



INFORME

SOBRE EL RECONOCIMIENTO

DE LA

SERRANÍA DE RONDA

POR

D. DOMINGO DE ORUETA

Ingeniero de Minas.

Minerales de Cromo, Níquel, Platino
otros muy importantes industrialmente



MADRID



1-176

INFORME
SOBRE EL RECONOCIMIENTO
DE LA
SERRANÍA DE RONDA
POR
D. DOMINGO DE ORUETA
Ingeniero de Minas.

R 66.279



Informe sobre el reconocimiento de la Serranía de Ronda

Antecedentes.

En los comienzos del año 1913, el ingeniero jefe de minas don Domingo de Orueta y Duarte concibió la idea de emprender un estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda (1).

El ingeniero Orueta no pertenecía entonces al Instituto Geológico de España, del cual es Vocal en la actualidad. Desempeñaba el cargo de profesor de Electrotecnia en la Escuela de Capataces de Minas, Hornos y Máquinas de Mieres (Asturias), y por esto hubo de solicitar del Ministerio de Fomento licencia para ausentarse de dicha Escuela durante algunos meses de cada año, para poder recorrer la región. Al pedir esta licencia hizo constar el Sr. Orueta que sería de su cuenta el sueldo del profesor, ingeniero de minas, que le substituyese en su cátedra durante su ausencia. Así lo hizo el Sr. Orueta cuando el Excmo. Sr. Ministro de Fomento le concedió el permiso solicitado, cuya concesión se hizo por medio de una Real orden. Así, pues, los trabajos del Sr. Orueta en la Serranía de Ronda se han hecho con carácter extraoficial y por cuenta de dicho Sr. Orueta, sin que el Estado le haya abonado dietas ni sueldo por este trabajo.

El entonces Director del Instituto Geológico de España, el Ilmo. Sr. D. Luis de Adaro y Magro, rogó al Sr. Orueta lo acompañase en sus excursiones y trabajos de laboratorio uno de los

(1) Los motivos que le indujeron a emprender este estudio, así como los resultados del mismo, están expuestos en una Memoria titulada *Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda*, publicada por el Instituto Geológico de España en el año 1917.

ingenieros agregados al Instituto, con objeto de que este ingeniero practicase la geología en aquella tan importante región. El señor Orueta aceptó esta idea y fué nombrado para acompañarlo el ingeniero de minas D. Pablo Fernández Iruegas, que hacía poco tiempo había ingresado en el Instituto Geológico de España.

Se debe consignar, antes de pasar adelante, que aun cuando el Sr. Fernández Iruegas, debido a su exagerada modestia, se ha considerado y ha actuado durante el transcurso del estudio de la Serranía como un discípulo del Sr. Orueta, el papel que en realidad ha desempeñado no ha sido el de tal discípulo, sino el de un valioso e inteligente colaborador. Al poco tiempo de comenzar dicho estudio, el Sr. F. Iruegas se había habituado al especial carácter geológico de aquella región, y al reconocimiento de sus rocas, y, como consecuencia de esto, sus observaciones, notas y bosquejos, fueron de suma utilidad, así como también lo fueron los trabajos hechos por dicho ingeniero en el laboratorio que posee el señor Orueta en Gijón, en el cual se realizaron los trabajos petrográficos.

A poco de comenzar el estudio de la Serranía de Ronda hubo de llamar poderosamente la atención de los citados ingenieros la naturaleza de las rocas eruptivas, que tanta importancia tienen en aquella Serranía por su extensión y por los fenómenos que su emergencia ha originado. Y más todavía que la naturaleza misma de las rocas, resultaba extraña la clasificación que de ellas habían hecho los que primero habían estudiado a esta región. Un examen detenido de estas rocas, hecho, tanto sobre el terreno, como en preparaciones microscópicas; la comparación con las rocas de otras regiones y la clase de fenómenos metamórficos producidos por la masa eruptiva en la caja que la rodea, permitió a los señores Orueta y F. Iruegas clasificarlas debidamente y rectificar la interpretación, un tanto errónea, que sobre ellas habían emitido sus antecesores. Quedó demostrado hasta la evidencia que la enorme masa hipogénica de la Serranía de Ronda pertenece al grupo de rocas llamado *peridotitas básicas*.

Pero esta clasificación llevaba aparejada consigo la siguiente

inevitable consecuencia: «Siendo las peridotitas básicas las rocas matrices de todos los yacimientos de platino hoy conocidos, cabe en lo posible, y hasta en lo probable, que en la Serranía de Ronda, mejor dicho, en los aluviones de sus ríos, exista el metal platino.»

Procedía, pues, hacer una investigación en este sentido, en el de buscar dicho metal, cerciorándose de su presencia o de su ausencia. Así se hizo. En la segunda expedición a la Serranía recogió el Sr. Orueta muestras de arenas de los ríos que sospechaba pudieran ser platiníferos, así como también muestras de las terrazas de aluvión, cortadas y puestas al descubierto por las desnudaciones naturales.

Estas muestras, debidamente concentradas por procedimientos de lavado mecánico, se sometieron, durante el verano de 1914, a un análisis espectral, que se hizo en el Laboratorio para investigaciones físicas, que dirige D. Blas Cabrera y Felipe, y en cuyo Laboratorio existen los potentes y perfectísimos espectroscopios indispensables para una investigación tan difícil como era la del platino en aquellos sedimentos.

Esta investigación la emprendió el profesor especialista don Santiago Piña de Rubíes, que ha acompañado al profesor Duparc a Los Urales y conoce a fondo a las rocas peridotíticas y al platino. Lo guió en ella, con su absoluto dominio del espectroscopio, el profesor D. Ángel del Campo, y después de repetidas pruebas y comparaciones sistemáticas con espectros tipos, quedó de manifiesto la existencia del platino en los referidos depósitos, apareciendo las rayas que caracterizan a este metal en las fotografías que se obtuvieron del espectro que daban dichos depósitos. Este resultado espectrográfico se confirmó después por el análisis químico de sedimentos más concentrados. Quedó, pues, demostrada la existencia del platino en los aluviones de la Serranía de Ronda.

Este resultado, aun cuando sólo era entonces puramente científico, animaba a continuar las investigaciones en el sentido de ver si el hallazgo del metal tenía valor industrial o no lo tenía. Así se hizo. El Sr. Orueta se procuró, a su costa, un material completo

para sondear los aluviones de la Serranía hasta una profundidad de 20 a 30 metros, tomando muestras de sedimentos, que después se concentraban. Consiguió también, después de algunos esfuerzos, enseñar a varios obreros de su fábrica de Gijón los procedimientos de sondeo, concentrado y lavado. Con estos elementos se emprendieron trabajos de investigación más en grande que se llevaron a cabo durante el otoño de 1914 y primavera y verano de 1915, siendo ayudado eficazmente en ellos el Sr. Orueta por su hijo D. Manuel de Orueta y Castañeda, también ingeniero de minas.

El resultado de ellos fué cerciorarse de la existencia del platino en la Serranía, poder determinar la manera y condiciones con que este metal se presenta, reunir algunos gramos de él que permitieran hacer un análisis químico demostrativo de que el platino de dicha región tiene la misma ley que el de los Urales, y, por último, hacer concebir la probabilidad, nada más que la probabilidad, de que los yacimientos platiníferos de la Serranía podían tener algún valor industrial. Esto último no pasaba de ser una probabilidad, porque el reconocimiento hecho por el Sr. Orueta fué demasiado somero para poder afirmar más, debido a que sus medios pecuniarios no le permitieron dar a aquél mayor extensión.

La situación del Sr. Orueta en aquel entonces (otoño de 1915) era algo extraña y anómala. Por una parte había descubierto en la Serranía de Ronda un metal cuyo valor es grande y cuyos yacimientos podían tener, por lo mismo, un valor también grande. El Sr. Orueta había hecho aquellos estudios y los trabajos de reconocimiento por su exclusiva cuenta, sin que el Estado abonase nada de ellos, y esto, unido a su situación independiente, le daba perfecto derecho legal a disponer de aquello en provecho propio. Por otra parte, los estudios científicos que antecedieron al descubrimiento del platino los había hecho el Sr. Orueta bajo los auspicios del Instituto Geológico, y aunque esto no fuera suficiente para modificar en nada al derecho legal del Sr. Orueta, había, sí, un cierto matiz moral que inclinaba a este ingeniero a contar con el Estado español antes de disponer de aquellos yacimientos. Había,

por último, una circunstancia que obligaba a tomar una determinación inmediata. El valor de los yacimientos de la Serranía era totalmente desconocido. Lo mismo podían representar una riqueza grande que ser, tan sólo, una curiosidad científica. Esta incertidumbre no se podía resolver más que de un modo: haciendo un reconocimiento sistemático de la región, con sondas y demás aparatos potentes, y esto representaba un gasto de 300.000 pesetas, al cual no podía hacer frente el Sr. Orueta.

Por esto, teniendo en cuenta las diversas fases del asunto, y después de haber meditado sobre él con la debida calma y de haber consultado con personas capaces de aconsejarlo, decidió el Sr. Orueta exponer a sus jefes y compañeros del Cuerpo de Minas todo lo hecho y encontrado hasta entonces, así como el estado del asunto, para dar a éste cierto carácter de publicidad oficial y para que dichos jefes y compañeros pudieran emitir su valiosa opinión. Al efecto, hizo la exposición antedicha en el Instituto de Ingenieros Civiles, rogándole a la Junta directiva del mismo se tomase taquigráficamente la conferencia; para que luego, una vez impresa, pudiera servir al Sr. Orueta de testimonio y de prueba cada vez que le hiciera falta demostrar las cosas que había afirmado, las que había negado y las que le parecían dudosas.

El Sr. Orueta en su conferencia expuso todos, absolutamente todos, los antecedentes del asunto. Esta conferencia tuvo lugar el 30 de Octubre de 1915 en el referido Instituto, y a los pocos días estaba impresa y entregada a todos los centros científicos de España.

Hay en ella algunos párrafos que, por su relación con lo que exponemos en este informe, tienen especial interés, por lo cual los vamos a transcribir literalmente. El Sr. Orueta, después de exponer la conveniencia de hacer un reconocimiento detenido y sistemático de la Serranía, estudió varias soluciones, ofreció al Estado los yacimientos, sin restricción alguna, y manifestó lo que procedía con respecto al valor industrial de estos yacimientos, con objeto de fijar bien las ideas e impedir se forjasen ilusiones sobre dicho valor. Decía así el Sr. Orueta:

«Tal es el estado de la cuestión. Vamos a examinar ahora las soluciones que se presentan.

»Desde luego hay la que siempre se sigue cuando los asuntos llegan al estado que acabo de exponer: dirigirse a una persona o a una entidad, nacional o extranjera, que tenga dinero, exponerle el asunto, y que vea si le conviene hacer ese reconocimiento en la región en cuestión. Y esto fué lo que primero se me ocurrió. Conozco a algunas entidades en España, y, sobre todo, fuera de España, que han trabajado conmigo, que me conocen a su vez, y es posible que dirigiéndome a ellas, le hubiera convenido a alguna venir aquí a hacer esa investigación, pero la cuestión tiene para mí otro aspecto.

»Soy ingeniero de Minas y lo tengo a altísima honra. Es cierto, y por eso lo he dicho, que este reconocimiento por sondeos se ha hecho por mi exclusiva cuenta, sin que el Estado contribuya a él ni en un céntimo, y esto me da cierta libertad para tomar las decisiones que me convenga tomar; pero no es menos cierto que, al fin y al cabo, la idea de que pudiese haber platino en la Serranía de Ronda me la sugirió el estudio geológico que yo estaba haciendo de ella bajo los auspicios de nuestro Instituto, y por eso, después de pensarlo y meditarlo, me ha parecido que en el momento en que terminase este reconocimiento que he hecho (y ha terminado hace veinte días), y antes de decir una palabra a nadie, debía venir aquí a este sitio a exponer los datos que tengo hasta ahora, ponerlos a disposición del Estado, para que éste, si quiere hacer ese reconocimiento, encuentre el camino totalmente expedito para hacerlo, para disponer allí lo que le convenga, que es como está hoy. Este es uno de los principales motivos que me han movido a hablar aquí.

»Y ahora, para terminar, entremos un poco a examinar las contingencias del porvenir, que también pueden ser de cierto interés.»

»Pudiera suceder que el Estado, después de pesar el pro y el contra de estos datos aquí aportados, después de asesorarse de personas competentes, dedujese que no le convenía emprender

este reconocimiento, que no le convenía dedicar su atención a este asunto.

»Nada habría que objetar a eso; pero pudiera suceder también que, andando el tiempo, viniese otra entidad distinta del Estado nacional o extranjera, a hacer este reconocimiento, y puestos en el terreno de las hipótesis, nada nos impide suponer también que de ese reconocimiento resultase allí una riqueza grande en platino. Por si tal caso llega, quiero precaverme contra todo cargo que se me pueda hacer de falta de patriotismo, o de haber llevado esto a una entidad a quien no debía llevarlo sin contar con el Estado español. Me parece que después de lo que he dicho antes, nadie tendrá derecho a hacerme cargos de esta clase si mi hipótesis se realiza.

»Pero todo lo dicho presupone que de ese reconocimiento hecho, bien sea por el Estado español, bien por una entidad distinta del Estado español, ha de resultar en la Serranía de Ronda una riqueza grande en platino. En ese caso, claro está, todo serían satisfacciones, todo serían plácemes para el amigo Orueta; pero puede resultar también que las zonas ricas de la Serranía de Ronda sean tan pequeñas que no merezca la pena explotarlas. Puede suceder, por consiguiente, que el dinero en este reconocimiento se gaste en balde, es decir, en balde no se gastaría nunca, sobre todo si lo gastaba el Estado, porque hay allí varios problemas de interés grandísimo que resolver, que tienen sumo interés científico y que no pueden resolverse más que examinando las arenas que salgan de los taladros; pero esto no quita valor al argumento. Desde el punto de vista concreto que aquí se persigue, riqueza en platino, puede suceder perfectamente que aquello no valga nada y que el dinero que se gaste en reconocerlo sea dinero gastado en balde, y si este caso se realiza, ya no serán todas satisfacciones, y quizás ya no sean todos plácemes para el Sr. Orueta, y quiero precaverme contra esto; puede llegar a decirse que yo, con mis entusiasmos y con mis optimismos, he llevado allí al Estado, o a otra entidad cualquiera distinta del Estado, a que tire su dinero por la ventana, y para precaverme de ello, debo hacer constar que res-

pondo, sin restricciones de ningún género, de todos los datos que he aportado aquí, pero que no hago vaticinio ninguno—conste así—sobre el porvenir de esos yacimientos.

»Ya he dicho por qué no los hago: porque no los puedo hacer, porque me faltan datos para hacerlos, porque no tengo una base firme en que apoyar un pronóstico de esta naturaleza.

»Rechazo, por consiguiente, toda clase de cargos que en lo futuro se me puedan hacer sobre este particular.

»Y habéis de perdonarme, señores, que para decir esto haya insistido tanto, haya tardado tanto y haya empleado también un tono quizá un poco solemne, impropio de una conversación de esta clase; pero poneos un momento en mi lugar; yo no quisiera que en época alguna se me pudiera confundir con uno de esos lanzadores de negocios fabulosos mineros que andan por ahí y que tanto daño han hecho, por cierto, a la minería española: yo me precio de no ser de esos.»

Como se ve por los párrafos que hemos transcritos, el señor Orueta expuso la cuestión tal cual era; insistió todo lo que honradamente debía insistir sobre la incertidumbre que en aquel momento había sobre el valor de los yacimientos de platino de aquella región, y procuró, por todos los medios a su alcance, que a expensas de su nombre no se crease una aureola de ilusiones y de optimismos exagerados.

Lo dicho por el Sr. Orueta en el Instituto de Ingenieros Civiles llegó a oídos de S. M. el Rey. Sería una omisión imperdonable no consignar aquí cuál fué la actitud del Jefe del Estado ante el descubrimiento que nos ocupa, y aunque sea apartarnos de la pauta establecida para redactar informes como éste, vamos a exponer cuál fué la actitud del Monarca, cumpliendo al hacerlo con un deber elemental de gratitud.

