad de excavación natural, y en catas, sondeos y labores mineras tales como pozos y galerías.

Llegaron a los resultados siguientes :

Uad Laabadila : 3 niveles, el mayor de 0,90 m. Ley de 49 por 100 FTC = 22,5 P_2O_5 .

Izic : 3 niveles, el mayor de 2 m. Ley de 50 por 100 FTC, algo menos de 23 por 100 P_2O_5 .

Los sondeos y las labores mineras pusieron de manifiesto que las formaciones geológicas aparecen recortadas a profundidad de 57,47 m. por un nivel acuífero continuo de salinidad al 7 ‰, con respecto al cual se disponían con ligera oblicuidad debida a su propia inclinación.

Sin duda pensarían que el enriquecimiento, de haberlo, se produciría hacia el oeste, puesto que orientaron progresivamente las investigaciones en esa dirección, hasta llegar al Atlántico, hasta Cabo Bojador, con resultados cada vez más bajos en dirección a la costa y nulos a lo largo de ella. Posiblemente influiría también la presión psicológica de tratar de reducir, si era posible, el costoso problema de transporte del mineral hasta el mar, su única salida factible.

Por el E. y SE., la cobertura cuaternaria extiende un impenetrable manto sobre las formaciones que contienen el fosfato que interrumpido por erosiones en paleocanales darían la impresión de terminar en esas direcciones.

La actividad de aquel equipo se concentró, en consecuencia, sobre la zona de Izic, y es allí donde realizaron las más importantes tareas de investigación directa antes mencionadas.

En 1956, llevó a cabo la Empresa ADARO una valoración

de resultados que dió balance negativo como consecuencia de las siguientes dificultades : escaso volumen de posibilidad de explotación a cielo abierto y elevado costo y complicación de la subterránea ; presencia de dos esterilidades duras y gruesas entre los niveles fosfatados ; baja ley absoluta, defecto que agravaba las dificultades mineras.

Hecho el estudio económico, la Empresa ADARO aconsejó la paralización, criterio que hizo suyo el I. N. I. y que apoyó el Gobierno, suspendiéndose las actividades en 1956. Se retiró y conservó el material que se pudo, el cual se almacenó en El Aaiún, en las instalaciones de la base de ADARO, que quedaron cerradas con solo un vigilante.

En diciembre de 1958 se promulgó la Ley de Investigación de Hidrocarburos que tan intensa y rápida labor de prospección y de ejecución de sondeos desencadenó en el Sahara, realizándose el primer sondeo (GULF) en 1960. Por aquel motivo visité por primera vez el Sahara, en 1959, en una inolvidable expedición organizada por el I. N. I. para evaluar las posibilidades petrolíferas, formando parte de un grupo dirigido por D. Santiago García Fuente, Ingeniero de Minas, Jefe entonces de la Sección de Minería del Instituto, e integrado por de la Viña, Muñoz Cabezón y yo mismo. Acompañábamos a geólogos alemanes, americanos y franceses pertenecientes a grupos o compañías interesadas igualmente en la expedición y propicias a asociarse al I. N. I. en la aventura de los petróleos. Recorrimos gran parte del territorio, desde El Aaiún a la frontera oriental, y luego descendimos en zig zag hasta el confín mauritano. Fue inolvidable por el sabor aventurero de la expedición, en camiones y vehículos todo terreno, pernoctando en tiendas y viendo y viviendo un terreno descarnado, del máximo interés para el geólogo. Ofrecía además como alicientes la novedad, al ambiente, la soledad y el alejamiento de todo problema que no fuera puramente geológico y logístico.

La campaña de petróleos en el Sahara se desarrolló muy rápida y activamente. Los resultados de algunos de los sondeos entonces realizados nos fueron después utilísimos para la orientación inicial de nuestras futuras investigaciones, incluso alguno cortó el lecho de fosfato, sin que, afortunadamente para nosotros, se apercibieran, por su índole terroso-arenosa, deleznable, de inconspicua presencia y por hallarse en los niveles altos de la serie estratigráfica

en los que lo interesante es la velocidad de avance y preocupa poco la índole de las formaciones. El interés de las compañías se agotó, en parte por los decepcionantes resultados de los sondeos, y en parte porque se desvió a operaciones en áreas descubiertas entonces como muy prometedoras, como Australia y Mar del Norte, por lo que la actividad quedó pronto prácticamente extinta. Para nosotros tuvo la ventaja de que había mejorado algo las estructuras básicas del territorio. El Aaiún ya no era, en 1961, el villorrio de 1959 ; es bien conocido, aunque sólo sea por el cine, lo que el dinero de los petroleros influye en los ambientes ; no mejoró las pistas, pero se abrieron otras, y, sobre todo quedó varada en El Aaiún, o concentrada en otros puntos, cantidad de material, camiones, vehículos, viviendas, etc., que pudimos adquirir después en buenas condiciones y que nos fue utilísimo para salvar las primeras dificultades de instalación.

ETAPA DE LOCALIZACIÓN, INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA ZONA RICA DE FOSFATOS, EN BUCRAA, REALIZADA POR ENMINSA

En octubre de 1960, y teniendo como punto de partida el informe negativo de la Empresa ADARO que preveía cuatro posibilidades de reactivación, el Gobierno da instrucciones para que se inicie la puesta en marcha de una de ellas, referente a montaje de una planta piloto, por cuyo rendimiento se podría juzgar si estaba o no justificada una posible futura explotación de la zona de Izic. Se insta al I. N. I. para que se constituya, a este objeto, una comisión gestora o empresa que estudie la instalación y funcionamiento de la planta piloto y, en su caso, de explotación del yacimiento. Su primera tarea sería la de actualización de costes de instalación y funcionamiento de la planta piloto prevista por ADARO. En noviembre del mismo año, el Consejo del I. N. I., atendiendo a la anterior instrucción del Gobierno, acuerda proponer a éste la constitución de la Empresa y señala las personas que habrían de regirla : D. José M.^a Ríos, Ingeniero de Minas, como Presidente ; D. José de la Viña, Ingeniero de Minas, como Gerente ; D. Carlos Muñoz Cabezón, Ingeniero de Minas, como Secretario del Consejo ; y los Sres. D. Juan de Arespachaga, Ingeniero de Caminos, D. Ricardo Benitez de Lugo, Abogado, D. Juan

Antonio Comba, Ingeniero de Minas, D. José M.^a González Ferrando, Profesor Mercantil, y D. Fernando Pérez Barrueco, Militar, como Consejeros. Todos ellos afectos, o bien al I. N. I. o a sus Empresas, o a la administración del Estado. Se señala en la propuesta que las circunstancias adversas que aconsejaron la paralización de actividades en el año 1956, podrían haber quedado superadas por diversas mejoras en las circunstancias económicas y adelantos técnicos acaecidos desde entonces, y también en la mejora estructural del territorio como consecuencia de las campañas de actividad petrolífera.