Su Majestad el Rey llamó al Sr. Orueta por conducto de su entrañable amigo el Conde de Valmaseda, y pidió al primero le explicase minuciosamente la génesis y el proceso del descubrimiento. Así lo hizo el Sr. Orueta, escuchando en el curso de su explicación atinadas observaciones y proyectos de S. M. el Rey, que demostra-

ban su extenso conocimiento de las necesidades de España en relación con su progreso industrial. De este modo quedó S. M. minuciosamente enterado del asunto, así como de las probables contingencias que podía traer consigo el reconocimiento de la región, la idea del cual aceptó y acogió con marcada bondad desde el momento en que el Sr. Orueta se la expuso. Ofreció S. M. prestar su valiosa ayuda para todo, y hechos posteriores han venido a probar cuánto ha facilitado dicha poderosa ayuda al éxito del trabajo.

En el curso de la conversación hubo de preguntar S. M. el Rey al Sr. Orueta si existían o había probabilidad de que existiesen en la Serranía de Ronda metales aplicables a las industrias militares, cuya necesidad se deja sentir cada día más en España. Contestó a esto el Sr. Orueta que, en efecto, existen en dicha región yacimientos de dos de estos metales, el cromo y el níquel, siendo este último, sobre todo, por sus muchas aplicaciones y por su relativa escasez en el mundo, uno de los que más interesaba obtener en nuestro país.

Su Majestad el Rey indicó entonces la conveniencia de extender el reconocimiento, además del platino, al cromo y al níquel; indicación que, como es natural, consideraron oportunísima los señores Conde de Valmaseda y Orueta, y, en consonancia con ello, se llevó después a la práctica.

La idea de S. M. el Rey era que, en caso de encontrar yacimientos de cromo y níquel, reservarlos exclusivamente para las necesidades de las industrias militares de España, las cuales están hoy día supeditadas por completo a la importación extranjera, viéndose precisadas a adquirir el ferroníquel y el ferrocromo que necesitan para la fabricación de proyectiles, escudos, arzones, etcétera, y estando, por consiguiente, en un estado de inferioridad que podía llegar a ser sumamente grave en el caso de una guerra. Existiendo en España níquel y cromo, podría el Estado montar una fábrica para la producción de níquel metálico y los dos *ferros*, consiguiendo con ello que desapareciese la citada dependencia del extranjero.

El Instituto Geológico de España cumple un grato deber elevando a S. M. el Rey el testimonio de su más profunda gratitud por el valiosísimo apoyo que se ha dignado prestar a este trabajo.

El Gobierno, y en su nombre el Excmo. Sr. Ministro de Fomento, aceptó la oferta del Sr. Orueta y el proyecto de reconocer la Serranía de Ronda por cuenta del Estado. Dicho se está que el presupuesto de 300.000 pesetas hecho por el Sr. Orueta para el reconocimiento del platino resultaba ahora deficiente, por el mero hecho de haberse ampliado dicho reconocimiento al cromo y al níquel, cosa que obligaba a reconocer a la Serranía por entero. No obstante esto, el Gobierno aceptó el plan de un reconocimiento completo.

Dada esta aceptación, procedía, en primer término, impedir que la codicia de los mineros cubriese de registros a la zona que se iba a reconocer, y que en aquel momento estaba casi toda ella franca de registros y de minas. Al efecto, el Excmo. Sr. Ministro de Fomento, por medio de un Real decreto, suspendió temporalmente el derecho de registro en una zona cuyos límites designó el señor Orueta, que abarcaba con amplitud sobrada a la región metalífera que se trataba de reconocer. Estos límites fueron: desembocadura del Guadalhorce, curso de este río hasta la desembocadura en él del Turón, curso de éste hasta su nacimiento, línea que une a dicho nacimiento con el caserío de Fila en el valle del Genal, línea a 200 metros al NO. y Oeste del río y paralela al curso de él y al del Guadiaro, hasta la desembocadura de este último en el Mediterráneo, y orillas de este mar hasta la desembocadura en él del Guadalhorce, que se tomó como punto de partida.

La zona así limitada en la Serranía de Ronda, de la provincia de Málaga, y parte pequeña de la de Cádiz, mide aproximadamente *mil quinientos kilómetros cuadrados* de superficie.

Algunos meses después este Real decreto se elevó a la categoría de ley, en la que se puntualizan la aceptación del reconocimiento, se encomienda éste al Instituto Geológico de España y se fijan los derechos que el Estado se reserva sobre lo que de dicho

reconocimiento resulte. No entraremos a detallar los trámites legales del asunto porque son de dominio público y no han ofrecido incidentes dignos de mencionarse.

No fué necesario esperar a la aprobación de la ley para comenzar los trabajos. Los primeros fondos necesarios los pudo facilitar el Instituto Geológico del capítulo de sondeos, merced a una Real orden que se dictó autorizando esta transferencia. De aquí que no se perdiera ni un momento y que los preparativos del reconocimiento comenzasen en el mes de noviembre de 1915, pocos días después de la conferencia del Sr. Orueta.

Preparación de los trabajos. Personal.

Sabía el Sr. Orueta que existían en España dos máquinas de sondear norteamericanas, sistema Keystone, del modelo número 4, construidas exprofeso para el reconocimiento de aluviones fluviales, que habían sido empleadas por una Compañía inglesa en las investigaciones auríferas del río Sil. Fué una verdadera suerte encontrar a dichas dos máquinas en uno de los almacenes del Rastro acompañadas de todo su herramental y de unos 60 metros de tubería de acero forjado de seis pulgadas (160 milímetros aproximadamente) de diámetro interior, estando todo ello bastante bien conservado.

El Instituto Geológico adquirió todo este material por 6.500 pesetas y lo transportó al taller de reparación y ajuste que dirige el ingeniero de minas Sr. Cerero, para hacer en las máquinas una reparación general y suplir lo que en ellas faltase. Es para nosotros un deber muy grato manifestar aquí que el Sr. Cerero y el personal a sus órdenes pusieron toda su atención, y hasta entusiasmo, en llevar a cabo el trabajo referido, y que lo ejecutaron con una perfección y una rapidez dignas de todo encomio. A fines de enero de 1916 estaba todo él reparado y completo, en disposición de funcionar.

Aunque sea adelantar sucesos, debemos decir ahora que esta

reparación se hizo *a fondo*, como lo prueba el hecho de haber estado funcionando las máquinas durante cerca de tres años sin haber exigido reparaciones serias, y sí tan sólo un ligero recorrido, que se hacía pocos días antes del comienzo de cada campaña.

Para terminar lo relativo a material de sondeos, debemos decir que, estando dicho material escaso de tubería, se encargaron a la fábrica de Keystone (Estados Unidos de América) dos lotes de ella, que llegaron a San Pedro Alcántara, centro del trabajo, y que están todavía útiles en su mayoría. Diremos también que, a pesar de la extraordinaria intensidad del trabajo, como después veremos, no ha habido ningún tropiezo en él que se pueda achacar a la maquinaria.

Simultáneamente con la adquisición de este material, había que pensar en elegir a dos ingenieros que se encargasen del trabajo y que reuniesen, a más de la competencia requerida, posibilidad y voluntad para vivir temporadas largas en la Serranía de Ronda, lugar desprovisto de comodidades y que reúne a esto diversos otros inconvenientes, por lo cual se necesitaba en dichos ingenieros una abnegación nada común, y hasta nos atreveríamos a decir, cierto grado de entusiasmo por el trabajo que iban a acometer.

La elección recayó en los ingenieros D. Miguel Moya y Gastón y D. Enrique Rubio Sandoval, que entraron en funciones en los primeros días de noviembre de 1915, encargándose, ante todo, de dirigir la reparación de las máquinas adquiridas y de completar el material.

Es tarea muy grata la de alabar a los compañeros de profesión; pero es, al mismo tiempo, una cosa nada fácil de realizar, porque lo que se diga en justa alabanza puede ser interpretado como consecuencia del *espíritu de Cuerpo*. Por otra parte, abstenerse de decir la verdad ante el temor de esta interpretación, es una injusticia manifiesta.

En el caso que nos ocupa no pecamos de exageración al afirmar que difícilmente hubiera encontrado el Instituto Geológico dos ingenieros más aptos, más capaces y más entusiastas que los

Sres. Moya y Rubio. No son nuestras palabras las que lo dicen, son los hechos los que lo prueban.

Siendo la primera vez que dichos ingenieros manejaban sondas de aquel sistema, consiguieron, sin embargo, a los pocos meses de trabajo, efectuar con ellas un *30 por 100* más de perforación que lo que los constructores mismos de las sondas consideran como tipo normal de aquél. Los planos levantados de los ríos y los gráficos que los acompañan, han llamado, con justicia, la atención de cuantas personas técnicas han ido a visitar aquellos trabajos. Han hecho, pues, los dos citados ingenieros una labor, demostrada por sus resultados prácticos, que se apartó no poco de lo habitual.

Y hacemos aquí punto para no dar motivo a que se nos tache de parciales, pero no porque hayamos agotado lo que pudiéramos decir en pro de dichos dos ingenieros.

Don Miguel Moya desempeñó su cargo hasta 1917, en cuya época tuvo que desistir de hacerlo por ser nombrado Director de *El Liberal* y verse obligado a aceptar dicho cargo.

El Sr. Rubio ha continuado desempeñando el suyo hasta el final de los trabajos.

Al principio de 1916 el Sr. Orueta ingresó como Vocal en el Instituto Geológico de España, y cumpliendo deberes de este cargo, hubo de inspeccionar los trabajos de reconocimiento de Asturias, los de la Serranía y otros.

Al mismo tiempo que el material de sondeos se debía preparar el *material de lavado*, esto es, los aparatos necesarios para concentrar a las arenas extraídas de los taladros y para separar de ellos al platino que, pesado después, había de dar la ley, por metro cúbico o por tonelada, de las arenas.

Basándose en el procedimiento de concentración empleado en los Urales, y en el que el Sr. Orueta había seguido en sus reconocimientos, se preparó este material, que consistía:

1.º En una artesa lavadora fija, de rejilla doble y tabla conductora, sistema *Stuer*, que se adquirió en París, en el establecimiento que posee dicho fabricante, y que puede tratar unos 1.200

kilogramos de arenas al día (diez horas). En esta artesa sufren las arenas un primer tratamiento para su concentración, el cual reduce su volumen en la proporción aproximada de 100 a 10.

En el curso de las operaciones de lavado se pusieron de manifiesto algunos inconvenientes de que adolece esta artesa para el lavado de arenas sueltas. Se vió que este aparato se podía modificar y perfeccionar en varios sentidos, y, al efecto, se proyectó una artesa distinta en muchos detalles de la de *Stuer*, y se la construyó en San Pedro Alcántara durante la segunda campaña. Esta artesa ha dado resultados excelentes y ha trabajado sin interrupción hasta el final del reconocimiento. Se ha publicado una descripción completa de ella, con sus correspondientes figuras, en la *Revista Minera*, número 2.622 del 1.º de enero de 1918. Por esto no necesitamos describirla ahora.

2.º Un *rocker* o cuna oscilante del mismo modelo que se emplea en los Urales para el tratamiento en grande de las arenas platiníferas. Dicho se está que el aparato empleado por nosotros ha sido de dimensiones bastante más pequeñas que las de aquél, pues bastaba con que pudiese tratar, a lo sumo, 100 ó 200 kilogramos de arenas por día. Así, pues, la manta inclinada del *rocker* nuestro mide 0,50 por 0,42 metros, y la tabla lavadora 1,10 de longitud por 0,36 de anchura (1). Las arenas procedentes de la artesa pasaban a esta cuna, de la que salían reducidas en volumen en una proporción de 20 a uno; resultando, por consiguiente, que las arenas concentradas por este aparato representaban el medio por 100 del volumen inicial.

3.º Bateas para la concentración a mano. Después de repetidos ensayos se adoptó el modelo de batea de madera empleado en el río Sil para el lavado de arenas auríferas. Es redonda, con un diámetro de 0,40 a 0,30 y una profundidad en el centro de 0,06 metros.

Un operario hábil puede lavar en ella hasta cuatro kilogramos

(1) La descripción completa de este aparato se puede ver en cualquier tratado de preparación mecánica de las menas. Por lo cual, y por ser de sobra conocido, omitimos aquí su descripción.

de arena de una vez. En el lavadero, instalado primero en río Verde y después en San Pedro Alcántara, se fijó como límite el peso de tres kilogramos para cada lavado. Esta batea reducía el peso de arenas del *rocker* a cosa de 10 a 15 gramos, que representaban el residuo final de las arenas extraídas de cada metro de taladro.

4.º El material necesario para separar al platino del residuo anterior y pesarlo con exactitud. Este material requiere una breve explicación.

Los trabajos anteriores del Sr. Orueta habían demostrado sin ningún género de dudas que en los aluviones de la Serranía no existe platino en ese estado especial de los metales densos que se llama *estado en harina*, consistente en partículas tan sumamente tenues que permanecen durante varias horas en suspensión en el agua, imposibilitando o poco menos, su separación mecánica. El platino de la Serranía se presenta constantemente en forma de pepitas, de las cuales se han encontrado algunas de dos a tres milímetros de longitud; otras tan pequeñas que son casi invisibles a simple vista, a pesar de su mucho brillo, y otras, la mayoría, de 0,2 a 0,6 milímetros de longitud por algo menos de anchura, pues conviene advertir que la forma de estas pepitas es casi siempre un tanto ovalada.

Esta manera de presentarse el platino hacía innecesario al procedimiento químico de separación, tan largo en su proceso y de resultados tan inciertos. Se podía aislar al metal por procedimientos mecánicos, que si se tratase de una explotación en grande serían las *bateas automáticas Francois*, dispuestas en escalones y alojadas en la draga, pero tratándose de ensayos en pequeñas proporciones, como los que el reconocimiento exigía, bastaba con una separación a mano hecha con pinzas bajo un microscopio, lo cual, por otra parte, daba certidumbre grande a los resultados. Otros procedimientos que se emplearon a veces, se irán viendo en la descripción de las operaciones.

El método adoptado fué el siguiente: El residuo de la batea, que era, como hemos dicho, de 10 a 15 gramos, y en el que estaban contenidas todas las pepitas de platino existentes en el metro

de perforación a que correspondía dicho residuo (1), se recogía cuidadosamente en una cápsula de porcelana de fondo casi plano, se secaba calentándolo en una lámpara de alcohol y se guardaba en un tubo de vidrio para transportarlo al laboratorio. Dicho se está que cada residuo llevaba una etiqueta indicando el número de la serie y el del taladro de que procedía (luego veremos lo que significan estas designaciones), la profundidad de que había sido extraído y el volumen de arenas inicial a que correspondía.

En el laboratorio se empezaba por cribar a dicho residuo con una criba metálica exactamente calibrada, con agujeros de un milímetro de diámetro. El examen de lo que quedaba sobre la criba era fácil y se hacía con rapidez, porque las pepitas de más de un milímetro, a más de ser raras, se ven en seguida a simple vista. El examen de lo que pasaba a través de la criba era más difícil y había que hacerlo además con sumo cuidado, porque allí estaban casi todas las pepitas del residuo, algunas de las cuales eran pequeñas.

Este examen se hacía parcialmente, por porciones de un gramo a lo sumo, que se echaban en un platillo de porcelana colocado sobre la platina de un microscopio biocular Greenough, construido por la casa Zeiss de Jena (Alemania). La elección de este microscopio no fué arbitraria, sino determinada por las razones siguientes:

1.^a Convenía desde luego apelar a la visión biocular, porque dando ésta la sensación de relieve, que no da la monocular, permitía identificar mejor las pepitas y no confundirlas con los trocitos de acero procedentes del desgaste de las herramientas de sondeo, o con los de estaño que se solían desprender de los cubos en que se transportaban las arenas.

2.^a Elegida la visión biocular, convenía obtenerla con el máximo de propiedades útiles en la imagen; esto es, convenía que

(1) Más adelante, al describir la marcha general de las operaciones, veremos las precauciones que se han tomado para que se realice en efecto esto que acabamos de afirmar y las garantías que teníamos de que no se perdía platino en los lavados.

ésta fuera ortoscópica y estereoscópica al mismo tiempo, porque así se asemeja más al objeto de que procede. Ahora bien, es sabido que esta clase de imágenes bioculares completas sólo las dan los microscopios dobles, en los que cada pupila trabaja sobre un conjunto óptico independiente comprendido desde el objetivo al ocular, propiedad que la posee el microscopio tipo Greenough y no los otros sistemas que se emplean para visión biocular. Se necesita además para un trabajo como el nuestro, que la imagen obtenida sea *recta*, o sea que esté orientada como lo está el objeto y no aparezca invertida en el campo visual, como ocurre con los microscopios monoculares y en algunos de los bioculares, por ejemplo, en el basado en el empleo del prisma de Wenham. Esta facultad de dar imágenes rectas la posee también el microscopio Greenough.

3.^a Como había que colocar en la platina del microscopio un platillo de porcelana cuya altura es de unos 15 milímetros, y como había que manipular dentro de él con pinzas y con algún otro instrumento, se necesitaba que los objetivos empleados tuviesen mucha *distancia frontal* o de trabajo (1), y sabido es que entre los microscopios bioculares no hay ninguno que la tenga tan grande como el Greenough.

4.^a Por último, como la operación de examinar a ocho o 10 tubos de sedimento al día dura algunas horas y resulta bastante fatigosa, entra muy en consideración que el microscopio sea *cómodo*, esto es, que por su forma, por la disposición de sus órganos y por el diámetro de su campo visual permita trabajar con el mínimo de fatiga, condiciones todas que las reúne cual ninguno el microscopio Greenough.

Optamos, pues, por este modelo de microscopio, del cual po-

(1) Esta larga exposición podrá parecer nimia e innecesaria. Está justificada porque este trabajo de selección bajo el microscopio se le puede presentar algunas veces a los ingenieros que emprendan trabajos análogos al nuestro, y si en tal caso se ven, es seguro han de encontrar oportunas estas consideraciones, porque la experiencia nos ha demostrado que la elección del modelo de microscopio para el objeto que nos ocupa tiene importancia grande.

seña uno el Sr. Orueta, y lo puso a disposición del Instituto Geológico, encargándose otro igual a Alemania, el cual llegó a poco de haber comenzado los trabajos.

Colocado en la platina el platillo con un gramo de sedimento bien seco, se lo examinaba con el par de objetivos a_2 combinado con los oculares número 4, con lo cual se obtiene un aumento total de 40 diámetros, que ha resultado ampliamente suficiente (1). El alumbrado se hacía con un colector plano convexo que concentraba sobre el fondo del platillo a la luz natural del día o a una luz artificial cualquiera.

El sedimento se iba extendiendo metódicamente hacia uno de los bordes del platillo para que no quedase ninguna pepita de platino oculta entre las arenas. Cuando se encontraba una pepita se la cogía con las pinzas y se la depositaba sobre uno de los platillos de una balanza de precisión colocada al lado del microscopio. *Estas pinzas era preciso fueran de cobre, de latón o de bronce*, y no de hierro o acero, porque las arenas densas que acompañan al platino contienen mucha magnetita y cromita, cuyos dos minerales son magnéticos (más el primero que el segundo), y al adherirse a las pinzas, cosa que sucedería si éstas fueran de hierro o acero, podrían envolver y arrastrar a alguna pepita. Pero hay otra razón, y es que se ha comprobado que algunas de estas pepitas son también magnéticas, propiedad que deben a conservar adheridas a su superficie algunas partículas de cromita magnética.

Examinado bien el residuo y depositadas en el platillo de la balanza las pepitas que contenía, se pesaban éstas, y, conociéndose, como se conocía, los litros de arena que había dado el metro de perforación de que aquéllas procedían, se establecía la proporción, obteniéndose el peso de platino por metro cúbico de arena correspondiente a aquel taladro y a aquella profundidad.

Todo el material que acabamos de describir quedó preparado

(1) Esta designación es la empleada por la casa Zeiss para sus objetivos en pares y oculares correspondientes. Véase cualquiera de los catálogos de esta casa. (*Optische Werkstaette*. Jena, Alemania.)

y en disposición de funcionar en los últimos días de enero de 1916. Se transportó a Málaga y de allí a la Serranía, en cuyo primer centro de trabajo quedó instalado en la segunda quincena de febrero.

Veamos ahora la manera cómo se han practicado los reconocimientos del platino, cromo y níquel, empezando por el del primero de estos metales. Después de esta descripción nos ocuparemos de los resultados obtenidos.

Reconocimiento del platino.

Este reconocimiento se debía hacer sondeando los aluviones de los ríos, en que los trabajos anteriores del Sr. Orueta habían demostrado la existencia del platino. Estos ríos son los de la vertiente Sur de la Serranía, porque éstos son los que nacen en la roca eruptiva y tienen en ella la mayor parte de su curso. En efecto; si se examina un mapa geológico de la región (1), se verá que la divisoria de aguas entre el río Genal y los que desembocan directamente en el Mediterráneo pasa muy cerca del contacto entre el terreno estrato cristalino y la masa eruptiva peridótica, quedando al Sur de esta divisoria la casi totalidad de esta última. Natural es, por tanto, que siendo las peridotitas las rocas matrices del platino, éste esté contenido en los aluviones de los ríos de la vertiente Sur. Los más importantes de estos ríos, por la anchura de su cauce y la longitud de su curso, son: río Verde, Guadaiza Guadalmina y Guadalmanza, enumerados de Oriente a Occidente. También es digno de atención el río Guadiaro, como después veremos, por alimentarse de cuencas en parte peridóticas.

El curso de cada uno de estos ríos se divide en dos zonas mar-

(1) Puede servir el mapa que acompaña al trabajo del Sr. Orueta sobre la Serranía, cuyo trabajo ya se ha citado antes. Puede servir también la hoja del mapa geológico de España, correspondiente a la provincia de Málaga. Como no se trata de un dato indispensable, no hemos acompañado a este informe de un mapa geológico de la región.

cadamente distintas. En la primera, a partir del nacimiento del río, la pendiente del cauce es considerable, porque en ella se pasa de un salto brusco desde una altura de más de 1.000 metros, que por término medio tiene la divisoria, hasta una de 80 metros, a lo sumo, que tiene el comienzo de las planicies terciarias que caracterizan esta parte de la costa andaluza. Consecuencia de esto es que la primera parte del curso del río sea francamente torrencial, abundando las cascadas, y formándose por la denudación un lecho muy angosto. En esta primera zona de los ríos no existen aluviones, sencillamente porque éstos no se pueden depositar, dada la violencia de la corriente. El lecho del río está, pues, limpio de arenas y con la roca al descubierto.

La segunda zona, en cambio, tiene poca pendiente, porque los 80 metros o menos de desnivel que hay entre su comienzo y el mar se salvan en un recorrido que excede, a veces, de 10 kilómetros. Como esta zona está contenida, en su mayor parte, en las planicies terciarias, el río encuentra pocos obstáculos para extenderse y su cauce es ancho, pasando en ocasiones esta anchura de 300 metros. Los aluviones arrastrados por la corriente se depositan aquí, y forman lechos cuyo espesor suele alcanzar y aun superar a 20 metros.

Así, pues, la región a reconocer, con probabilidades de éxito, quedaba bastante localizada. Se reducía a la parte de aluvión platinífero comprendida en la segunda zona del lecho de estos cuatro ríos. Llegado el momento de elegir entre ellos para comenzar, se le dió la preferencia a río Verde, porque la instalación en él era fácil y porque sus aluviones contienen menor proporción de cantos gruesos que los de los otros tres ríos (1), por lo cual no hay

(1) Debemos advertir que no son tan sólo estos cuatro ríos los que en la Serranía de Ronda contienen platino. El Sr. Orueta lo ha encontrado también en el río Genal, en el curso inferior del Guadiaro, en el de Ojén y en muchos de los arroyos que nacen en ambas vertientes. Pero tratándose de un reconocimiento industrial, en el que lo primero a tener en cuenta era el punto de vista económico, procedía limitar el reconocimiento a los ríos que, a más de ser platiníferos, contuviesen en su cauce depósitos de aluvión grandes. De estos ríos los más importantes son los cuatro citados.

tantas dificultades en el sondeo, conviniendo, como es natural, empezar por lo más fácil hasta que el personal estuviese habituado.

Por esto, el primer centro de trabajo se estableció en río Verde y en la casa «La Concepción», en la que había agua abundante para el lavadero de las arenas y alojamiento para los ingenieros y el personal de operarios que hubo que traer de Gijón, como ya se ha dicho. Esta casa fué alquilada por el Instituto Geológico a sus actuales propietarios, los Sres. Moré.

Antes de seguir adelante debemos decir algo sobre el personal obrero. Operarios que supieran manejar a las sondas Keystone no se pudieron encontrar en España. Traerlos de América era cosa punto menos que imposible entonces, debido a que con la guerra europea la intensidad del trabajo era enorme en aquel país, y, por lo tanto, dificilísimo, y muy caro además, encontrar allí y traer a España a los dos jefes de sonda que, como mínimo, eran indispensables. En vista de esta dificultad, accedió el Sr. Orueta a prestar temporalmente al Instituto Geológico algunos operarios de su fábrica. Uno de ellos fué el maestro de taller Vicente Prieto, que había acompañado al Sr. Orueta en sus reconocimientos anteriores y que sabía manejar a la sonda de mano que aquel empleó; lo cual, dadas las circunstancias, era una ventaja no despreciable. Los otros fueron dos ajustadores, montadores de vagones, que aunque no habían manejado jamás sondas de ninguna clase, estaban familiarizados con maquinaria, lo cual les daba una base para aprender aquel nuevo oficio. No fueron sólo los operarios los que tuvieron que aprenderlo. En el mismo caso se vieron los ingenieros, y vencieron la dificultad guiándose por su buen sentido y por indicaciones recogidas en libros y catálogos. Con estos medios tan reducidos en cuanto a experiencia técnica, comenzó el reconocimiento de la Serranía de Ronda. Los resultados que con ellos se han conseguido los veremos después traducidos en números.

Acopiado todo el material en «La Concepción», e ínterin se montaban las sondas, se procedió a ejecutar el trabajo topográ-

fico preliminar, que consistió en levantar un plano a escala grande (1:1.000) (1) del lecho del río y de sus alrededores, que sirviese de base a todos los trabajos, y para que, dibujando en él los emplazamientos de los sondeos, y obtenida la ley de cada uno, se pudiera trazar el plano subterráneo de las zonas explotables y también curvas gráficas representativas de la riqueza en platino, cubo de aluvión rico y cubo de aluvión estéril. Aunque sea adelantar ideas, diremos que de cada río se ha hecho un plano igual al de río Verde con las mismas curvas; y que, tanto el original de cada plano como su reproducción a escala más pequeña, han quedado depositados en el Instituto Geológico, en unión de los partes, muestras y demás comprobantes del trabajo.

Trazado el mapa, se hizo sobre él una distribución de taladros que sólo se consideró como provisional, porque a medida que aquéllos se fuesen practicando era de suponer se irían obteniendo datos prácticos que confirmasen la distribución provisional o aconsejasen alterarla. Para hacer esta distribución provisional se tuvieron en cuenta las razones siguientes:

1.^a En todo depósito fluvial de un metal denso existen las que en términos de prospección se llaman *la cabeza* y *la cola* del depósito. La primera es el punto adonde comienzan a depositarse las pepitas del metal. La segunda es el punto en que termina este depósito. La situación de ambos puntos depende de multitud de condiciones topográficas y físicas, las principales de las cuales son: la pendiente del río, la densidad del metal, el tamaño de sus pepitas, el volumen de agua y la naturaleza más o menos accidentada del lecho del río. Como en la Serranía estas condiciones no son uniformes, sino al contrario, muy variables de un río a

(1) Este mapa contiene además las alturas sobre el nivel del mar del lecho del río en las diversas series de taladros y las de los principales puntos de referencia. Para obtener estas cotas nos hemos valido de nuestros barómetros, y, con preferencia a éstos, de un excelente mapa, todavía inédito, de la provincia de Málaga, en escala de 1:100.000, que contiene más de mil cotas geodésicas, y que nos suministró la Jefatura de Obras Públicas de Málaga. Damos las más expresivas gracias al jefe de dicha provincia, D. José Rodríguez Spiteri, por el señalado favor que nos ha prestado al facilitarnos este mapa.

otro, y también dentro de un mismo río, resultaba muy difícil la determinación de ambos puntos por medio de *razones teóricas*; esto es, basándose en razonamientos deducidos del estudio de dichas condiciones (1). Por fortuna, los trabajos previos del señor Orueta habían aportado algunos datos sobre el particular, y con arreglo a ellos se trazó en río Verde, y después en los demás ríos, la primera serie de taladros, la cual se emplazó en el punto en que termina el depósito platinífero, esto es, en la cola del mismo, con el propósito de hacer nuevas series aguas abajo de la primera si los resultados de ésta lo aconsejasen así. Diremos desde ahora que, salvo en el Guadaluza, la primera serie provisional resultó bien emplazada.

2.^a Las series, o sean las hileras de taladros perpendiculares al lecho del río, se trazaron provisionalmente a 200 metros una de otra; con el propósito de disminuir esta distancia si la ley de una serie resultaba muy elevada, y aumentarla si resultaba muy escasa, o si entre una y otra serie esta ley era tan uniforme que se pudiera suponer no sufría alteración alguna entre ellas. En el curso de los trabajos ha convenido emplazar algunas series a 100 metros unas de otras y separarlas otras veces hasta 300 metros.

Dentro de cada serie se trazaron los taladros a 20 metros de

(1) Tan difícil es, y tan expuesto a errores además, que un eminente sabio extranjero, que desempeña un elevado cargo científico en su país y que visitó a la Serranía a poco de haber comenzado el reconocimiento, basándose en dichas *razones teóricas* llegó a afirmar que el platino de la región había sido arrastrado al mar, y que en los ríos no encontraríamos más que una parte de la cabeza del depósito aluvionario. La autoridad del que tal afirmaba y el tono de certeza con que lo hacía produjeron en nuestro ánimo una a modo de sugestión que nos llevó hasta a dudar de lo que la experiencia personal nos estaba enseñando; y por esto, y también para que en nuestro ánimo no quedase duda ninguna, hicimos algunas series de sondeos entre el mar y el punto que para nosotros era el final, *la cola*, del depósito de aluvión, y lo hicimos, no sólo en río Verde, sino también en los demás ríos. En efecto; el resultado fué categóricamente negativo, como suponíamos. No se ha encontrado ni una sola pepita de platino en ninguno de los taladros que se hicieron entre las colas y el mar, y téngase presente que la distancia entre aquél y algunas de éstas excede de medio kilómetro. Se puede asegurar, por lo tanto, que el platino no se ha ido al mar.

distancia, con el propósito, como en las series, de acercarlos o separarlos, según aconsejasen los resultados.

3.^a La distribución comenzó por la cola del depósito para ir ascendiendo el curso del río.

Trazado sobre el mapa el plan general del trabajo, se comenzó éste por la primera serie provisional. Como las operaciones ejecutadas y la marcha general de ellas han sido constantemente las mismas, vamos a describirlas ahora de una vez para todas. Prescindiremos de reseñar los tanteos y cambios de orientaciones y procedimientos que tuvimos que hacer al principio, porque todo ello no ofrece interés para el fin que con este informe se persigue. Nos ceñiremos, pues, a exponer cómo se trabajó después de dichos tanteos, cuando la práctica nos había enseñado la ruta a seguir.

Centrada la pluma de la sonda sobre el punto en que iba a hacerse el taladro, se practicaba en dicho punto, a mano, un hoyo y se fijaba en posición bien vertical al *tubo-guía*. Este tubo mide un metro y sesenta centímetros de longitud, y la profundidad del hoyo que lo recibía era de 60 a 70 centímetros. Fijo el tubo-guía, se terminaba de perforar con el trépano el primer metro del taladro, y las tierras que de él salían se desechaban, porque la experiencia había demostrado que este primer metro no contenía nunca platino, y sus detritus eran tierras de labor o aluviones estériles. La designación de este primer metro del taladro era de 0 a un metro.

Cuando el trépano de la sonda llegaba a un metro de profundidad, comenzaban las operaciones de reconocimiento propiamente dichas, que se hacían invariablemente del siguiente modo:

1.^o Se perforaba con el trépano (1), dejando inmóvil al tubo, una profundidad de 15 a 20 centímetros, y nunca más, con objeto de que, mediando poca distancia entre el fondo del taladro y el

(1) El equipo de las sondas tiene cuatro clases de trépanos, y entre ellas una con boca, en forma de cincel agudo, destinada a aluviones poco coherentes como los nuestros. El juego entre la boca del trépano y las paredes del tubo era de 15 milímetros. Las bocas de los trépanos se forjaban y ajustaban en un calibre único e invariable, hecho a la anterior medida.

borde del tubo, no se pudieran formar *campanas* por excesivo desprendimiento de arenas y el volumen de éstas por metro de perforación fuese uniforme.