En las primeras fechas de diciembre, fui recibido por el entonces Presidente del I. N. I., Excmo. Sr. D. Juan Antonio Suanzes, quien me ofreció personalmente la Presidencia y gestión de la futura Sociedad, con cuyo encargo me sentí sumamente honrado pero también preocupado. No obstante, la Comisión tardó bastante en ser constituida y aún más en convertirse en Empresa.

A finales del año 1960 o comienzos del 1961, fuimos llamados de la Viña y yo de nuevo a la Presidencia del I. N. I. e instruidos para actuar en el interín sin demora y con rapidez, con objeto de ganar tiempo hasta la constitución de la comisión o empresa, iniciando ya los estudios y actividades. Era intención del I. N. I. que éstas no se limitasen al fosfato, sino que se extendieran a otros minerales, lo que no prosperó ni entonces ni más adelante, aunque se llegó a formar para este objeto una comisión en 1969.

En marzo de 1961 iniciamos las primeras actividades relativas al estudio del enriquecimiento de los minerales de Izic, tras haber buscado local, nuestra primera oficina, en la calle de Velázquez, y reclutado algún personal administrativo. Se establecieron contactos con algunas entidades españolas y extranjeras especializadas o dotadas de material adecuado para esta clase de estudios, pero no prosperaron por no haberles interesado.

Cumpliendo con las instrucciones de rapidez trazamos un plan de actuaciones sobre la base de actividades propias. En octubre de 1961 se contrató un ingeniero de minas y en seguida un químico, que deberían ocuparse inmediatamente de los problemas de preparación del mineral. El químico D. Luis Pascual prestó, y sigue prestando, muy brillantes servicios en la Empresa. Con el gerente y técnicos se visitaron las explotaciones e instalaciones de beneficio de Túnez e Israel. En mi caso esta visita fue mi primer

contacto directo con la minería del fosfato, e incluso con el mineral, que sólo conocía por las muestras vistas en las clases de la Escuela de Minas y por las de los museos, pero es bien cierto que el fosfato puede presentar los aspectos más diversos, increíbles y desconcertantes, como pudimos comprobar bastantes años más tarde en Bangkok, donde se hallaba reunida una completísima colección de minerales de todas procedencias. Ahora bien, los de Túnez e Israel pertenecen al mismo ámbito y época que los del Sahara y son de parecida constitución y aspecto. Con muestras extraídas de Izic se iniciaron ensayos en septiembre de 1961, en las plantas de las firmas Humboldt, de Colonia, y de Minerais et Metaux, en París, con la asistencia física de nuestros técnicos. De manera menos formal se llevaron a cabo ensayos en las firmas Denver, de Londres, y en Israel, por la Compañía de Fosfatos del Negev.

Dado que la explotación de Izic, de ser viable, sería necesario llevarla a cabo en explotación subterránea, se proyectó perforar un plano inclinado para montar ensayos de maquinaria de explotación y transporte en interior, con arreglo a los grandes avances que habían experimentado en los últimos tiempos aquellos procedimientos en el sentido de una mecanización muy avanzada, casi total. A fin de conocer los últimos adelantos visitamos, en Alemania, diversas minas de casi total mecanización, en arranque, sostenimiento y transporte. El perfecto conocimiento que tenía de la Viña de toda la labor realizada en Izic durante la etapa ADARO fue de gran utilidad en esta etapa.

Lo que proyectábamos por entonces era establecer una planta piloto capaz de tratar 15 toneladas/hora, o sea 360 toneladas/día de todo uno. Se preveían una instalación de clasificación primaria, silos reguladores y planta propiamente dicha, que trabajaría con agua salada obtenida de la mina de Izic, salvo la del lavado final que debería ser dulce.

En noviembre de 1961 presentó la dimisión, a petición propia, el Sr. de la Viña, renunciando al cargo de gerente de la futura Comisión o Empresa, para el que estaba propuesto y como tal actuaba desde hacía casi un año, aunque no había sido nombrado oficialmente. Al ser aceptada su dimisión por el I. N. I., en vista de la fuerza de las razones de tipo personal en que se basaba y habiendo pedido que yo hiciese propuesta para sucesor, di el nombre de D. Carlos Muñoz, que había sido alumno mío en la Escuela,

distinguido en geología, que practicó a mi lado en el Instituto Geológico, y con una intensa experiencia del Sahara adquirida al lado del Sr. de la Viña, de quien fue adjunto en toda la etapa ADARO y con intensa y extensa experiencia en operaciones de sondeo, adquirida en las actividades de ADARO y VALDEBRO. Esta proposición fue aceptada y Muñoz pasó inmediatamente a desarrollar dicha función.

Mientras tanto los resultados de los ensayos encargados eran contradictorios. Unos recomendaban la calcinación, otros la flotación, con su exigencia de grandes cantidades de agua dulce. Decidimos tomar el asunto en nuestras propias manos, ya que nuestros ingenieros y químico, que habían seguido el curso de los ensayos en Alemania y Francia, se consideraban suficientemente impuestos en la materia.

Urgía, por consiguiente, adelantar en la investigación minera de Izic, para poder disponer de material adecuado para los ensayos de tratamiento en suficiente cantidad, de una calidad media de ley aceptable y uniforme, para un período prolongado de tiempo. Nuestro objetivo, entonces, era llegar a un producto final de ley media de 33 por 100 $P_2O_5 = 72,1$ de $(PO_4)_2 Ca_3$ o F. T. C. o B. P. L. (Bone Phosphate of Lime, como se conoce el producto en el mercado internacional), partiendo de un producto de mina que debería tener, al menos, 20 por 100 P_2O_5 o 44 por 100 de F. T. C.

Para ir organizando sobre el terreno estas tareas, se utilizaron los viejos camiones y vehículos todo terreno de la etapa ADARO, ya muy trabajados, guardados desde entonces pero que renovamos, y pronto se adquirieron vehículos nuevos tanto en camiones (2 Pegaso de 12 y 6 toneladas) como en vehículos todo terreno (2 Land-Rover), para el movimiento de técnicos y personal. Este personal necesitaba alojamiento y se encargó a un arquitecto el proyecto de residencia en El Aaiún. También se examinaron diversos tipos de barracones preconstruidos, desmontables, para ser utilizados en la mina de Izic. Para abastecimiento de agua potable, escasísima en todo el territorio se proyectó una mejora de captación en el tradicional pozo manantial de Melehes o Lemlihas, al pie de la meseta de Izic, en la Seguia-el-Hamra, con aguas de calidad muy aceptable, pero escasas. Realizada la labor más adelante, se amplió considerablemente el rendimiento y de este agua se surtió el personal,

maquinaria delicada y vehículos hasta años después. El agua de Lemlihas constituyó durante gran parte de la campaña de investigación un elemento vital para el desarrollo de la misma.