2.º Perforados los 15 ó 20 centímetros anteriores, se adaptaba el martillo a la barra de la sonda y, golpeando sobre la pieza de acero que al efecto llevan en su extremo superior los tubos de esta sonda, se hacía penetrar dicho tubo hasta el fondo del taladro. Para que esta penetración sea fácil y para que el tubo no se estropee, lleva éste adaptado a su extremo inferior un reborde cortante (zapato) de acero duro y templado.

3.º Antes o después de la operación anterior, según fuera la consistencia de los aluviones, se extraían las arenas procedentes de los 15 ó 20 centímetros de perforación, haciéndolo con la herramienta llamada *cuchara de pistón* (1). Esta operación es la que, en el caso nuestro, exigía más cuidado, porque era preciso que no se perdiese arena. Al efecto, se inclinaba la boca de la cuchara sobre una artesa larga, de forma trapecial, hecha de madera, pero completamente forrada por dentro con chapa de cinc y con todos sus ángulos redondeados. Vaciado el contenido de la cuchara en la artesa, se lavaba aquélla varias veces sobre la artesa misma y no se la separaba hasta no verla completamente limpia de arena, tanto por dentro como por fuera.

4.º Se continuaba la perforación con sucesivos avances de 15 a 20 centímetros, hasta que llegaba a un metro, o sea a dos metros, a contar desde el nivel del suelo. A este primer metro de perforación se le designaba *metro 1 a 2*, y con los números 2 a 3, 3 a 4, etc., a los demás del taladro.

Perforado de este modo el metro 1 a 2, se recogían las arenas que, procedentes de él, se habían reunido en la artesa, y vertiendo el contenido de ésta en cubos de hierro galvanizado, en los que se había medido cuidadosamente una cabida de 10 litros, marcando con una chapa de hierro soldada al cubo la altura de éste, que co-

(1) No describiremos aquí, ni a esta ni a las demás herramientas del equipo de sondear, porque, a más de ser sobradamente conocidas, nos saldríamos, al hacerlo, muy fuera de los límites que debe tener un informe como el nuestro.

rrespondía a dichos 10 litros. Se lavaba a la artesa sobre uno de los cubos para que no quedase en ella arena alguna, se sacudía a los cubos para que la arena se apelmazara y subiera a la superficie la mayor parte del agua, se decantaba ésta y se colocaban los cubos sobre un aparejo a propósito, sujeto a la albarda de los mulos, que hacían el transporte entre las sondas y el lavadero. Cada mulo transportaba seis cubos, que representaban aproximadamente una carga de 80 kilogramos.

Respecto a este transporte, conviene consignar lo siguiente: En un principio, y para realizar economías, se pensó en instalar el lavadero en un lugar próximo al de trabajo de las sondas, colocando sobre la artesa y el *rocker* cubas grandes de madera, que se llenaban de agua con una bomba de mano y actuaban como reguladores de la corriente líquida. Pero en seguida se pusieron de manifiesto los inconvenientes de este procedimiento de trabajo. En primer lugar, la economía era insignificante, porque para elevar a las cubas agua suficiente para el lavado hacían falta cuatro hombres, relevándose de dos en dos, y en segundo lugar, la artesa no podía estar bien nivelada sobre un piso tan desigual como el de los ríos, y es preciso que lo esté para que funcione bien. Se optó, pues, por instalar de una vez para todas el lavadero en un sitio a propósito, con agua abundante y a presión, no moverlo de allí y transportar a él las arenas en la forma que se ha explicado. Así se hizo. El lavadero estuvo instalado en La Concepción durante el reconocimiento de río Verde y en la fábrica de San Pedro de Alcántara durante el del Guadaiza y el Guadalmina.

5.º Llegadas las arenas de cada metro al lavadero, las volvía a medir el encargado de éste, con medidas de 10, cinco, dos, uno y medio litros, anotando su volumen y cotejando después éste con el anotado por los encargados de las sondas. Las arenas procedentes de cada metro se lavaban por separado en la artesa, el *rocker* y la batea, en la forma que se ha explicado antes. Después de seco el residuo se le pasaba al laboratorio para la separación y dosificación del platino.

6.º Los demás metros del taladro se perforaban exactamente

lo mismo que el primero, y la tubería se iba empalmando por arriba para que siempre mediase la poca distancia dicha entre el extremo inferior del tubo y la boca del trépano.

Se continuaba así hasta llegar al fondo de la capa de aluvi6n, esto es, hasta el *bed rock* o roca *in situ* del lecho del río. Cuando esta roca era estrato-cristalina, cambriana o triásica, su presencia se acusaba en seguida por la dureza y el color; pero si era la llamada en el país *bizcornil*, que pertenece al terreno plioceno y que abunda mucho en la región, la diferenciación entre ella y los aluviones no resulta fácil, porque su color es casi el mismo que el de éstos y su consistencia igual o poco mayor. Esta roca es un conglomerado silíceo de grano fino, que casi siempre es muy poco consistente, y lo es más cuando está sumergido en agua. Por fortuna, esta roca, que es de depósito litoral, contiene muchos fósiles marinos, y la presencia de éstos en la cuchara sirvió al principio para distinguirla del aluvi6n fluvial. Después, la práctica diaria enseñó a Ingenieros y a operarios a apreciar las pequeñas diferencias de aspecto que siempre hay entre el *bizcornil* y los aluviones del río, y las dudas desaparecieron.

Llegado el taladro al lecho del río, se continuaba la perforación cosa de 50 a 60 centímetros, según que la roca tuviese pocas o muchas grietas, porque la experiencia ha enseñado que el platino suele penetrar por estas pequeñas grietas hasta cierta profundidad en el *bed rock*, y esto, que ocurre en otras localidades, se ha observado también en la Serranía.

Las arenas procedentes del lecho del río se lavaban y anotaban aparte de los aluviones y se designaban en las libretas y partes con el nombre que las distingue.

Aunque sea adelantar datos, diremos ahora que en los ríos reconocidos la distancia entre la superficie y el lecho del río, o sea, el espesor de la capa de aluvi6n, rara vez baja de cinco metros ni pasa de 20.

7.º Terminada la perforación del *bed rock*, se daba por terminado el taladro y se extraía la tubería por medio del martillo, con golpes de abajo a arriba, que forma parte del equipo de estas son-

das, o por medio de gatos, en los raros casos en que el procedimiento del martillo no bastaba.

La sonda se transportaba al sitio del taladro siguiente, moviéndola con la máquina automotora de que van provistas las del sistema Keystone.

8.º El trabajo continuó en la forma que acabamos de explicar durante todo el reconocimiento, pues se procuró organizar las cosas desde un principio, para no tener que alterar luego ni a los detalles de las operaciones ni al orden en que éstas se hacían. De este modo todo ello llegó a hacerse de un modo maquinal, a modo de actos reflejos, que es el sistema que mejores resultados da en la práctica. Así, pues, aun cuando en el curso de ésta se haya visto que tal o cual detalle se podía mejorar con alguna ventaja, no se ha modificado el plan general del trabajo sino en aquellos poquísimos casos en los que dicha ventaja era tan manifiesta y evidente que merecía la pena obtenerla, aun a trueque de alterar un tanto la regularidad establecida ya.

Los resultados de las operaciones que acabamos de describir se consignaban en un parte impreso y especial a cada taladro. En vez de describir a este parte, nos ha parecido mejor incluir en este informe un ejemplar de él. En el reverso del parte se consig- nan las proporciones de arena y la ley de cada metro de taladro.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

RECONOCIMIENTO DEL PLATINO EN LA SERRANÍA DE RONDA

Taladro, serie 6. Núm. 4. Paraje Río Guadaiza.

Comenzado el 2 de Mayo de 1917.

Terminado el 3 de Mayo de 1917. Días empleados, uno.

| | | |
|---|----------------|-------|
| Metros perforados en aluviones..... | Metros | 5 |
| — — en la roca subyacente..... | — | 0,50 |
| — — en totalidad..... | Metros | 5,50 |
| Promedio de avance diario..... | Metros | 5,50 |
| Volumen extraído de arenas..... | M ³ | 0,090 |
| — — de detritus en la roca subyacente.. | M ³ | 0,006 |

| | | |
|---|--------|-------|
| Peso del platino contenido en las arenas. | Gramos | 0,017 |
| — — — en los detritus. | — | 0,00 |
| Ley de las arenas por metro cúbico, | | 0,49 |
| Ley de los detritus por metro cúbico, | | 0,00 |

Naturaleza de los aluviones atravesados: Arenas peridóticas corrientes.
 — de la roca subyacente: Bizcornil (plioceno).

DETALLE DE CADA METRO

| | | | | | | | |
|------------------|----------|----|---------------|------|--------------------------|------|------|
| De 1 a 2 metros. | Litros = | 23 | Peso de Pt. = | 0,00 | Ley por m ³ = | 0,00 | |
| > 2 > 3 | > | > | 25 | > | 0,00 | > | 0,00 |
| > 3 > 4 | > | > | 19 | > | 2 mgs. | > | 0,10 |
| > 4 > 5 | > | > | 17 | > | 15 mgs. | > | 0,08 |
| > 5 > 6 | > | > | 6 | > | 0,00 | > | 0,00 |

Estos partes, de cada uno de los cuales se han conservado dos copias, servían para anotar en los planos parciales y en el mapa definitivo a los datos de cada taladro, los cuales servían, a su vez, para trazar las curvas de volúmenes, las de las leyes, etc., ya descritas antes.

9.º Además de los partes y de los planos y mapas, se han reservado varios datos de comprobación, que son otros tantos documentos para que el día de mañana cualquier ingeniero pueda rectificar o ratificar lo hecho por nosotros. Pueden servir además como pruebas de lo que afirmamos en este informe. Dichos datos son los siguientes:

Cada taladro hecho ha quedado señalado con una estaca fuerte de madera, hincada en el suelo, y con la cabeza protegida por un montón de piedras. Por si las avenidas de los ríos arrancan u ocultan estas estacas, las series de taladros a que pertenecen han sido relacionadas, por medio del taquímetro, con puntos permanentes del terreno, marcados en los mapas. De este modo se podrá encontrar el día de mañana cualquier taladro cuyo resultado convenga comprobar.

De cada taladro se ha tomado una muestra de unos 150 gramos de arena, que se ha guardado en un tarro con su etiqueta y se ha archivado en el Instituto Geológico. Es un documento comprobante de la composición local de las arenas.

Para poder apreciar de una ojeada cuál es la distribución de los aluviones en cada taladro, se han hecho unos cartones impresos, con rectángulos pequeños, ordenados en serie, sobre cada uno de los cuales se ha pegado, con goma incolora, una muestra de arena procedente del metro de perforación correspondiente. El último de estos rectángulos muestra a la roca del lecho del río.

Las pepitas de platino, que se han separado por los procedimientos dichos, se han ido reuniendo en tubos de vidrio convenientemente protegidos. De este platino se ha separado, ante todo, una muestra de ocho gramos, que está depositada en el Instituto Geológico de España. Otra muestra, de unos cinco gramos, se ha enviado a la Escuela de Minas; otra igual al Museo de Ciencias Naturales, y otra al Museo Nacional de París. Se han empleado además algunos gramos en repetir los análisis que se habían hecho en 1915, bajo los auspicios del Sr. Orueta, y cuyo resultado se cita en la página 557 del libro de dicho ingeniero sobre la Serranía, que ya se ha mencionado. Los nuevos análisis han dado el mismo resultado que los anteriores, o sea, una ley de platino que oscila entre 80 y 82 por 100, estando compuesto el resto de hierro, osmiuro de iridio, paladio y los demás metales, como el rodio, que acompañan al platino en casi todas las localidades en que este metal se presenta (1).

Hemos dicho antes que en el curso de los trabajos se ha procurado no alterar ni la manera de hacer las operaciones ni el orden de éstas. Sin embargo, algunas veces ha sido preciso introducir algunas variantes, motivadas por causas que surgían de improviso.

(1) El análisis exacto de este 20 por 100 restante sólo tiene interés científico, y en el momento en que escribimos este informe dicho análisis está en curso de ejecución por el notable químico D. Santiago Piña de Rubies. Su resultado será objeto de una nota aparte, que se publicará en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*.

Una de estas variantes ha sido la distribución de las series sobre el lecho del río, la cual ha sido ya descripta antes.

Otra ha consistido en variar la distancia entre los taladros dentro de una misma serie cuando se presentaba *un nido* de platino; esto es, un taladro que daba una ley excepcionalmente alta de este metal; por ejemplo, dos gramos o algo más por metro cúbico de arena. Se hacían entonces varios taladros alrededor de dicho nido y separados de él de ocho a diez metros, los cuales tenían por objeto determinar la extensión lateral de la zona rica. Debemos adelantar desde ahora que ninguna de éstas últimas se extiende a más de siete a ocho metros de diámetro.

Otra variante que merece mencionarse es la introducida en el procedimiento de separación del platino del residuo final de la batea. Se introduce esta variante cuando el metal se presenta en una forma *sui generis*, a la que hemos llamado *en perdigones*. Son éstos unas masas globulares rodadas, de cinco a ocho milímetros de diámetro, compuestas en su mayoría de cromita, pero mostrando signos aparentes de contener algo de platino, englobado en la masa del otro mineral. Estos signos son: la densidad del perdigón, que es mayor que la de la cromita pura, y la presencia de algunos puntos brillantes blancos en la superficie, que son las partículas de platino puestas en evidencia al desgastarse la masa por el arrastre del agua.

La dosificación del platino, cuando se presenta en esta forma, es bastante difícil, porque hay que aislarlo de la masa de cromita que lo envuelve. Es más difícil todavía cuando, a más de la cromita, entran en la composición del perdigón otros minerales, como el olivino y el piroxeno, peculiares de las peridotitas. Este último caso es muy frecuente en los perdigones de río Verde, y menos en los de los demás ríos.

Para hacer la separación nos hemos valido del procedimiento químico y del llamado *de los líquidos densos*. En los Tratados de mineralogía petrográfica se suele decir que la cromita es inatacable por los ácidos; pero el hecho es que la de la Serranía, sea por no ser completamente pura, sea por otras causas que ignoramos,

es atacada a la larga por el ácido clorhídrico concentrado e hirviente; por lo cual, si se somete a los perdigones a la acción de dicho ácido en ebullición durante cuatro o cinco horas (1), la mayor parte de las veces la cromita se disuelve en todo o en parte, quedando el platino aislado, y pudiéndoselo entonces separar y pesar.

Otras veces quedaba bastante materia sin disolver, sobre todo cuando existía enstatita en el perdigón, y entonces apelábamos a los líquidos densos, triturando previamente a aquél. Las partículas de platino se iban al fondo de la copa en que operábamos y los demás minerales quedaban flotando. Graduando con exactitud la densidad del líquido conseguíamos aislar hasta los trozos más pequeños, si éstos contenían algo de platino, pues las diferencias de densidades son grandes, como es sabido.

Los líquidos densos que hemos empleado con mejores resultados han sido los siguientes:

| | Densidad. |
|--------------------------------|-----------|
| Yoduro de metileno..... | 3,34 |
| Borowolfranato de cadmio..... | 3,28 |
| Bromoyodoarseniato de zinc.... | 3,76 |
| La disolución de Thoulet..... | 3,17 |
| La idem de Rohrbache... .. | 3 56 |
| Tetrabromuro de acetileno..... | 2,94 |

Hemos empleado el éter como disolvente para disminuir las densidades y también para poder aprovechar lo más posible los líquidos densos, que son caros y difíciles de obtener ahora con motivo de la guerra. Para determinar con exactitud la densidad del líquido o mezcla empleados nos hemos valido de la balanza de Westphal (2).

(1) Nos hemos valido de matraces de fondo plano y boca estrecha, poniendo en esta última un embudo para que el ácido evaporado se condense en él y vuelva a caer al matraz.

(2) Este mismo procedimiento de los líquidos densos lo hemos aplicado a la separación de otros minerales contenidos en las arenas de los ríos después de haber concentrado a ésta por el lavado. Los resultados han sido excelentes, y por esto recomendamos el método a nuestros compañeros, porque es rápido y bastante exacto cuando se trata de determinar la composición de un sedimento.