Problema grave lo constituían los transportes terrestres, ya que las escasas vías de comunicación preparadas que existían eran pistas de tierra, con enormes y frecuentes baches y ondulado transversal que constituían un auténtico suplicio, de modo que era preferible salir de ellas y marchar por el desierto evitando las piedras grandes, sin perder de vista las pistas, ya que allí se carece de referencias para la orientación. El desgaste del material rodante y de los neumáticos es siempre grande, incluso en los tiempos actuales, por el polvo de arena que se infiltra por todas partes, pero entonces era enorme y la vida de los vehículos brevísima. Otro problema fundamental lo constituía el del desembarco del material. Por no existir desembarcadero o puerto utilizable, toda clase de material y suministro era desembarcado en barcasas de tipo militar y proa abatible, sobre la playa. Tampoco contábamos al principio con medios mecánicos de carga y descarga, que había de hacerse a brazo. El coeficiente de pérdidas y roturas era muy elevado. Esta situación no se remedió totalmente hasta mucho más adelante con la construcción del embarcadero de mineral.

También en noviembre de 1961, el I. N. I. presentó al Gobierno un proyecto de creación de Empresa, mejor que Gestora. Se fijaba en dos años, a partir del momento de plenitud de iniciativa e independencia de actuación mediante establecimiento de la Empresa, el plazo necesario para llegar al fin señalado como meta que era la actualización de los proyectos de la etapa ADARO.

La investigación de petróleos se desarrollaba mientras tanto activa y simultáneamente por muchas compañías, lo que producía mejoras y ventajas, pero también encarecimientos.

El programa establecido a fin de año contaba entre otros objetivos los siguientes : reconocimiento detallado por pozos y sondeos del yacimiento conocido (Izic) en seis meses ; captación de aguas en Lemlihas ; perforación de un pozo plano para ensayos de explotación, en cuatro meses, que debería iniciarse al terminar el reconocimiento ; estudio de maquinaria minera para labores subterráneas ; investigación en áreas más extensas del yacimiento así como de aguas subterráneas mediante sondas sobre camiones ; y una vez terminados los ensayos de preparación, realizar el estudio, con

casas especialistas, del proyecto de planta piloto a escala semi-industrial.

El problema de la preparación del mineral se planteaba, en líneas generales, como de disgregación y separación de los gránulos más o menos redondeados u oolíticos de fosfato unidos por un cemento fosfatado o calizo, o de gránulos de caliza recubiertos de fosfato, y de eliminación de la caliza así como de otros elementos menos dominantes como sílex y materia orgánica.

Sin embargo, el I. N. I. decidió la creación de una Comisión Gestora en lugar de una Empresa. La verdad es que su entusiasmo por el proyecto no era muy grande, lo que estaba muy justificado porque la experiencia que íbamos adquiriendo en Izic no permitía abrigar ninguna perspectiva lisonjera a este respecto. Con leyes tan pobres, dificultades mineras tan graves, y poca claridad respecto del proceso de tratamiento, las mejoras en los procesos técnicos, o no resultaban aplicables, o no alcanzaban de todos modos a dar un nivel susceptible de rentabilidad. Lo que no fue obstáculo para que el I. N. I. ofreciese un apoyo total e incondicional al buen desarrollo de las actividades de la Comisión.

El cambio de gerente tuvo lugar virtualmente a fin del año 1961 y el 2 de febrero de 1962, fue dada a conocer por el I. N. I., la composición de la Comisión Gestora integrada por los Sres. Ríos, Presidente y Ruiz Benitez de Lugo, Arespacochaga, Comba, García Ormaechea, González Ferrando y Muñoz como Consejeros. Se nos ofreció el total apoyo del Instituto en todas las esferas de nuestras actividades.

Comenzaba una nueva etapa que era en realidad la verdadera puesta en marcha. Se caracterizó por una verdadera austeridad para todo gasto que no fuera imprescindible o aconsejable, dadas las dudosas perspectivas de entonces. Elaboramos, en febrero de 1962, un plan de actividades que tenía con respecto al anterior una gran novedad. Se trataba, en primer lugar, de cumplir el encargo inicial : actualización del proyecto de la etapa ADARO, pero, a la vista de la manifiesta pobreza de Izic, decidimos iniciar un plan de investigación muy sistemático de todas las posibilidades de extensión a otras áreas, tras un detallado análisis de las ya conocidas, tanto en afloramientos como en labores subterráneas, para lo cual deberíamos seguir esa información a lo largo de los afloramientos mientras fuera posible, y más allá de las posibles disconti-

nuidades, así como bajo el manto cuaternario. Utilizando para ello los más refinados métodos geológicos y paleontológicos hasta llegar a establecer los límites reales de la cuenca de fosfato, variaciones de calidad dentro de ella y, a ser posible, su génesis para tratar de localizar la causa de estas variaciones y la dirección o direcciones de enriquecimiento progresivo si se daban.

Al primer objetivo general, o inicial, le denominamos «Proyecto A»; al segundo, generado por nosotros mismos, «Proyecto B».

El «Proyecto A», incluía, entre otras muchas cosas las siguientes : investigación sistemática sobre red de triángulos equiláteros de 1 km. de lado, en cada uno de cuyos vértices había una labor (cata, sondeo o pozo) ; preparación del pozo 31 de la etapa ADARO como más adecuado para obtener las muestras necesarias para los ensayos de concentración ; establecimiento de una buena captación en el pozo Lemlihas ; contratación con la Empresa ADARO del estudio de la microfauna ; adelantar lo más posible los ensayos de concentración para montaje de una planta piloto ; establecer todos los elementos necesarios, residencias, talleres, oficinas, almacenes, etc., en El Aaiún, como base de actividades centrales. Todo ello a ser realizado en plazo de dos años y la mayor parte en un año.

El «Proyecto B», incluía : adquisición de la fotografía aérea necesaria para estudios fotogeológicos ; recopilación y valoración de datos obtenidos por las compañías petroleras ; contratación con entidad responsable, los estudios geológicos, sobre la base de equipos mixtos con vistas sobre todo a la sedimentología ; utilización de los métodos de prospección geofísica y por sondeos que fueran necesarios o aconsejables. Su duración se establecía en ocho meses porque debería apoyar además el desarrollo del «Plan A».

El 5 de febrero de 1962 tuvo lugar la constitución de la Comisión y la celebración de su primera reunión.