Descriptos ya los procedimientos de trabajo y el orden seguido al desarrollarlos, vamos a exponer ahora los resultados industriales y científicos a que con ellos se ha llegado.

Resultados del reconocimiento del platino.

Los sondeos comenzaron en marzo de 1916 y han terminado en mayo de 1918. El reconocimiento del platino se puede considerar como completo, porque si bien no se han hecho taladros con las sondas Keystone en algunos de los aluviones fluviales previstos en el primitivo proyecto, ha habido razones que justifican esta omisión, haciendo innecesarios dichos taladros.

La principal de ellas es que el reconocimiento de la zona útil del río Guadalmira ha dado resultado negativo, demostrándose que la cantidad de platino contenido en dicha zona es insignificante, y que aquella está, por lo tanto, desprovista de todo interés industrial. Ahora bien, las rocas peridóticas, cuyos aluviones han formado a la citada zona, son las mismas que han constituido a los depósitos de la parte superior del río Genal, y, como consecuencia de esto, la composición de estos depósitos es la misma que la de los del Guadalmina, y no hay necesidad por ello de reconocerlos con una red completa de taladros.

En el río Guadalmana, las zonas de aluvión, que por su extensión serían explotables, están separadas unas de otras por gargantas estrechas, en las que el curso del río es torrencial y no permite se depositen aluviones en su lecho. Había, sin embargo, el propósito de reconocer a este río con las sondas Keystone; pero en vista del resultado del Guadalmina, y en vista también de que había cierta dificultad en transportar a las sondas a través de dichas gargantas, se optó por hacer previamente un detenido lavado de ensayo en los aluviones de este río para que nos orientase sobre la riqueza o pobreza de los mismos; esto es, se hizo, antes de emprender el reconocimiento grande, una ampliación más detenida

del reconocimiento preliminar, la cual se practicó por los mismos métodos que éste, o sea lavando las arenas procedentes de fondos de terrazas y practicando de trecho en trecho taladros con sonda de mano.

El resultado de este reconocimiento fué negativo en su conjunto. En los conos de deyección de los arroyos que alimentan al Guadalmanza en su curso superior, y especialmente en los de los arroyos llamados Grande, Rancho Frío, Rijana y Samara, se encontraron leyes de platino que oscilaban entre 12 y 34 centigramos por metro cúbico; pero como el volumen de estos conos es pequeño, pues el de los mayores de ellos no excede de 130 a 140 metros cúbicos, su explotación no resultaría industrialmente económica, ni aun contando con los elevados precios que hoy día alcanza el platino.

La primera zona grande de aluvi6n, a partir de estos arroyos en el sentido del curso del río, es la situada entre los de Inaharro y Romera. La ley de platino determinada en ella no llega a cinco centigramos por metro cúbico, siendo menor todavía y, por consiguiente, casi inapreciable, en las otras dos zonas que siguen a ésta, que son las del comienzo del depósito terciario y la de la desembocadura del río.

Se puede afirmar, pues, que los aluviones del río Guadalmanza no son explotables industrialmente y que desde este punto de vista se deben considerar como estériles.

Queda, por último, considerar el río Guadiaro, que es, después del Guadalhorce, el de mayor caudal de la provincia de Málaga. El principal afluente de este río es el Genal, el que en su curso medio e inferior recibe las aguas de varios arroyos que nacen en peridotitas, y como entre éstas abundan allí las dunitas, es verosímil la hipótesis de que los aluviones de ellos deben contener, tal vez, platino en ley explotable. Esta hipótesis la han confirmado los lavados hechos en arenas superficiales o poco profundas, después de las avenidas del invierno y de la primavera. La mayor parte de las muestras así obtenidas daban el espectro característico del platino cuando se las sometía al análisis espectral,

Los aluviones del Genal y del Guadiaro no han empezado a depositarse hasta una región bastante próxima a la confluencia de ambos ríos, porque antes de ella, tanto el curso del uno como el del otro, es de régimen torrencial a través de gargantas estrechas de gran pendiente, y el depósito de aluviones es en ellas imposible. Sólo se exceptúan de esta regla esas vegas del curso superior del Genal, de las que ya nos hemos ocupado.

La planicie de aluvión, a partir de su comienzo, se ensancha considerablemente, habiendo sitios en que esta anchura es de tres kilómetros. Esto es consecuencia lógica de la poca pendiente que tiene el curso inferior del Guadiaro, lo que contrasta con la mucha que tiene en el superior (cap. 2.º de la obra ya citada del señor Oruetá). El espesor de estos aluviones está en proporción con su anchura, y hay regiones en las que excede de 25 metros, como lo demuestran experimentos hechos para fundaciones de obras hidráulicas. Para justificar las conclusiones que van a seguir se debe tener presente también que en estos aluviones, la proporción entre los detritus de rocas peridóticas y las de otras formaciones es bastante inferior a la de los demás ríos de la vertiente Sur de la Serranía, y que en los aluviones del Guadiaro predominan las arenas procedentes de los terrenos estratocristalino, jurásico y terciario, por formar estos terrenos buena parte de la cuenca del Guadiaro y la vertiente derecha de la del Genal.

Consecuencia de esta composición de los aluviones es que las vegas del curso inferior del Guadiaro sean muy fértiles y se hayan aprovechado para el cultivo de la caña de azúcar, el algodón y otras plantas de rendimiento grande, existiendo allí fincas magníficas, como la llamada El Tesorillo, de los señores Larios.

Lo que acabamos de exponer creaba dificultades no pequeñas para el reconomiento por sondeos. Una era la profundidad que forzosamente habían de alcanzar éstos para llegar al lecho del río, la cual hubiera encarecido el trabajo. Otra, la mayor quizás, era la necesidad de abonar sumas de importancia por el daño que la red de taladros hubiera originado en aquellos cultivos. Otra, por último, el tener que atravesar en la inmensa mayoría de los taladros,

a una capa de terreno vegetal de mucho espesor y otra, subyacente a ésta, de aluviones de poca densidad.

Había, no obstante, la probabilidad de encontrar una ley de platino aprovechable en las capas inferiores de los aluviones, pero esta probabilidad no nos pareció era suficiente motivo para acometer la empresa de reconocer al Guadiaro, cosa que, por otra parte, hubiera exigido una ampliación al crédito concedido. Pensando, pues, el pro y el contra, se optó por desistir, y este río ha quedado sin reconocer por una red de taladros. Hemos creído, sin embargo, era nuestro deber exponer las consideraciones que anteceden, para que con ellas a la vista se pueda juzgar sobre las probabilidades que ofrecen los aluviones del Guadiaro de contener una ley de platino explotable, ley que debemos hacer constar una vez más queda al estado de incógnita en el momento en que escribimos este informe.

Veamos ahora los resultados obtenidos en los ríos totalmente reconocidos, empezando por los de río Verde. Estos resultados están contenidos en el cuadro siguiente, cuyas cifras proceden de los partes de cada taladro:

| SERIES | Distancias. | Volumen total de aluvión. | Volumen de aluvión platinífero. | Ley media. | Cantidad de platino. |
|--------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|------------|----------------------|
| 0 a 1..... | 94 | 83.243 | 51.651 | 0,330 | 17.014 |
| 1 a 2..... | 105 | 76.387 | 57.435 | 0,123 | 7.064 |
| 2 a 3..... | 75 | 30.600 | 18.825 | 0,108 | 2.033 |
| 3 a 4..... | 107 | 55.780 | 27.499 | 0,145 | 3.987 |
| 4 a 5..... | 195 | 120.425 | 70.795 | 0,180 | 12.743 |
| 6 a 7..... | 180 | 130.320 | 46.440 | 0,158 | 7.337 |
| 7 a 8..... | 200 | 149.900 | 45.700 | 0,142 | 6.511 |
| 8 a 9..... | 195 | 112.027 | 36.982 | 0,137 | 4.697 |
| 9 a 10..... | 200 | 89.700 | 26.500 | 0,138 | 3.658 |
| 10 a 11..... | 200 | 98.700 | 29.000 | 0,169 | 4.900 |
| 11 a 12..... | 150 | 97.950 | 26.625 | 0,205 | 5.458 |
| 12 a 15..... | 600 | 317.000 | 130.000 | 0,124 | 16.500 |
| 15 a 16..... | 240 | 511.780 | 120.240 | 0,145 | 17.440 |
| 16 a 17..... | 310 | 483.600 | 12.400 | 0,175 | 2.170 |
| 17 a 18..... | 240 | 259.200 | » | » | » |
| TOTAL | 3.091 | 2.616.612 | 700.082 | » | 111.531 |

Además de las series que figuran en el cuadro se han hecho algunos taladros aislados para comprobar el buen emplazamiento de aquéllas y cerciorarse de que la zona reconocida comprende, efectivamente, a todo el depósito platinífero. Teniendo en cuenta dichos taladros, resulta que la longitud total de la zona reconocida en río Verde ha sido de *5.091 metros*.

El número total de sondeos ha sido de 68 y el de metros perforados de *775,94 metros*.

El volumen de arenas peridóticas procedentes de los aluviones que se ha tratado en el lavadero por los procedimientos ya descritos alcanza la cifra de *24.079 litros*, que, sumados a los 1.661 litros de detritus procedentes de las rocas del lecho del río (*bed-rock*) dan un total de arenas lavadas de *litros 25.740*.

La densidad media del material tratado en el lavadero, teniendo en cuenta su estado de división y el agua que lo acompaña, es de 1,7. Esto da para el volumen total de detritus lavados un peso de *kilogramos 43.758*.

Añadiendo a las series los sondeos diversamente espaciados que hemos mencionado antes, resulta una superficie total reconocida de *metros cuadrados 797.082*.

El volumen total de arenas que se ha reconocido es de *metros cúbicos 2.928.612*. Esta cifra se obtiene sumando a los metros cúbicos reconocidos por las series ordenadas de sondeos (cifra del cuadro metros cúbicos 2.616.612) los que resultan de la zona reconocida por los taladros irregularmente espaciados, que son *metros cúbicos 312.000*.

El volumen total se descompone en las proporciones siguientes:

| | <u>Metros cúbicos.</u> |
|---|------------------------|
| Volumen de detritus estériles o con tan poca ley que se deben considerar como tales.... | 2.228.500 |
| Volumen de aluvión platinífero cuya ley permite explotarlo..... | <u>700.082</u> |
| TOTAL..... | 2.928.612 |

Sobre este volumen de aluvión platinífero debemos hacer la siguiente observación, que es de capital importancia.

Sólo se ha considerado como aluvión platinífero, incluyéndolo en la suma anterior, al que ha dado cantidades ponderables de platino. No se ha tenido en cuenta, ni se ha incluido en la cifra anterior, al que sólo ha dado trazas de platino, esto es, leyes que se pueden estimar aproximadamente en 0,05 y 0,07 gramos de platino por metro cúbico. Pero hay que tener presente que en el curso de una explotación por dragas este último aluvión se lavaría también y aumentaría un tanto a la cifra que expresa la cantidad de platino aprovechable en este río.

La cantidad de platino reconocida en río Verde es de *kilogramos 111.531*, a la cual se aplica la observación que acabamos de hacer. Se debe tener en cuenta también que esta cifra es la que corresponde al platino *directamente pesado*; esto es, al procedente de los taladros seriados. No se incluye en ella, porque no se la puede incluir con exactitud, la cantidad de platino que pueda existir entre los últimos taladros de cada serie y los bordes del depósito de aluvión, bordes que también se aprovecharían en el caso de una explotación por draga.

Teniendo en cuenta las salvedades que anteceden, no nos parece demasiado aventurado suponer que la cantidad total de platino que se puede extraer de río Verde se elevaría a *kilogramos 125*; pero la cifra segura, la que debe servir de base a los cálculos que se hagan sobre el resultado económico de la explotación es la de *kilogramos 111.531*, consignada antes.

Esta cifra supone la previa admisión de una hipótesis, la de que *el platino está uniformemente repartido en la masa del aluvión*, lo cual, a más de ser natural y lógico, es lo que se ha comprobado sucede en las localidades en que se ha explotado este metal, y lo que el resultado, uniforme en cuanto a ley, de los taladros hechos en nuestros ríos, parece indicar sucederá también en los aluviones de la Serranía de Ronda.

En el reconocimiento de río Verde se ha invertido toda la primavera y algunos meses del otoño de 1916. En total, *ciento ochenta y ocho días*.

En este río la zona de depósito es continua. Cuando llegue el

momento de explotarla por draga, ésta no necesitará desmontarse al llegar a una estrechura por la que no pueda pasar, ni habrá ningún otro obstáculo análogo para el arranque continuado de las arenas. La zona rica empieza a poca distancia aguas abajo de la fábrica La Concepción y continúa con manifiesta regularidad hasta el final, el cual está un tanto aguas abajo de la confluencia del río Hoyo del Bote y río Verde.

La densidad de los aluviones de río Verde es la de 1,7, como se dijo antes. La hemos determinado por tres procedimientos, cuyos resultados han concordado: por el de la balanza de Westphal, por el gravímetro de Nicholson, y pesando de semana en semana volúmenes medidos de arena. Dicha densidad se mantiene constante hasta el fin de la zona de depósito. Más allá de él disminuye un tanto, porque disminuye también la proporción de espinelas en los detritus.

Los resultados del reconocimiento del río Guadaiza los expresa el cuadro siguiente:

| SERIES | Distancias. | Volumen total de aluvión. | Volumen de aluvión platinífero. | Ley media. | Cantidad de platino. |
|----------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|------------|----------------------|
| 2 a 1..... | 200 | 230.500 | 11.220 | Trazas. | Trazas. |
| 1 a 0..... | 200 | 300.200 | 123.500 | 0,013 | 1.605 |
| 0 a 1..... | 245 | 609.905 | 318.018 | 0,032 | 10.176 |
| 1 a 2..... | 200 | 493.900 | 232.100 | 0,048 | 11.140 |
| 2 a 3..... | 400 | 966.000 | 202.000 | 0,180 | 36.360 |
| 3 a 4..... | 400 | 759.000 | 53.000 | 0,150 | 7.950 |
| 4 a 5..... | 400 | 525.000 | 113.000 | 0,065 | 7.395 |
| 5 a 5 1/2..... | 200 | 202.000 | 82.500 | 0,135 | 11.137 |
| 5 1/2 a 6..... | 200 | 172.000 | 89.500 | 0,225 | 13.387 |
| 6 a 7..... | 400 | 289.000 | 87.200 | 0,230 | 20.056 |
| 7 a 8..... | 400 | 271.000 | 73.200 | 0,140 | 10.248 |
| 8 a 8 1/2..... | 200 | 145.000 | 36.500 | 0,055 | 2.007 |
| 8 1/2 a 9..... | 200 | 124.200 | 27.500 | 0,075 | 2.062 |
| 9 a 10..... | 200 | 114.500 | 27.000 | 0,060 | 1.620 |
| TOTAL... .. | » | 5.172.205 | 1.446.238 | » | 135.093 |

También en este río se han hecho taladros irregularmente espaciados aguas arriba de la serie superior y aguas abajo de la in-

terior para fijar con toda certeza a la cabeza y a la cola de la zona platinífera. Contando a estos taladros y a los hechos con la sonda de mano en los trabajos preliminares del Sr. Orueta, resulta que la longitud total de la zona reconocida en este río es de *3.845 metros*.

Sumando a los sondeos con sondas Kaystone los que acabamos de mencionar resultan *127 taladros*, que arrojan un total de *624 metros* perforados.

El cubo de arenas tratado en el lavadero ha sido de *11.251 litros*, que se descomponen en *10.571 litros* de arenas de aluvión y *680 litros* de detritus procedentes del *bed-rock*.

En este río la mayor parte del lecho está formado de *bizcornil*, cuyos detritus ya hemos dicho se diferencian poco de las arenas suprayacentes. Por esto no se ha podido llevar una cuenta aparte de ellos, como se ha hecho en río Verde, y la cifra 680, consignada antes, sólo es aproximada, cosa que no influye en la cantidad total de platino.

La densidad media del material lavado ha sido de 1,84, cifra que, como se ve, es algo superior a la de río Verde. Esto se explica por la mayor proporción de espinelas que contienen las arenas del Guadaiza, lo cual se pone de manifiesto con toda evidencia en el examen microscópico.