El 10 de febrero, volé con el gerente a Las Palmas y a El Aaiún. Era nuestra primera visita en cumplimiento formal de la función encomendada que abordábamos con tanta inquietud, por las dificultades que preveíamos, como ilusión por la índole geológico-ingenieril de la tarea y emoción por la vuelta a un territorio del que Muñoz tenía una larga e intensa experiencia y yo un viví-

simo recuerdo. Nos entregamos de lleno a nuestra tarea. Nuestros objetivos : dar los primeros pasos para el establecimiento de una delegación en Las Palmas, como centro de ligazón de actividades entre Madrid y El Aaiún, de compra de material y vituallas, contratación de personal isleño y de descanso para el futuro personal en sus fatigosas y prolongadas estancias en el desierto. Esta delegación sabíamos que iba a ser una pieza trascendente en nuestro juego y así fue. Ha desarrollado un papel importantísimo en los campos mencionados, y en algunos más, hasta convertirse finalmente, mucho más adelante, en la sede oficial de la Empresa (FOSBUCRAA). Nombramos un delegado, D. Federico Rodríguez Cayuela, quien desde entonces viene rigiéndola con gran eficacia. De momento quedó instalada en un modesto local alquilado, pero después se trasladó a un chalet sencillo pero confortable, que albergaba no sólo nuestra reducida oficina sino a la familia del delegado y disponía de un par de habitaciones para transeuntes.

Visitamos diversas compañías petroleras (casi todas tenían sus oficinas de operaciones en Las Palmas) para obtener la información geológica que necesitábamos y que conseguimos sin dificultad. Nos fue muy útil pues de ella pudimos inferir, aunque sólo fuera aproximadamente, la traza en superficie del contacto Cretáceo-Eoceno. También las columnas estratigráficas nos fueron útiles por el nivel de silexitas negras que acompaña al fosfato y que habían utilizado los petroleros en sus correlaciones por tratarse de un nivel muy destacado en las perforaciones debido a su dureza ; igualmente nos interesamos por la información hidrogeológica. Tuvimos largas consultas con geólogos de diversas compañías sobre estos y otros aspectos y problemas geológicos. Nos entrevistamos con los representantes de la compañía concesionaria de la cuadrícula 15 en que enclava el área de nuestro interés de entonces. No habían observado la presencia de fosfato en sus perforaciones. Una recomendación nos fue hecha, por los técnicos de una compañía, que resultó muy útil : el empleo del Widco-Logger, como máquina portátil y ligera de geofísica eléctrica de sondeos, utilizable con aguas salobres y saladas, con la que se obtenían registros y correlaciones de gran claridad. También tratamos aspectos de la utilización de la micropaleontología como elemento de correlación. Los petroleros eran escépticos por tratarse en nuestro caso de tan redu-

cidos espesores, pero lo cierto es que para nosotros fue, más adelante, de utilidad fundamental.

En el Aaiún examinamos las instalaciones y material de ADARO que nos habían sido traspasadas, las evaluamos y nos hicimos cargo de ellas; tanto su estado de utilidad como de conservación eran muy variables. Los primeros días dormíamos en el suelo, en colchonetas, hasta que una empresa constructora nos ofreció, amablemente, el uso de su residencia, con generosa hospitalidad.

Visitamos la zona de fosfatos de Izic, tanto en los flancos donde aflora el mineral como sobre la meseta, donde habían radicado las actividades de ADARO, y evaluamos el estado de las instalaciones. Pero también dedicamos atención al flanco opuesto de la Seguia-el-Hamra, que allí ofrece anchura muy considerable.

La mesa de Izic es una planicie prácticamente horizontal, correspondiente a una superficie de arrasamiento que corta sesgadamente los estratos cuya inclinación es ligera, pero sensible al O.SO. 30'00), de modo que cada nivel se hunde progresivamente cada vez más en esa dirección, es decir, hacia el Atlántico. La anchura media de la mesa de Izic es de 20-25 km., pero es muy alargada, unos 40 km., flanqueada por uads o seguías, entre ellas la del Hamra.

En el flanco correspondiente a el Hamra aflora no solamente el fosfato sino también el nivel de sílex negro, cuya utilidad había sido apreciada y señalada por los petroleros. También a nosotros nos fue muy útil en correlaciones y seguimientos laterales, mientras persistieron sus afloramientos. También vi allí, por primera vez, el mineral en su sitio, como una masa terroso-arcillosa, compacta, de tonos oscuros, con nódulos de sílex, pero en zonas más ricas su aspecto es una arena arcillosa de grano fino, dorada y deleznable con la mano en corte fresco. Visitamos prácticamente todas las labores, unas en galería en los flancos, otras en pozos o zanjas sobre la mesa de Izic y nos formamos nuestra composición de lugar, tanto geológica, como de material e instalaciones.

Ya se dijo antes que el conjunto fosfatero está en el Eoceno Inferior, y la parte interesante se compone allí de tres niveles con dos esterilidades sílexíticas intercaladas. Esta serie principal fosfática (hay otras por encima y por debajo) mide en conjunto medio 27 m. y tiene un contenido medio de 55 % BPL = 25,19 P_2O_5 .

(para esta calidad el contenido es de 47 millones de Tm. bajo 2.000 Km² de superficie de terreno) y la calidad es muy variable. Meditamos y discutimos mucho, junto con un ingeniero alemán especialista, acerca de las posibilidades y métodos de explotación subterránea, sobre todo de los que dieran mayor cabida a mecanización, pero no progresamos mucho en estos temas porque pronto se desvaneció nuestro interés por la zona conforme adelantaban nuestras investigaciones en las áreas más orientales cuya prospección estábamos realizando simultáneamente.

Examinamos también cuidadosamente el área de Lemlihas para decidir las labores de captación y ampliación del manantial conocido, lo que hicimos poco después mediante una galería arqueada con dos bocas, abierta al pie del flanco que domina al manadero. Muñoz quedó sobre el terreno ejecutando los acuerdos tomados.

En abril de 1962, fuí llamado por el Presidente del I. N. I., quien me hizo saber que vistas las dificultades y trabas que la falta de autonomía originaba a la Comisión (y que se habían acusado sobre todo para la adquisición de barracones, que urgían mucho) se había decidido convertirla en Empresa. En esa misma entrevista se autorizó a seguir adelante en la construcción de una base en El Aaiún con residencia para técnicos superiores y medios y mano de obra cualificada.