Aplicando esta cifra resulta que el peso del volumen de detritus lavado es de *kilogramos 20.701*.

La superficie total reconocida en este río, añadiendo a la comprendida entre las series la reconocida por los taladros adicionales y los del Sr. Orueta ha sido de *metros cuadrados 927.000*, la cual, como se ve, es bastante mayor que la correspondiente a río Verde. Esto se debe a que, aun siendo menor la longitud de la zona reconocida aquí que la de allí, en cambio la anchura de las planicies de aluvión del Guadaiza es mayor que la de las de río Verde. Por esto, el número de taladros ha sido también mayor, y esto a pesar de que dicho número se ha reducido al mínimo, porque la experiencia adquirida al sondear al primer río la hemos aprovechado en el segundo, espaciando los taladros y las se-

ries cada vez que el examen microscópico de las arenas, su densidad y su ley en platino, comparada con los similares de río Verde, nos decían estábamos en una zona pobre. Por cierto que la manera de distribuirse y de relacionarse entre sí las zonas ricas y las pobres es en esta región de la Serranía de una regularidad sorprendente, la cual, una vez conocida, ha facilitado no poco al emplazamiento de los taladros.

El volumen total de arenas que se ha reconocido es de *metros cúbicos* 5.172.205, que se descomponen del modo siguiente:

| | Metros cúbicos. |
|--|-----------------|
| Volumen de estériles o con tan poca ley de metal que se deben considerar como tales... | 3.725.967 |
| Volumen de aluvión platinífero explotable.... | 1.446.238 |
| TOTAL..... | 5.172.205 |

La observación que hemos hecho sobre estos volúmenes al tratar de río Verde subsiste en todo para el Guadaiza, pues al dividir en dos cifras al volumen total, como acabamos de hacer, hemos seguido exactamente el mismo criterio en un río que en otro.

La cantidad de platino aprovechable en los aluviones del Guadaiza es de *135 kilogramos*, pero también subsiste para ella la observación que hemos hecho para río Verde. Teniéndola en cuenta, no nos parece aventurado suponer que la cantidad de platino explotable se elevará a *142 kilogramos*, por más que la cifra garantizada y la que tomaremos como base para los cálculos de la parte económica de este informe será la de *135 kilogramos*.

La hipótesis de regularidad de distribución admitida para río Verde subsiste también para los aluviones de este río.

El tiempo total empleado en el reconocimiento del Guadaiza ha sido de *ciento veinte días*, tiempo que resulta sensiblemente menor que el empleado en río Verde. Esto se explica porque aquel río fué el primero que se reconoció y en él se hubieron de vencer cuantas dificultades prácticas era de prever se habían de presen-

tar. Allí se dominaron estas dificultades y allí aprendió el personal a trabajar con las sondas y con el lavadero.

Antes de seguir adelante vamos a consignar aquí, por ser lugar adecuado para ello, el adelanto conseguido en el manejo de las sondas por los ingenieros y operarios encargados de ellas.

Ya hemos dicho en la primera parte de este informe que todos los que interveníamos en el reconocimiento ignorábamos el manejo de los aparatos. Nos servían de guía los conocimientos generales adquiridos en nuestra profesión; lo que los libros sobre la materia nos habían enseñado y las indicaciones contenidas en los catálogos de la casa Keystone, constructora de las sondas. Estas últimas fueron las más útiles para nosotros. Las dificultades que se presentaron no fueron extraordinarias, pero aun así, por las razones que acabamos de exponer, costó algún tiempo y algún trabajo dominarlas.

Pues bien, a los tres meses de haber comenzado el reconocimiento, el rendimiento que daban las sondas y el lavadero igualaba a la cifra máxima que para él se consigna en los referidos catálogos, y al terminar los sondeos de río Verde y desde entonces hasta el final del trabajo dicho rendimiento ha sido un 20 por 100 mayor que dicha cifra máxima.

Cierto es que los aluviones de estos ríos no son difíciles de perforar y entubar; pero aun así, el resultado obtenido es digno de consignarse, siquiera sea en justa alabanza de los ingenieros señores Rubio y Moya y de los obreros a sus órdenes.

Veamos ahora lo concerniente al reconocimiento del río Guadalmina, aun cuando sea poco lo que tengamos que añadir a lo ya dicho sobre este río en la primera parte de este informe.

El resultado en él ha sido completamente negativo. Se comenzó su reconocimiento muy cerca de la playa, como se había hecho en el Guadaiza, por los motivos ya explicados. En las dos primeras series se encontraron pequeñas proporciones de platino en algunos taladros, presentándose el metal en pepitas muy rodadas de un tamaño sensiblemente menor que el habitual. Pero en la tercera serie, en las que siguieron a ésta y en otra que se hizo aguas abajo

de las dos primeras, desapareció el platino y sólo muy de tarde en tarde apareció alguna que otra pepita en los taladros.

A pesar de este desfavorable resultado se continuó el reconocimiento, si bien espaciando un tanto las series y los taladros, hasta donde termina la planicie inferior de este río, o sea hasta la entrada Sur de la pequeña estrechura que hay aguas abajo del paraje llamado Las Angosturas. El resultado siguió siendo negativo hasta el final.

Ya hemos dicho que en el reconocimiento preliminar de este río, hecho por el Sr. Orueta, se había encontrado platino en diversos puntos, entre otros, en las bases de las terrazas de aluvión que existen en las vegas de Tramos y Raguada y en los conos de deyección de algunos arroyos de la cuenca superior. La proporción de platino en dichos aluviones fué próximamente la misma que la encontrada en depósitos análogos de río Verde y el Guadaiza, y esto hacía suponer que la proporción de platino en los depósitos inferiores habría de ser también próximamente la misma que en aquellos otros dos ríos; por cuyo motivo no se suspendió el trabajo en el Guadalmina hasta no haber adquirido por completo la certeza de que dicha hipótesis no se realizaba.

Ignoramos las causas de tal anomalía, y sólo a título de opinión aventurada nos atrevemos a suponer que el poco platino que en la cuenca de este río contienen las rocas matrices se ha depositado antes de las planicies inferiores, y que, por ser tan escaso, no ha llegado a éstas casi ninguno. También cabe suponer que los pozos y pequeñas gargantas de Las Angosturas hayan actuado como un *sluice natural*, deteniendo al platino arrastrado por la corriente; pero a esta suposición se opone el hecho de que también en los demás ríos hay gargantas con pozos semejantes a Las Angosturas del Guadalmina, aunque no tan extensas, y, sin embargo, el platino ha podido pasar a través de ellas y llegar a las zonas bajas de los ríos (1).

(1) Tal vez hubiera procedido reconocer el fondo de estos pozos. No lo hemos hecho porque reconocimientos practicados antes en pozos similares nos

Sea cual sea la causa, el hecho positivo es que el río Guadalmina es estéril en cuanto a platino. Su reconocimiento ha servido, sin embargo, para poder hacer las deducciones que se han explicado al principio de este informe, las cuales han servido, a su vez, para trazar el plan de reconocimiento ulterior.

La longitud de la superficie reconocida en el Guadalmina ha sido de *metros 2.867*.

El número de taladros practicados ha sido de *123*, repartidos en *once series*, variando el número de taladros en cada una de ellas entre *siete y veinte*.

Estos 123 taladros, sumados, dan un total de metros perforados de *716*.

El cubo de arenas tratado en el lavadero, incluso los detritus procedentes del *bed-rock*, ha sido de *litros 13.420*.

La densidad media de los detritus es de *1,67*, inferior, como se ve, a la de los ríos Verde y Guadaiza, debido a la menor proporción de espinelas que contienen las arenas del Guadalmina; hecho que también concurre a explicar la casi total ausencia de platino en ellas.

El peso de las arenas lavadas ha sido de *kilogramos 22.411*.

La superficie total reconocida alcanza la cifra de *metros cuadrados 646.000*.

El tiempo empleado en el reconocimiento del Guadalmina ha sido de *ciento doce días*, debiendo advertir que durante el curso de los trabajos hubo que suspender éstos varias veces a causa

habían demostrado que en el fondo de ellos no se han depositado aluviones finos, debido a que la fuerza de la corriente y de la caída del agua en forma de cascada sobre esos pozos, los arrastra hasta tal punto que el fondo del pozo resulta limpio de arenas y cubierto de guijarros rodados de cuatro a seis centímetros de diámetro. Este fenómeno es constante y se le puede estudiar bien, comprobando lo que acabamos decir, en el curso superior del Guadaiza, en el medio de río Verde, aguas arriba de Istán, y, mejor aún, en el arroyo de la Alija y en el de Lagunetas, que son afluentes del Guadalmina y están aguas arriba de la vega de Tramoses. Una vez que se ha visto la fuerza del agua en estos pozos se explica la ausencia de aluviones finos en su fondo. Por esto no emprendimos la exploración de los de Las Angósturas, que hubiera costado cara y cuyo resultado se podía predecir había de ser negativo.

de que las lluvias reblandecían de tal modo las tierras contiguas al lecho del río, que resultaba imposible colocar las sondas sobre ellas. Por esto, los ciento doce días consignados son los que en realidad se han aprovechado para sondar.

Respecto a los demás ríos de la región ya hemos dicho cuanto opinamos sobre ellos y es inútil repetirlo aquí. Debemos ceñirnos, pues, a los resultados positivos obtenidos en río Verde y en el Guadaiza. Veamos el aspecto económico de la explotación del platino contenido en estos ríos.

Aspecto económico de la explotación del platino.

Si se comparan los resultados del Guadaiza con los de río Verde y se tiene en cuenta lo que han enseñado los trabajos hechos en uno y otro río sobre la naturaleza de los aluviones y demás circunstancias relacionadas con el beneficio de éstos, resulta:

1.º Los aluviones son de la misma naturaleza en ambos ríos y su composición también la misma, salvo la pequeña diferencia en la proporción de espinelas que ya hemos indicado antes. En uno y otro los aluviones están formados por arenas sueltas, muy movedizas, con granos de tres a cuatro milímetros para abajo, sin cantos gruesos y sin arcilla que los aglomere y produzca barro. Por esto último, la criba cortante (*grizly*), que se emplea en la mayoría de los lavaderos de oro y de platino para deshacer las pelotas de barro, ha sido innecesaria aquí y no la hemos empleado jamás. Esta es una propiedad excepcionalmente favorable para el tratamiento de estos aluviones.

2.º La profundidad de la capa platinífera no es grande. Está situada entre ocho y quince metros de profundidad, y dentro de cada río y de cada zona de depósito va variando con notable uniformidad. El espesor de esta capa ya hemos visto oscila entre dos y cuatro metros, pasando rarisima vez de esta última cifra.

3.º El platino está concentrado en el Guadaiza, en una super-

ficie algo menor que en río Verde, y a una profundidad también menor. Estas circunstancias colocan al Guadaiza en condiciones algo más favorables que río Verde para la explotación por draga.

4.º La *ley media* del Guadaiza es también algo mayor que la de río Verde. Se llama ley media a la relación entre el volumen total de arenas que hay que extraer para la explotación (1) y la cantidad de platino contenida en él. Esta ley media es para río Verde de 24 miligramos por metro cúbico, y para el Guadaiza de 26 miligramos.

El primer punto a fijar es el método de explotación que se debe seguir en estos ríos. En este caso la elección no es dudosa. El procedimiento de las dragas flotantes es el preferible a todos, y hasta nos atreveríamos a decir que es el único que cabe emplear en estos ríos y con aluviones de esta naturaleza. Pero antes de exponer las razones en que fundamos este aserto, conviene decir, aunque sea introduciendo un paréntesis en la exposición, lo que es una draga flotante moderna y la manera como funciona. Se trata de un aparato poco conocido en España y cuya estructura y manera de trabajar se han modificado en época reciente.

Las dragas flotantes son, en su conjunto, una estructura de madera y hierro cuya forma exterior es la de una casa y cuyas dimensiones oscilan entre 10 y 15 metros de longitud por seis a ocho de anchura. Toda la estructura, con los aparatos que contiene, va montada sobre flotadores longitudinales ocultos por el agua del río, sobre cuyo nivel se eleva unos 25 centímetros el piso inferior de la draga. Dentro de ésta se alojan los elementos siguientes:

1.º *La cadena extractora*. Es de cangilones y está mantenida por dos cables de acero unidos a dos pescantes que permiten in-

(1) Este término *ley media* sólo es aplicable a los métodos de explotación en los que se extrae la totalidad de arenas del depósito, tanto las estériles como las platiníferas. Como el método de las dragas está en este caso, y como es el que procede emplear en estos ríos, como a continuación vamos a ver, hemos consignado la ley media de uno y otro que nos va a servir de guía para los cálculos.

clinar más o menos la cadena y extraer aluviones a distintas profundidades. En las dragas modernas, la profundidad de extracción llega hasta 25 metros; pero lo habitual es que sólo alcance hasta 18 ó 20 metros. En nuestro caso bastarían 15 metros de profundidad máxima.

La potencia de una draga se caracteriza por la capacidad de sus cangilones, la cual oscila entre dos y medio y 15 pies cúbicos cada cangilón. Como la velocidad de la cadena es la misma siempre, el cubo que una draga extrae en un tiempo dado es proporcional y depende únicamente de la capacidad de los cangilones. El borde anterior de éstos está provisto de una cuchilla fuerte de acero templado para facilitar el arranque de las arenas y proteger al cangilón.

2.º *Los aparatos clasificadores y lavadores.* La cadena extractora eleva las arenas que extrae hasta la parte superior de la draga y allí las vierte automáticamente en los aparatos de clasificación y lavado. Los primeros constan de un tromel o de un tromel y dos cribas oscilantes si se trata de separar muchas clases. En el caso nuestro bastaría con un tromel que separase las mismas clases que separan nuestros actuales aparatos de ensayo, cuyo manejo ha demostrado que basta con dos clases para un lavado completo. Ya hemos visto al describirlos cuál es el tamaño de cada una de estas clases.

El aparato lavador consta de varios *sluices* en cascada (en nuestro caso habría dos *sluices*) y una batería de bateas mecánicas automáticas modelo *Francois* (1) que afinasen a los concentrados de los *sluices* y separasen definitivamente al platino. En los lavaderos de oro, la instalación se completa con placas de cobre amalgamado que recogen las partículas pequeñísimas de este metal. En

(1) No entramos en la descripción de los aparatos que mencionamos, porque son de sobra conocidos, y su forma y manera de funcionar la explican los tratados modernos de preparación mecánica.

Recomendamos entre estos últimos el muy moderno y excelente que hace tres años publicó el profesor de la Escuela de Minas Excmo. Sr. D. Eduardo Gullón.

los lavaderos de platino, estas placas se substituyen por mantas de lana que realizan la misma función que las placas, aun cuando estén basadas en principios distintos. Lo recogido por las mantas pasa también a las bateas *Francois* para su tratamiento final (1).

3.º *La cadena evacuadora.* Es también de cangilones y está destinada a recoger los detritus estériles procedentes del lavadero y a verterlos al exterior, detrás de la draga, y a conveniente distancia de ella. Esta cadena es de construcción y capacidad iguales a la lavadora, aun cuando menos fuerte que ésta. Los estériles que salen del lavadero se vierten automáticamente en un depósito, del cual los recoge la cadena evacuadora.

4.º *Las máquinas de vapor o eléctricas destinadas a mover la instalación.* Van montadas en el interior de la estructura y sobre el piso inferior de ésta. Un laboratorio de ensayos y un almacén pequeño completan la instalación.

La draga es flotante, como ya hemos dicho. Sus flotadores están calculados de modo que soporten al peso de los aparatos manteniendo sobre el nivel del agua al piso de la draga cuando ésta está cargada de arenas. La instalación de la draga se hace de una vez para todas en un estanque que se practica en el río y en el extremo inferior, o sea en la cola de la zona de aluvión. La draga se ancla fuertemente a ambas orillas del río, y los cuatro cables que parten de las anclas van a parar a otros tantos cabrestantes situados uno en cada esquina de la draga, merced a lo cual ésta se puede mover lateralmente en sentido perpendicular al lecho del río, y además girar sobre su centro cierto ángulo.

La cadena extractora va desmontando las arenas que hay delante de la draga, o sea aguas arriba de ella, y la evacuadora

(1) En nuestra artesa (*sluice*) de ensayo hemos empleado también una de estas mantas; pero sólo por rarísima excepción hemos encontrado en ella alguna que otra partícula de platino. Depende esto de que el metal no existe en ese estado en los aluviones de la Serranía y sí en el de partículas que, por lo menos, miden de una a tres centésimas de milímetro, las cuales son recogidas por las barras de la artesa y no llegan a la manta. Esta propiedad es también favorable al lavado de estos aluviones.

va relleno detrás de la draga un hueco igual al que la primera practica, resultando así que la capacidad del estanque sigue siendo siempre la misma.

Merced a las diferentes posiciones que, girando sobre su centro, puede tomar la draga por la acción de los cabrestantes, la cadena extractora ensancha lateralmente al estanque y la draga se transporta de una orilla a la otra del río, practicando en éste unas a modo de trincheras y arrancando sucesivamente todo el aluvión del frente.

El trabajo puede continuar en esta forma mientras haya en el río agua suficiente para mantener la draga a flote dentro del estanque. Una serie de experimentos y medidas que hemos hecho nos permite asegurar que se podrá trabajar en tales condiciones durante ocho meses del año, tanto en un río como en el otro, y que tan sólo durante cuatro meses de estiaje faltará agua para que la draga flote (1).

En esto de los períodos de trabajo está la Serranía de Ronda en condiciones radicalmente opuestas a las de Los Urales, cosa que merece consignarse, por ser aquella región la que más platino ha producido hasta ahora. Allí las dos dragas que hay instaladas (2) sólo pueden trabajar tres meses y medio, o, a lo sumo, cuatro, debido a que el resto del año el agua se hiela, y los aluviones se endurecen de tal modo, que los cangilones no los pueden arrancar.

El procedimiento de las dragas es el más económico que se conoce para el beneficio de aluviones, y se comprende bien que así sea porque con él se suprimen los dos factores que más enca-

(1) En rigor, guardando ciertas precauciones, este período de parada se podría reducir a tres meses; pero esta región de la Serranía, próxima a la costa, está infestada por el paludismo durante los meses de verano, y esto, unido al excesivo calor que habría en el local cerrado de la draga, aconseja también la suspensión del trabajo durante el verano, cosa que también hemos hecho nosotros por idénticos motivos en los tres años que ha durado el reconocimiento.

(2) Una de ellas procede de la casa americana Marion, y la otra fué construída poco antes de la guerra en los talleres nacionales de Putiloff (Rusia).

recen a las explotaciones subterráneas, la entivación y el desagüe. Además la mano de obra queda reducida a un mínimo por hacerse todas las operaciones mecánicamente. Basta decir que el manejo de una draga para tratar 800 toneladas diarias de arenas exige tan sólo un equipo de 12 hombres.

Pero para que este procedimiento sea aplicable, los aluviones deben reunir determinadas condiciones que no todos reúnen. Una es la de no contener cantos rodados grandes en su masa, porque contra ellos se estropean los cangilones de la cadena extractora, y cuando los cantos son excesivamente voluminosos, la cadena no los puede arrancar de la masa de arenas en que están empotrados y se originan esfuerzos extraordinarios, seguidos casi siempre de accidentes graves, en la cadena o en la maquinaria. Otra condición que deben tener los aluviones es la de no contener mucha arcilla, porque ésta da excesiva consistencia a las arenas y dificulta su arranque, siendo además un inconveniente serio para el lavado, como ya expusimos al tratar de éste. Por último, es condición muy conveniente, aunque no indispensable, que los aluviones que se arrancan estén sumergidos en agua y que la draga sea flotante, porque si bien se construyen hoy día dragas que trabajan en seco, la experiencia ha demostrado que su rendimiento es muy inferior al de las flotantes, que arrancan arenas constantemente bañadas por agua, y con menos consistencia, por consiguiente, que las que están en seco.

Ahora bien, la descripción minuciosa que hemos hecho antes de los aluviones de estos ríos demuestra que en ellos concurren las tres condiciones que acabamos de enumerar, y que concurren en alto grado, pudiendo afirmarse, por tanto, que la naturaleza de estos aluviones es inmejorable para su explotación con dragas flotantes. Es más, hasta se podría vaticinar que este procedimiento es el único aplicable a ellos, porque una explotación subterránea exigiría una entibación carísima, tratándose, como se trata, de arenas sueltas muy movedizas, y exigiría también un desagüe artificial enormemente costoso, porque la pendiente de las zonas de aluvión y su altura sobre el nivel del mar no permiten el desagüe natural.

Hay también en las planicies de depósito otra condición que también es favorable: la de ser continuas, tanto en el Guadaiza como en río Verde, y no estar separadas por gargantas estrechas. Esto es importante, porque cuando hay estrechuras a través de las cuales no puede pasar la draga, hay que desmontarla y volverla a montar otra vez aguas arriba de la estructura, operación que cuesta cara y exige bastante tiempo. En nuestro caso bastaría con montar la draga dos veces, una en río Verde y otra en el Guadaiza, para explotar la totalidad de aluviones aprovechables.

Adoptado el procedimiento de las dragas, entra inmediatamente en consideración la capacidad de arranque que debe tener ésta. Las casas constructoras de dragas preconizan hoy día varios tamaños que, como antes hemos dicho, se miden por la capacidad de los cangilones de la cadena extractora, siendo en todo lo demás iguales.

El tipo recomendable para nuestros aluviones es el de 7,5 pies cúbicos (1), porque la extracción resulta con él más económica que con los demás, dada la naturaleza y la profundidad de aquéllos. La capacidad de extracción de la draga de 7,5 pies cúbicos es de 1.080.000 metros cúbicos al año, pues si bien sus constructores (Bucyrus C^o) garantizan la cifra de 1.620.000 metros, hay que tener presente que el período de trabajo en los ríos de la Serranía sólo durará ocho meses. Esta cifra no representa tampoco el máximo que correspondería a un trabajo intensivo y sin interrupción, sino que tiene en cuenta los días festivos y las paradas inevitables para reparaciones. Por esto no hemos vacilado en aceptarla.

En enero de 1914 el precio de esta draga de 7,5 pies cúbicos, construída por la casa Bucyrus Company de South Milwaukee, de los Estados Unidos, era de 800.000 pesetas, comprendiendo en

(1) Esta opinión nuestra la hemos robustecido con las que nos han dado los constructores de dragas Marion y Bucyrus, y también fijándonos en las dos dragas que trabajan en Rusia, y que son ambas de este mismo tamaño.

esta cifra los gastos de transporte y de instalación aquí (1). Pronto veremos la variación de precio experimentada en este material.

El segundo punto a tener en cuenta en el estudio económico de la explotación es el precio de coste del tratamiento de los aluviones por esta draga. Como no existe hoy día ninguna de ellas en España que nos permita estudiar sobre el terreno una explotación de esta clase y deducir de este estudio el precio de coste, hemos tenido que acudir a instalaciones extranjeras, especialmente a las que funcionan en los Estados Unidos, para el beneficio del oro, y en Rusia para el del platino. Hemos podido reunir datos de 32 de estas instalaciones. También hemos acudido a los libros que tratan de esta materia, y, por último, hemos tenido muy en cuenta las circunstancias, ventajosas unas y desventajosas otras, de los aluviones de río Verde y Guadaiza y del país en que radican.

Las primeras, las ventajosas, las hemos enumerado ya, y no hay por qué repetirlas. Las segundas, las desventajosas, son:

1.^a La carestía del combustible, sea carbón, sea leña. Esta localidad está lejos de los centros productores de carbón, no hay ferrocarril a ella todavía (2), y el transporte desde los dos puertos más próximos, que son Málaga y Algeciras, distantes próximamente 70 kilómetros de estos ríos, hay que hacerlo por carro, debiendo advertir además que sólo el de Málaga es ahora aprovechable, porque la carretera hasta Cádiz no está terminada y no llega más que hasta el Guadiaro. Cierto es que se pueden descargar barcos en la playa misma, que se extiende ante la desembocadura de estos ríos, y así lo hace algunas veces la colonia de San Pedro Alcántara, inmediatea al Guadaiza, para abastecerse de carbón; pero como no hay puerto en dicha playa, hay que esperar a

(1) Los derechos de Aduana no se han tenido en cuenta, por tratarse de una explotación que se ha supuesto la haría el Estado.

(2) La línea, con vía de un metro, entre Málaga y Cádiz, está ahora en construcción, y los trenes circulan ya hasta Fuengirola, que está a la mitad de distancia entre Málaga y río Verde. Pero al declararse la guerra, las obras se suspendieron, y no se han reanudado todavía. Por esto, al establecer nuestros cálculos, lo hemos hecho sin contar con el posible transporte por ferrocarril.

los días de mar muy tranquilo y transbordar el carbón del barco a gabarras o barcazas, descargándolo a hombros y con espuestas en la playa, operaciones cuyo conjunto resulta muy caro, hasta tal punto, que en épocas normales costaba el carbón descargado por estos procedimientos y puesto en los almacenes de la colonia a razón de 75 a 80 pesetas la tonelada. Este precio resultaba, sin embargo, algo más reducido que si el carbón se descargaba en Málaga y se transportaba por carros hasta su destino. Así, pues, en épocas normales no se debe calcular menos de 80 pesetas por la tonelada de carbón en la draga (1).

Hay gran abundancia de leña de pino y de monte bajo en las cuencas de los ríos Verde y Guadaiza; pero no existe en ellas ni un solo camino vecinal que permita transportarla con relativa economía. Hay que hacerlo a lomo y por veredas malísimas, lo cual eleva el precio de la leña a 1,25 pesetas el quintal, o sea a cosa de 25 pesetas la tonelada, cuyo precio, tratándose de esta leña de tan pocas calorías, resulta sumamente elevado. Y nótese que este precio era antes de la guerra. No se puede asegurar que al normalizarse las circunstancias vuelva a ser el que era entonces.

El carbón vegetal obtenido con las leñas que acabamos de mencionar se emplea en la localidad para usos domésticos, y comprado en cantidades grandes se le puede obtener a un precio que oscila entre 130 y 135 pesetas la tonelada. Pero también este precio es elevadísimo, si se tienen en cuenta las condiciones de este combustible.

Por último, la energía eléctrica procedente de varios saltos de agua cuyos proyectos y concesiones están terminados (2) se po-

(1) Nuestro reconocimiento lo hemos efectuado durante los años de guerra, y en vista de que el precio de la hulla superaba a 200 pesetas por tonelada al pie de las sondas, optamos por calentar a las calderas de éstas con leña y carbón vegetal mezclados, consiguiendo con estos combustibles una reducción de coste de cosa de un 50 por 100, fenómeno económico que es realmente extraordinario.

(2) Estos saltos son propiedad de D. Jaime Parladé y Heredia, vecino de Málaga. Uno de ellos, situado en el mismo río Verde, es de una fuerza de 2.000 caballos, y sería fácil explotarlo por sus condiciones topográficas. El salto se alimenta de un manantial, y el volumen de agua en él es muy constante.

drían utilizar en la draga construyendo ésta exprofeso para ello cosa que hacen los constructores sin gran sobreprecio. Pero para poder aplicar económicamente la energía eléctrica sería preciso combinar el consumo de la draga, que es de unos 200 caballos, con el de la fábrica de ferros, de que hablaremos después. Esta solución de la energía eléctrica sería la más económica de todas; pero nos ha parecido más prudente basar nuestros cálculos en la obtenida con vapor producido por los combustibles dichos, cuyo precio acabamos de consignar.

2.^a El elevado precio de la mano de obra. Hay que tener en cuenta que el personal que maneje la draga ha de estar compuesto en su mayor parte por especialistas, y como en la región no los hay, habría que hacerlos venir, unos de América y otros de regiones de España más o menos lejanas de la Serranía. Esto, aun cuando sean pocos los operarios que se necesiten, influye en el precio de coste, y es un dato que se debe tener muy en cuenta cuando se compara al precio de coste aquí con el del extranjero.

3.^a La falta de medios auxiliares, como talleres, establecimientos para adquirir lo que a cada paso necesita una maquinaria complicada, como la de la draga, etc.

Tales son los datos económicos que hemos tenido en cuenta al establecer el precio de coste. Hemos determinado también el trabajo a realizar por la draga en cada río. Este trabajo consta de dos partes: la primera es el arranque y evacuación de la capa de aluvión estéril que hay sobre la platinífera, y cuyo espesor oscila entre cuatro y siete metros. Estos aluviones no pasan por el lavadero; la cadena extractora los vierte directamente al depósito de estériles, de donde los recoge la cadena de evacuación. La segunda parte del trabajo es el arranque, lavado y evacuación de la capa de aluvión platinífero y de la parte superior del *bed-rock*, que contiene platino explotable. Estos aluviones los vierte la cadena extractora en el tromel de clasificación, y se tratan como hemos explicado antes.

Como conocemos con exactitud el espesor de la capa estéril, la platinífera y el *bed-rock* explotable de cada punto de las zonas

que se van a beneficiar (1), hemos podido establecer comparaciones exactas entre el caso nuestro y las explotaciones extranjeras que nos han servido de guía. Ya hemos dicho que hemos podido obtener datos fidedignos de 32 de ellas, entre las cuales hay siete de aluviones auríferos y una de aluviones platiníferos con los mismos espesores respectivos de capa estéril y capa platinífera que en nuestros ríos. Los precios de coste de estas ocho explotaciones son los que preferentemente nos han servido de base para obtener el nuestro. Hemos tenido también muy en cuenta la comparación entre las condiciones económicas de aquellas localidades y las de la Serranía (2), y por todo esto creemos habernos acercado a la realidad cuanto es posible acercarse en un caso como este en el que falta la experiencia directa.

Los precios de coste de las ocho localidades dichas, reducidos a pesetas (cambio a la par) oscilan entre 17 y 25 céntimos de peseta por metro cúbico. Esta cifra es el precio de coste de los metros cúbicos totales una vez hecha la suma de los estériles y los ricos y tomando el término medio de ella. Teniendo en cuenta todo lo expuesto antes sobre las condiciones del trabajo en nuestra región, hemos fijado nuestro *precio de coste probable* en veintidós céntimos de peseta por metro cúbico (pesetas 0,22), cuya cifra nos va a servir de base para cuanto va a seguir (3). Este pre-

(1) De estos espesores se han deducido las cifras, expresando metros cúbicos, que figuran en los cuadros de antes. La ley de variación de espesor de los tres elementos que intervienen en el cálculo está representada con toda exactitud en las curvas que acompañan a los planos, los cuales, en el caso de explotarse estos ríos, servirían para determinar las alturas que se deben dar en cada punto a las cadenas y a sus montantes.

(2) No detallamos los cálculos y los razonamientos aplicados, porque sería tarea interminable y este informe se alargaría inútilmente, puesto que lo que interesa es el resultado final del cálculo y no el proceso seguido para obtenerlo. A pesar de esto, hemos bosquejado y seguiremos bosquejando las líneas generales de este proceso, por creer que esto es más convincente que las afirmaciones radicales.

(3) Como se ve, esta cifra se aproxima bastante a la máxima de los precios de coste de los lavaderos de oro de América y de una de las dragas instaladas en los Urales, la cual trata de aluviones muy semejantes a los nuestros, tanto

cio comprende a todas las operaciones de extracción, lavado, evacuación y gastos generales.

Fijado, como queda dicho, el precio de coste, se debe tener en cuenta a renglón seguido el plazo de amortización que se debe asignar a la draga. Pesando el pro y el contra, hemos fijado el plazo en cuestión en diez años. Cierto es que la explotación de los dos ríos se haría en menos tiempo, pero si nos atuviésemos a este tiempo para amortizar la draga, a más de resultar muy recargado el precio de coste total, nos encontraríamos al final de la explotación con una draga en muy buenas condiciones todavía, que se podría aplicar a trabajos similares de aluviones auríferos que existen en algunos ríos de España. Aun no contando con esto, la draga contendría maquinaria y accesorios fácilmente aprovechables y que tendrían, por tanto, un valor real. Seguiremos, pues, el criterio generalmente admitido en la industria para plazos de amortización y tomaremos el de diez años, que, dado el precio de la draga, arroja una cifra de 80.000 pesetas anuales a añadir a precio de coste determinado antes.

Veamos ahora el cubo de aluviones que hay que tratar. Este cubo se obtiene sumando a los 2.928.612 metros cúbicos de aluviones que hay que arrancar en río Verde, con los 5.172.205 que corresponden al Guadaiza. Resulta así un total de *8.100.817 metros cúbicos*.