En 28 de junio de 1962, celebró su sexta y última reunión de Consejo la Comisión y en 4 de julio celebró su primera reunión como Consejo de la recién creada Empresa, que se denominó Empresa Nacional Minera del Sahara (ENMINSA)

En octubre de 1962, el Excmo. Sr. D. Luis Carrero Blanco, entonces Ministro de la Presidencia del Gobierno, visitó las instalaciones de Aaiún y mesa de Izic y le fueron expuestas nuestras actividades hasta entonces y los proyectos que nos proponíamos realizar, recibiendo su aprobación y la promesa de su apoyo. En esta ocasión le dimos a conocer nuestro propósito de cumplir hasta el fin el encargo inicial (Proyecto A) y de desarrollar simultáneamente el estudio geológico-sedimentológico general de la región (Proyecto B).

Para esta época los estudios de microfósiles recogidos en los cuidadosos estudios y desmuestres realizados en todas las zonas de afloramiento de fosfatos, cuya clasificación había sido encomen-

dada a la E. N. ADARO, estaban ya muy adelantados y los resultados sobrepasaban todas nuestras esperanzas (los pronósticos de los petroleros, como dijimos antes, eran pesimistas para esta escala de grosores). En 100 m. de espesor se habían determinado hasta siete niveles micropaleontológicos suficientemente distintos ; al techo teníamos el nivel de *Fronicularia fosfática*, que tanto juego nos daría después, en correlaciones y sondeos, y al muro el de *Siphogenerinoides*. Ello nos daba base para extender las investigaciones y delimitar el área de interés en las tres direcciones aún inéditas, E., O. y S., ya que la terminación N., nos era ya entonces bien conocida, así como para encontrar la ley y dirección de enriquecimiento del mineral, si es que la había.

También para entonces los ensayos en HUMBOLDT, a la escala y circunstancias de laboratorio y en la planta semi industrial, habían permitido elevar la ley hasta un 78 %, aunque con rendimiento bajo ; DENVER y WEDAG lo habían logrado hasta un 65 %, empleando sólo flotación y agua salada para el tratamiento con un rendimiento de sólo 50 % de recuperación. Aunque malos no eran totalmente desanimadores los resultados técnicos de estos estudios, pero no estaban cifrados económicamente, ni se veían buenas perspectivas para el coste de las labores mineras subterráneas.

Expuestos nuestros planes futuros ante el Presidente del I.N.I., primero y ante el Ministro de la Presidencia después en su visita al Sahara en octubre de 1962, y obtenida la aprobación no sólo a nuestro plan de actualización de Izic, Plan A, sino también a la extensión de la explotación a zonas inéditas, nuestro Plan B, no comprendido en el mandato original, pusimos rápidamente en marcha ambos proyectos. Ello arrastraba consigo el establecimiento de colaboración con el Instituto Francés del Petróleo para prestación de geólogos sedimentólogos, con experiencia de trabajo en zonas desérticas ; la obtención de fotografías aéreas adquiridas unas, obtenidas mediante vuelos propios otras, hasta completar un mapa fotogeológico, y la realización de una extensa campaña de sondeos. Nuestros criterios básicos fueron : sistematización al máximo de la investigación ; uso de todas las técnicas geológicas y geofísicas que pareciesen necesarias ; agotamiento de todas las posibilidades de exploración ; y para el plan minero de Izic : arranque de 250 toneladas/día de mineral bruto y obtención de 125 toneladas/día de con-

centrado de ley 34 % P_2O_5 = 74,256 % de F. T. C., después de tratado en la planta piloto (en cuyo diseño se trabajaba ya) con un consumo de 350 m³/día de agua salobre y de 18 m³/día de agua dulce. La energía había de obtenerse en una planta de 500 KVA, para la etapa experimental.

Entonces empleábamos ya 98 personas en total, incluido el personal de Madrid y Las Palmas, y se había de alcanzar un empleo de 200 personas en el desarrollo de la etapa experimental. Había otro plan trazado para la etapa industrial, pero al descubrirse BuCraa y abandonar Izic, fue olvidado.

No me ocuparé más del Plan A, pues los estudios que realizábamos en forma muy sistemática, tanto de prospección como de laboratorio, acusaban ya una serie de deficiencias que seguían haciendo económicamente imposible la explotación de Izic, de lo que se había ido informando periódicamente al I. N. I.

Estábamos volcados en el Plan B. Los equipos mixtos del I. F. P. y de la Empresa realizaban muy activamente las campañas previstas para cubrir todos los objetivos propuestos. El equipo estaba integrado por dos geólogos del I. F. P. y dos geólogos de ENMINSA. El I. F. P., renovó su equipo alguna vez, el de ENMINSA estuvo integrado en las campañas iniciales por Don Herminio Blanco, pero enseguida se agregó a él D. Joaquín del Valle de Lerchundi, ambos ingenieros de minas, y este último con larga experiencia en geología y geofísica, auxiliar mío en la Cátedra y en la Sección de Estudios Geológicos que dirigía en el Instituto Geológico y Minero de España. El primero residía permanentemente en El Aaiún desde el comienzo de las actividades geológicas y había seguido paso a paso su desarrollo. Todas las iniciativas partían de ENMINSA, que era la que planeaba y dirigía las campañas. Los geólogos del I. F. P. eran extremadamente competentes. Fue una colaboración muy fructífera, cordial y bien entendida.

La primera campaña de desarrollo de este plan se extendió del 14 de octubre al 20 de diciembre de 1962, en la zona de Izic-Itgui. Las consecuencias geológicas que se obtuvieron de este estudio fueron trascendentales para el futuro descubrimiento de Bucraa. La costa original estaba situada al E., en la época de deposición de los fosfatos; al O., reinaban ambientes pelágicos. Por el estudio de otras cuencas de índole parecida se sabía que la génesis del fos-

fato requiere medio marino salino en aguas limpias con profundidad inferior a 200 m., tanto en plataformas continentales como en cuencas inferiores susceptibles de hundimiento, pero en comunicación permanente con el mar abierto. La dirección de investigación era evidentemente al E. y SE., región donde en cierta extensión aún había afloramientos, que permitirían un rendimiento óptimo a los estudios sedimentológicos.

La segunda campaña se desarrolló entre el 20 de marzo y el 1 de junio de 1963, en las zonas de Laabadila-Immesleguen-Bucraa, siguiendo el anterior criterio. En la zona de Laabadila, dirección E., se acusaron mejora de calidades de mineral en alguna capa, mejores circunstancias sedimentarias (más apropiadas para la formación de fosfatos), pero también menor potencia en cada capa y mayor abundancia e importancia de los niveles silíceos, tan engorrosos como esterilidad en la minería por su dureza. El conjunto de paquetes fosfatados era más grueso, 42 m., la riqueza conjunta menor que en Izic. En la zona de Immesleguen, dirección SE., se encontraba la misma serie de Izic pero con diferentes facies en la serie fosfática que allí es de plataforma más próxima a la costa. La serie fosfatada más delgada, 17 m., contra los 27 m. de Izic, con niveles fosfáticos más gruesos, leyes más altas y los niveles mejor definidos. Pudimos comprobar que, de manera sistemática, a menor grosor del conjunto fosfático correspondía una mayor mineralización. Algunos niveles de Izic perdían interés, otros en cambio eran más potentes, hasta 3,60 m., y las leyes más altas, hasta 27,5 % P_2O_5 = ± 60 % F. T. C. Pero todavía los dos niveles en que se concentraba el interés aparecían separados por una esterilidad silícea de 15-30 cm. Eran más abundantes los coprolitos y los restos óseos y dientes de pez. Se encontraba algo de yeso.

Era evidente que estábamos en el buen camino, y el entusiasmo y la impaciencia nos empujaban con apremio creciente. Estábamos, además, al borde de los límites de afloramientos y la capacidad de observación directa estaba agotada. Más allá, en la prometedora dirección SE. y S., sólo se veía una inmensa planicie recubierta con un manto continuo de formaciones recientes que ocultaba todo. Estábamos en mayo de 1963. El calor fuerte se echaba encima y hacía imposible el mantenimiento de equipos en el interior y mucho menos el desarrollo de una actividad tan fatigosa. Decidimos explorar rápidamente la posibilidad que ofrecía la

dirección prevista mediante la ejecución de tres sondeos de 100 m. que buscasen la supuesta margen del afloramiento del Paleoceno, cuyo trazado imaginario se podía entrever como resultado de las investigaciones de los petroleros, y también por los estudios de los materiales detríticos del manto cuaternario, que nos había permitido localizar en diversos puntos los microfósiles de techo y muro, la *Fronicularia fosfática* y los *Siphogenerinoides*.

El sondeo número uno se situó 30 Km. al SE. del centro de Izic, el número dos a 12,15 Km. al S. del uno, y el número tres a 11 Km. al S. del dos. Se ejecutaron conforme al plan previsto. El primero y el segundo confirmaron nuestras predicciones; el número uno mejoraba las condiciones de Laabadila, en la forma prevista y el número dos, igualmente, al número uno.

LOCALIZACIÓN, INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA ZONA DE BUCRAA

Pero el sondeo clave, el del descubrimiento, fue el sondeo tres, el de Bucraa. Bucraa era un punto estratégico en las rutas nómadas, cruce de varias de ellas, señalado por una acacia espinosa desmelenada en la dirección del viento dominante; muy conocido en el territorio y registrado en los mapas. Yace en una pedregosa planicie recubierta de materiales cuaternarios que se extiende a perderse de vista en todas las direcciones. Sahara típico, podría decirse, prototípico. El fosfato se cortó el día 28 de mayo de 1963. Por consiguiente el descubrimiento de la zona rica tuvo lugar diez meses después de iniciadas las campañas de investigación.

El sondeo número tres, de Bucraa, o del descubrimiento, encontró la capa de fosfato a la profundidad de 3,70 m., con grosor de 5,60 m. y ley de algo más del 28 % $P_2O_5 = 61,4$ % F. T. C. Estaba comprendido entre los niveles de *Fronicularia* y *Siphogenerinoides*. Las diagráfias obtenidas con el Widco-Logger nos indicaban que se trataba de una agregación de los niveles interesantes en uno solo, por desaparición de las esterilidades intermedias. Una sola y rica capa de fosfato representaba todo lo interesante del paquete de Izic e Immesleguen. No solamente teníamos una ventaja en la calidad, sino otras muy grandes mineras: proximidad a la superficie con posibilidad de minería a cielo abierto, desaparición de esterilidades, lo que favorecía tanto a la extracción como

a la preparación. La capa estaba perfectamente definida, al techo y al muro, lo que constituía una gran ventaja para la prosecución de la investigación. La pendiente general del conjunto estratigráfico es de 30,00 y su rumbo de S26° O.

Un entusiasmo febril se apoderó de todos, desde los directivos hasta el último pinche. Hay que decir que tampoco había faltado antes, pues si bien el encargo había parecido al principio empresa poco lucida y destinada a un fracaso probable, que el I. N. I. aceptó como una obligación, poco a poco los resultados fueron abriendo horizontes cada vez más esperanzadores, y este descubrimiento era casi la culminación, puesto que preveíamos que la formación se prolongaba extensamente. Se habían confirmado nuestros supuestos sedimentológicos : a mínimos de espesor de la serie, máximos de las capas, de su riqueza y óptima definición de las mismas y podíamos esperar, lógica y razonablemente, que estas circunstancias no se limitasen a un ambiente restringido.

La disposición general era la siguiente :

	Laabadila	Izic	Immesleguen	Bucraa
Profundidad del techo	23 m.	51 m.	20 m.	30 m.
Grosor de (4) la capa	42 m.	27 m.	17 m.	13,5 m.
Ley media en P_2O_5	14 %	21 %	27,5 %	31,32

Los niveles fosfáticos en Bucraa, como en el resto, se desarrollan entre el Maestrichtense Superior y el Paleoceno Inferior. La capa rica se sitúa en el Paleoceno Inferior.

Dada la profundidad a que se encontraba la capa y su inclinación el afloramiento debería encontrarse muy cerca por el E., pero era invisible aquí como en toda la mesa de Izic bajo la costra cuaternaria.

Nuestro descubrimiento fue comunicado rápidamente al I.N.I., donde encontró el eco que merecía y si antes no se nos habían escatimado los medios ni los apoyos, ahora se nos apremiaba para que los ampliásemos y fueran aplicados.

En julio de 1963, se incorporó al Consejo de Administración de ENMINSA, D. Ignacio Martel, más tarde almirante de la Armada.

(4) Se expresa aquí el grosor del paquete, no el de la capa de fosfatos.

Se trazaron febrilmente los planes de trabajo que nos permitiesen lo más rápidamente posible la delimitación de la zona rica recién descubierta, para lo cual se decidió realizar una campaña de investigación completamente sistemática consistente en situar labores en los vértices de una cuadrícula de 1 Km. de lado, a lo largo de 70 Km. y ancho de 6 Km. con un total de 766 vértices y orientada de NE. a SO. En cada uno de estos vértices había de practicarse una labor adecuada a su situación, pozo o sondeo, que permitiese la obtención de un corte completo de la capa, formaciones de techo, y muro y una evaluación de la capa fosfática en calidad, composición y ley.

El Ingeniero de Minas D. Gregorio González-Irún, que había sido contratado en 1 de enero de 1962 por sus conocimientos de matemática estadística quedó encargado de la evaluación de los resultados por el procedimiento geoestadístico, mediante estudio de varianzas y co-varianzas.

Esta campaña de investigación de la zona de Bucraa-Immesleguen se extendió desde la alineación AE hasta la CS sobre una superficie de 402 Km². Una campaña topográfica fijó primeramente en el terreno los vértices de emplazamiento de labores, mediante sólidos mojones de cemento marcados con la designación del punto. Se realizaron 245 labores de pozo que sumaron 3.796 m. y 533 sondeos que sumaron 23.837 m.

Los sondeos se reconocían mediante diagrfías obtenidas con el Widco-Logger. Como detalle anecdótico diremos que realizamos algún sondeo de gran diámetro por el que se hizo descender a una persona para examinar la capa y obtener muestras. También se utilizó, en algunas zonas, el sistema de doble sondeo, mediante el cual se avanzaba rápidamente en el primero sin obtención de testigos, hasta cortar el muro de la capa; las diagrfías nos denotaban la situación exacta de la capa y, en el segundo sondeo, se llegaba directamente a ella y sólo se desmuestra su grosor, con lo que se conseguía mayor rapidez y economía (en la zona más occidental, de sondeos profundos). Se llevaron a cabo 15.114 análisis de fosfato obtenido.

El resultado final fué, una extensión de 286 Km² sobre fosfato comprobado de una calidad mínima de 25,00 % de P₂O₅ y media de 31,32 %. El grosor de la capa de fosfato variaba entre máximo de 5,02 m. y mínimo de 2,95 m., con promedio de 3,98

metros. En algunas zonas el contenido en mina de P_2O_5 alcanzaba el 36,5 % $P_2O_5 = \pm 80$ % F. T. C. Se calculó la relación límite de proporción de recubrimiento, que permitiese una explotación rentable a cielo abierto y el trazado de esa línea venía a coincidir, grosso modo, con la de anegamiento de la capa mineral bajo el manto de gua salada. Este límite estaba reconocido de modo continuo por la campaña de exploración.

El tonelaje conjunto de la zona de Bucraa, era de 1.700 millones de toneladas, incluidas en una faja continua de 49 Km. de largo por 6 Km. de ancho, toda ella bajo la cobertura o costra cuaternaria.

Análisis de una muestra de mina

P_2O_5	32,23
CaO	45,51
SiO_2	10,23
PP-c a 1.050° C	4,36
F	3,42
SO_3	2,22
Fe_2O_3	0,40
Al_2O_3	0,61
Cl	0,32
MgO	0,2

Los estudios realizados nos permitieron conocer antes de iniciar los planes de explotación la situación y conformación del techo y muro, representados en una cartografía básica a la escala 1 :5.000, y los cálculos del Sr. González-Irún nos dieron la distribución de calidades por niveles y zonas, así como las áreas en que la información era insuficiente o inconsistente y exigía la ejecución de nuevas labores, lo que se hizo situando, en donde fue necesario, otras en los centros de la malla.

El reconocimiento de Bu-Craa iniciado en septiembre de 1963 fué terminado en mayo de 1964. Partíamos para la planificación de la explotación de un conocimiento del cuerpo mineral perfecto para las necesidades entonces planteadas. La explotación minera día a día requirió más adelante un perfeccionamiento del conocimiento.

Quedaba así descubierto y conocido Bu-Craa y cancelado Izic. El descubrimiento de Bu-Craa, no fue, por consiguiente, un hecho

casual, sino el resultado final de una planificación cuidadosa, del empleo de los recursos técnicos y de las personas adecuadas. Todo ello realizado en una región sin afloramientos y en durísimas condiciones de trabajo, como consecuencia de las directrices obtenidas donde era posible obtenerlas más fácil, rápida y económicamente, en la zona de afloramientos.

Ni que decir tiene que tanto el Consejo de Administración como todo el personal de ENMINSA se veían consumidos por un ansia febril por avanzar en el camino recién descubierto.

La tarea del Consejo era múltiple y de gran responsabilidad. Había que fijar, ante todo, la dimensión del proyecto, el volumen de explotación. Había que cambiar la mentalidad totalmente, de explotación raquítica en labores de mina y de mina pobre, a mentalidad de gran minería en «strip mining», con movimiento de enormes volúmenes de recubrimiento hasta desnudar la capa de fosfato. Había que resolver un transporte de casi 100 km. hasta la costa. Había que preparar el mineral, eliminar lo estéril y lo nocivo para los procesos de utilización del producto y, finalmente, embarcarlo en una costa difícil por ser muy tendida y barrida por intensas corrientes costeras sobre una ancha plataforma de escasa profundidad. Hay que decir que el Consejo estuvo a la altura de las circunstancias. Si hasta entonces habíamos sido muy parcos en nuestras inversiones, vistas las malas perspectivas de Izic, ahora había que actuar en grande, en proporción con la importancia del descubrimiento. Eramos perfectamente conscientes de que habíamos descubierto la mayor mina de fosfatos del mundo, ya que si en Florida los yacimientos eran más extensos, su propiedad estaba dividida en, por lo menos, doce compañías distintas, y si los de Marruecos estaban en una sola mano, en cambio se repartía en diversas áreas distintas unas de otras, con diversidad también de características y calidades aunque en conjunto reuniesen un total de reservas extraordinario. ENMINSA se había convertido en la tercera fuerza de tan importante campo de actividad económica.

Personalmente, de un encargo fundamentalmente geológico que me fue encomendado seguramente por mi especialidad, me vi embarcado en una gran tarea fundamentalmente minera. Pero aunque geólogo por especialización era Ingeniero de Minas no sólo por profesión sino también por vocación, y aunque alejado siempre del ejercicio directo de la minería mis campañas geológicas me

habían permitido visitar muchas minas de todas clases, oportunidad que no desaprovechaba nunca, y mi afiliación permanente a la Escuela de Minas me había mantenido en comunicación constante con este objeto primordial de la profesión.

Una preocupación inmediata del Consejo fue reconocer la totalidad del Sahara occidental para saber exactamente la delimitación del fosfato, cualquiera que fuera su calidad, porque en geología ni la continuidad ni la discontinuidad están nunca garantizadas, hay que comprobarlas sobre el terreno. No queríamos tener competidores en el propio territorio. En consecuencia examinamos todas las posibilidades hasta agotarlas. En el Pre Cambriano podía haber fosfatos ligados a rocas hipogénicas o metamórficas (como los que la U. R. S. S. explota en la península de Kola a gran escala). Los antecedentes, aunque poco fiables, y desde luego de muy pequeña densidad de observación, no habían señalado nada. Por otra parte la dificultad y coste de su minería, la lejanía de la costa y la extrema inhospitalidad de clima y territorio hacían inverosímil la posibilidad de competencia, aun en el caso improbable de que fueran hallados. Las áreas paleozóicas eran mucho mejor conocidas por las investigaciones de petróleos, y tampoco se habían señalado en ellas indicios. Además el problema de transporte pesaba demasiado. Era absolutamente imposible que nada en aquella zona, de existir, pudiese competir con las condiciones mineras de Bu-Craa. Su exploración quedó descartada.

En cumplimiento del encargo original, el área de Izic quedó perfectamente evaluada y establecidas las circunstancias que podrían hacer posible su explotación.

Las campañas primera y segunda habían delimitado, a satisfacción nuestra, las zonas de posible fosfato al N., NE. y E. Quedaban ahora las zonas al S., SO. y O. ¿Podrían hallarse allí otras zonas de fosfato rico? ¿Incluso más cerca de la costa, con menor problema de transporte? Necesitábamos estar seguros de ello lo más rápidamente posible.

La campaña de exploración de Bu-Craa nos había puesto de manifiesto de manera indudable que la capa se empobrecía en dirección S.-SO. al verse invadido el nivel de fosfato por materiales arenosos finos, que son los que impusieron el límite meridional de la zona de fosfatos ricos.

En consecuencia organizamos, a este fin, cuatro campañas más.

La tercera, desarrollada entre 24 de octubre y 21 de diciembre de 1963, se extendió desde el S. de Bu-Craa a Uad Uetat, hasta la zona E. y S. de Villa Cisneros; fue reconocida mediante 20 sondeos, que sumaron 426 m. y cinco cortes estatigráficos continuos a distancias de 8 km. La capa persiste, pero se vé invadida, de abajo a arriba, por sedimentos arenosos finos que la empobrecen. En la zona de Villa Cisneros los niveles fosfatados son pobres y discontinuos, de espesor muy reducido; su facies es pelágica.

La cuarta, desarrollada el 10 de marzo y 26 de abril de 1964, exploró la zona comprendida entre el Uad Uetat y Bir Enzaran, una superficie de desierto pedregoso con gran recubrimiento. Se llevaron a cabo 64 sondeos, de 138 m. de profundidad con un total de 2.438 m., y cortes cada 30 km. La capa fosfatada mide de 1-2 m., con baja ley y mucha sílice, a unos 70-100 km. al S., SE. de Bu-Craa; en el resto nada. En la zona de Aaiún, y bajo una hamada caliza de varios metros de espesor, hay una serie terciaria diferente y sin fosfato.

En julio de 1964, D. Ricardo Ruiz y Benítez de Lugo fue designado vicepresidente de ENMINSA.

La quinta campaña, desarrollada en octubre de 1964, se destinó a rellenar un hueco informativo entre Izic e Immesleguen. Confirmó los pormenores de una composición geológica intermedia y permitió mejorar el conocimiento de la correlación entre ambos sectores.

La sexta y última campaña, desarrollada entre el 14 y 28 de enero de 1965, fue una ampliación, en dirección S., de la última campaña, para no dejar nada fuera del saco, y confirmó los resultados negativos previstos.

En abril de 1965 se incorporó al Consejo de Administración D. Francisco Moreno Arenas, abogado, por designación del I. N. I.

Tranquilizados con respecto a la posibilidad de existencia de otras áreas de interés, hicimos una reconsideración general de lo hallado en Bu-Craa, sobre la experiencia ganada en el estudio de 2.250.000 Ha. de terreno, cubierto por 1.440.000 Ha. de mapas fotogeológicos, con 116 sondeos que sumaban 4.900 m. y con sus

correspondientes diagráfiás, expresado todo en 61 cortes geológicos seriados, sedimentología estudiada en 865 muestras y análisis químicos de 717 muestras. Contenía 1.700.000 toneladas con ley media de todo uno de 30,696 P_2O_5 = 67 % FTC. El coste total de la investigación por tonelada de mineral contenido en la zona de Bu-Craa fue de 0,07 pesetas.

El mineral de Bu-Craa es de diferente calidad organoléptica, con su bello color amarillo dorado ; es deleznable, compuesto por pseudo-oolitos y en facies litoral. Parecido a él es el de Imesleguen, pero los de Izic y Laabadila son de tonos gris oscuros, en oolitos, con capas alternantes de fosfato y calcita, ganga margosa fétida y restos de peces, correspondientes a una facies más profunda. El conjunto se manifiesta transgresivo en dirección SE. y en esa dirección la serie es menos potente pero las capas más gruesas, hasta reunirse en una sola por desaparición de las esterilidades intercalares, y abundan las arcillas silíceas, las silexitas y también son más abundantes los yesos.

De todos modos consideró el Consejo que era una obligación moral de ENMINSA contribuir al mejor conocimiento de la génesis de sus fosfatos en particular y de los sedimentarios en general mediante un estudio cuidado de la información recogida, estudio que se encargó al I. F. P por su extensa y profunda experiencia en este tema, tan importante en la prospección del petróleo. Los resultados no fueron totalmente concluyentes, lo que no es de extrañar dada la complejidad y lo poco a fondo que se conocen los fenómenos que rigen la génesis de este tipo de yacimiento (*), puesto de manifiesto por la diversidad y variedad de teorías enunciadas para los fosfatos mediterráneos y otros. Por lo que esperamos, para poder afianzar las conclusiones, a los resultados del óptimo conocimiento, continuo, que se obtiene de la explotación del mineral.

(5) No hay que confundir la experiencia que se obtiene de la observación y comparación con las circunstancias que acompañan a la disposición de otros yacimientos de indole parecida, que es un método de prospección por analogías, y el intento de interpretación de la génesis que es, por ahora, un campo meramente especulativo, dado que aún no se conocen bien las circunstancias físicas y químicas que rigen el fenómeno, ni el origen del ión fósforo en las aguas oceánicas ni el de su agregación a otros y su precipitación. Las hipótesis, variadas y diversas, enunciadas a este respecto pueden consultarse en la mencionada obra «Yacimientos y criaderos de fosfatos y sus génesis».

Puede decirse que con estas actividades quedó completado el descubrimiento de la zona rica de fosfato en Bu-Craa mediante su investigación, cubicación y evaluación y, finalmente, con su delimitación y con la delimitación y evaluación de la totalidad del área posiblemente fosfatada correspondiente al confín cretáceo-paleógeno. Vino después la azarosa y complicada etapa de su preparación para la explotación, mediante la concepción del conjunto del complejo minero, desarrollo de los proyectos y su ejecución hasta la puesta definitiva en producción, que tuvo lugar en marzo de 1973. La falta de tiempo me impide desarrollar en esta ocasión tema tan sugestivo.

No quiero terminar esta exposición sin manifestar públicamente que el éxito se logró gracias al espíritu de sacrificio, entusiasmo y entrega a la tarea del reducido conjunto de gentes de todas categorías laborales, a cuyo esfuerzo se debió el magnífico rendimiento en fruto, rapidez y economía.