Hemos visto que la capacidad de la draga elegida es de metros cúbicos anuales 1.080.000; luego dividiendo por esta cifra los metros cúbicos que hay que extraer, resultará el tiempo necesario para esta extracción. Este tiempo es de siete años y medio.

El gasto total a hacer para obtener los 246,531 kilogramos de platino existente en los dos ríos es:

en leyes como en espesores relativos de ricos y estériles. Hemos tomado esta cifra, aun a trueque de pecar de pesimistas, por tratarse de un problema prácticamente desconocido en nuestro país, en el que puede haber no pocos factores imprevistos.

| | Pesetas. |
|--|------------------|
| Tratamiento de 8.100.817 metros cúbicos de aluvión, al precio de 0,22 pesetas por metro cúbico | 1.782.179 |
| Amortización de la draga a razón de 80.000 pesetas anuales durante siete y medio años. | 600.000 |
| TOTAL..... | <u>2.382.179</u> |

Tal es el gasto. El producto sería el valor en venta de los kilogramos 246,531 de platino con que se puede contar seguramente en los dos ríos. El precio del platino en bruto antes de la guerra oscilaba alrededor de cinco pesetas el gramo (1). Tomando al precio de cinco pesetas, resulta un valor de *pesetas 1.232.655* para el platino contenido en ambos ríos, y el resultado económico de su explotación se establece como sigue:

| | Pesetas. |
|------------------|------------------|
| Gastos..... | 2.382.179 |
| Producto..... | 1.232.655 |
| PÉRDIDA. | <u>1.149.524</u> |

Hubiera resultado, pues, una pérdida de más de un millón de pesetas si el platino reconocido en la Serranía se hubiera explotado antes de la guerra. Veamos ahora las variaciones de precios ocurridas durante ella (2), y cuál será el porvenir probable de nuestros yacimientos.

(1) Pudiera llamar la atención este precio, si se tiene en cuenta que algunas veces, durante los dos o tres años anteriores a la guerra europea, se podían adquirir objetos de platino puro, tales como crisoles, cápsulas, etc., a poco más de cuatro pesetas el gramo. Esta aparente anomalía se explica quizás por el elevado precio que alcanzan dos de los metales que acompañan al platino en bruto, que son el iridio y el paladio; lo cual trae como consecuencia que en ocasiones, cuando hay demanda de estos metales, se coticen más caras las pepitas de platino en bruto que el metal puro en objetos de elaboración muy fácil, como son los indicados antes. Este hecho lo hemos visto comprobado registrando tarifas de precios de metales que tenían fecha anterior al año 1914.

(2) Diremos de una vez para todas, que, tanto los datos referentes a platino como los que atañen al cromo y al níquel, los hemos obtenido manteniendo

Antes de comenzar la guerra, el principal centro productor de platino era la región NE. de los montes Urales. De allí salía el 90 o el 95 por 100 de la producción mundial. El resto lo suministraban Colombia, Brasil y el distrito de Oreville en los Estados Unidos. Estos dos últimos yacimientos son muy pobres y están minuciosamente reconocidos, por lo cual cabe esperar poco de ellos en el porvenir.

A poco de comenzar la guerra, la producción de platino de Rusia empezó a disminuir rápidamente, y, en cambio, el consumo de dicho metal aumentó en proporciones sensibles, porque para la fabricación de los explosivos modernos hace falta ácido sulfúrico concentrado, que exige alambiques de platino para su última destilación.

En vista de la escasez del metal, se trató de intensificar la explotación en Colombia, pero se tropezó para ello con dificultades grandes, siendo la mayor la extraordinaria insalubridad de la región en que radican los yacimientos de platino. Sin embargo desde 1915 a la fecha tenemos noticia de que la producción de Colombia ha aumentado en cerca de un 50 por 100 sobre lo que era antes de la guerra.

Pero esto no bastaba para el consumo, y hubo que requisar objetos de platino y apelar a otros medios; uno de los cuales fué el aprovechamiento, difícil y muy caro, de la pequeña cantidad de

una correspondencia no interrumpida con amigos nuestros de Inglaterra, Francia y Estados Unidos de América, y leyendo lo que sobre dichos metales se ha publicado en aquellos países desde 1913 a la fecha. Como los Estados Unidos han sido la nación que ha ido a la cabeza de la metalurgia durante dicho período, natural era que de allí hayan venido los datos de más valor para nosotros. Las personas que mayor número de ellos nos han suministrado han sido los señores Brandley Staughton y M. Garvey, secretario el primero de la Asociación de Ingenieros de Minas de los Estados Unidos de América, y vocal el segundo de la Corporación del Hierro y el Acero de dicho país. Nuestro particular amigo D. Juan Riaño, Embajador de España en Washington, nos ha ido enviando cuanto se ha publicado en los Estados Unidos en las revistas oficiales sobre platino, níquel, cromo y sus aleaciones. Entre otras, ha sido de especial interés para nosotros el *Boletín* que mensualmente publica el Ministerio de Comercio de Washington.

platino que contienen las piritas del Canadá. Consecuencia de la escasez fué una enorme elevación en el precio del platino, la cual todavía se mantiene hoy día, a pesar de la terminación de la guerra. Respecto a esta elevación de precio podemos decir que en el otoño de 1916 vino a visitarnos a la Serranía un agente oficial del Gobierno inglés, con la exclusiva misión de ver si podía adquirir platino español. Dicho agente acababa de regresar de Rusia, adonde había podido comprar a duras penas 120 kilogramos de platino en bruto, que había pagado a 18 francos el gramo, según él mismo manifestó; ofreciendo pagar al mismo precio el que de la Serranía se le pudiera suministrar. Esta oferta la hizo después de haber examinado el platino que en aquel entonces se había reunido y que procedía de las sondas, y después de haber visto también los resultados de los análisis de dicho metal.

Dos meses después recibimos otra oferta de la misma procedencia elevando el precio de 22 francos el gramo. Mientras tanto nos habíamos cerciorado de que en los Estados Unidos se pagaba corrientemente el platino en bruto a 23 y 25 francos el gramo.

Como ya en aquel entonces se había terminado el reconocimiento de río Verde, y el del Guadaiza permitía predecir en parte los resultados que después se obtuvieron, concebimos la idea de aprovechar esta enorme alza del platino, comenzando su explotación, si era posible, antes que terminase el reconocimiento. Queríamos hacer rápidamente un estudio económico para poderse lo someter al Estado. Al efecto, empezamos una activa correspondencia con las casas constructoras de dragas, y de ella resultó que la draga de 7,5 pies cúbicos, cuyo precio antes de la guerra era de 800.000 pesetas al pie de obra, pedían por ella entonces (1) 2.750.000 pesetas en fábrica, lo que hubiera elevado su precio total, con flete, instalación en obra y otros gastos, a cerca de tres millones de pesetas. Y además de esto pedían un plazo para la

(1) Este precio es el más económico que hemos recibido. La casa que lo hizo es la Bucyrus C^o, ya citada antes, y la fecha de la oferta es 23 de agosto de 1917.

entrega en fábrica y sin compromiso para ellos de quince meses, a contar desde la terminación del estudio definitivo, en el cual, a juzgar por los datos que pedía la casa, se habían de invertir, por lo menos, seis meses. Resultaba, pues, de este precio y de este plazo que los gastos volvían a superar a los productos, aun cuando éstos, tomando para el platino nada más que el precio de 20 francos, elevaban el valor de los 246,531 kilogramos de platino a 4.930.621 pesetas. Además, no se podía contar con la draga hasta pasados dos años, como mínimo. Esto nos hizo desistir de nuestro proyecto.

Consideremos ahora las posibles contingencias del porvenir.

Una vez firmada la paz comenzará el período de reconstrucción en las naciones devastadas por la guerra, y durante él es de suponer que la industria americana seguirá trabajando de preferencia para dichas naciones; y como lo que hay que reconstruir es mucho, los elevados precios del hierro y el acero no es probable bajen durante dicho período. Estos precios son los que más influyen en el de la draga, por ser de hierro y acero la mayor parte de su estructura y de su maquinaria, y por esto se debe suponer también que durante algún tiempo no cabe esperar poder adquirir una draga en condiciones de precio comparables con las de antes de la guerra, ni conseguir tampoco para su transporte a España un flete económico.

Pero no es aventurado pensar que al cabo de un plazo más o menos largo la industria americana se habrá normalizado y se podrá obtener una draga de Bucyrus o de Marion en condiciones aceptables. Tal vez conviniese estudiar también una combinación que permitiese construir en España los flotadores de la draga y la superestructura del edificio, importando de América tan sólo la maquinaria y demás piezas especiales. Esta combinación, a la que quizás se prestaría alguna de las dos casas constructoras, disminuiría sensiblemente el precio de la instalación, por la economía que se obtendría en los transportes.

Respecto al platino, parece lógico suponer que su consumo debe haber disminuído a la terminación de la guerra, porque con

ella debe haber terminado la fabricación intensiva de explosivos. Pero las demás aplicaciones del platino subsisten lo mismo que antes, y es un dato digno de tenerse en cuenta que, a pesar de los muchos trabajos hechos durante la guerra para encontrar un substitutivo de dicho metal, no se haya encontrado ninguno y siga siendo el platino el único metal que por su inoxidabilidad, alta temperatura de fusión y otras propiedades se puede emplear en determinadas industrias.

Por otra parte, faltan datos del principal centro productor de platino; del distrito NE. de Los Urales, y aunque hemos examinado con especial atención las tarifas oficiales de metales, no hemos encontrado en ella al precio del platino de Rusia a partir del año 1915. En la actualidad se obtiene platino de Colombia, Brasil, Oreville y Canadá, como ya hemos dicho, y es un hecho cierto que este metal se sigue cotizando a precios que oscilan alrededor de 20 francos el gramo. Y como no cabe esperar que la producción mundial de platino aumente mucho, como sus antiguas aplicaciones no han disminuído, y como el distrito de Los Urales está en vías de agotarse, y además, hoy por hoy, no suministra platino, creemos que el elevado precio de este metal se ha de mantener durante bastante tiempo, y que puede llegar una época en la que, pudiéndose adquirir una draga en buenas condiciones económicas, la explotación del platino de la Serranía se ha de poder realizar con utilidad. Conviene, pues, a juicio nuestro, esperar a ese día y que el Estado español se coloque desde ahora en condiciones de poder aprovechar dichas circunstancias si nuestra hipótesis se realizase.

Por fortuna, esto es fácil en la Serranía, dada la localización de los aluviones en los ríos citados y dadas también las demás condiciones de los yacimientos; y si para poder explotar al platino en su día se reservase el Estado las tres zonas cuyos límites vamos a dar, no originaría con ello perjuicio alguno a tercero ni se los originaría tampoco a ninguna industria, y esto por las razones siguientes:

- 1.^a Porque en las tres citadas zonas no ha existido nunca nin-

guna mina, porque se ignoraba la existencia del platino en la Serranía y porque en dichas zonas no hay otro metal ni otro producto mineral que sea aprovechable.

2.^a Porque aun en el caso poco probable de quererse utilizar para construcciones u otros usos similares a las arenas de aquellos ríos, como la capa platinífera no comienza hasta los cuatro o seis metros de profundidad, la extracción de arenas superficiales no perjudicaría a la explotación ulterior.

3.^a Porque tampoco la perjudican las labores agrícolas que se hacen o se puedan hacer en lo futuro en las márgenes del río, y esto por la misma razón que acabamos de exponer.

Caso de aceptarse nuestro criterio se deberían reservar tres zonas en la región reconocida. Estas zonas son: la de río Verde y Guadaiza, que se han sondeado, y una en la parte inferior del río Guadiaro, en previsión de que en ella existiese platino, resolviéndose en el porvenir en sentido afirmativo las dudas que antes hemos expuesto sobre el particular. Los límites de dichas tres zonas deberían ser los siguientes:

Río Verde. A partir de la desembocadura de este río en el mar Mediterráneo, se trazará una línea sinuosa siguiendo el lecho del río, o sea por el centro de la corriente del agua. En los puntos en que el río se divida en dos o más brazos se trazará la línea por el centro del más caudaloso de ellos. Esta línea sinuosa se continuará hasta la desembocadura en río Verde del río llamado Hoyo del Bote, cuya desembocadura dista 8.600 metros próximamente de la de río Verde, en el Mediterráneo. A derecha e izquierda de esta línea, paralelamente a ella, y a la distancia de 300 metros, se trazarán otras dos líneas, que distarán entre sí 600 metros, quedando con ellas limitada una superficie de esta anchura y de 8.600 metros de longitud aproximada, que medirá, por consiguiente, 516 hectáreas.

Río Guadaiza. Se trazará una línea sinuosa por el centro del cauce, siguiendo las mismas reglas dichas para río Verde, desde la desembocadura del Guadaiza en el Mediterráneo hasta el paraje llamado El Cerrojo, distante de ésta 6.300 metros proxima-

mente. Paralelamente a esta línea se trazarán otras dos a derecha e izquierda de ella, distantes 300 metros de la línea central; lo mismo que se ha dicho para río Verde. La superficie así limitada tendrá 600 metros de ancho y medirá 378 hectáreas.

Río Guadiaro. Se trazará una línea sinuosa por el centro del cauce, siguiendo las mismas reglas que en los ríos anteriores, desde la desembocadura del Guadiaro en el Mediterráneo hasta la del río Genal en el Guadiaro. La longitud de esta línea sinuosa será de 14.700 metros próximamente. Se trazarán a derecha e izquierda y paralelamente a ella dos líneas que disten 500 metros de la central, porque en este río la zona de aluvión es más ancha que en los otros dos, y para que quede comprendida dentro de la superficie reservada debe tener ésta un kilómetro de anchura. Dicha superficie medirá 1.470 hectáreas.

Las tres quedarán limitadas por el Sur por la orilla del mar Mediterráneo, y por su otro extremo por una línea perpendicular al cauce de los ríos.

Sumando las tres superficies resultan en total 2.364 hectáreas de aluvión a reservarse el Estado.

Veamos ahora cuál ha sido el precio de coste de cada metro perforado en el reconocimiento del platino, incluyendo en él lo que ha costado lavar las arenas y separar al metal.

Para poderlo obtener se ha llevado una cuenta aparte para cada uno de los reconocimientos; el del platino de una parte, que se ha hecho por sondeos, y el del cromo y el níquel, que se han hecho por procedimientos que luego veremos. Los gastos generales de dirección, viajes, alquiler de viviendas y almacenes, etc., se han dividido en dos mitades, aplicando una de ellas a cada reconocimiento.

La suma total consignada y gastada ha sido *pesetas 450.000*. De ellas se han invertido 258.346 en el reconocimiento del platino y 191.654 en el del cromo y el níquel (1).

(1) En realidad, el gasto del reconocimiento del platino ha sido menor, porque en estas partidas se ha incluido el coste de las sondas, tuberías y acceso-

El número de metros perforados en el reconocimiento del platino ha sido en totalidad *metros 2.125,94*. Dividiendo por esta cifra la que representa el gasto, se obtienen *pesetas 121,49*, que es lo que ha costado la perforación, extracción de arenas y lavado de las mismas hasta la separación del platino por cada metro de sondeo.

Reconocimiento del cromo y el níquel.

En el estudio del Sr. Orueta, ya citado, se describe la manera cómo se presentan ambos metales en la Serranía (página 534 la del cromo y página 537 la del níquel), los minerales de ellos que más abundan, su génesis probable y la relación que se observa entre sus yacimientos y el terreno geológico en que están enclavados. No es preciso repetir aquí todo lo que allí se ha dicho, pero sí conviene recordar algo de ello y añadir algunos datos.

El mineral de cromo casi único de la Serranía y desde luego el aprovechable para las aplicaciones industriales de este metal es la *cromita*, o sea el sesquióxido de cromo. Este mineral está extraordinariamente repartido en las peridotitas de la región. En muchas de estas rocas entra como mineral constituyente, en algunas otras como mineral accesorio, y en ocasiones se localiza en bolsadas de cromita casi pura, enclavadas en las peridotitas y originadas probablemente por una segregación magmática anterior a la solidificación del magma. Estas segregaciones son las que constituyen criaderos de cromita, que llegan a ser explotables cuando la cantidad de mineral que contienen y la ley de éste llegan o exceden de ciertos límites.

rios como un gasto, y en realidad no lo es del todo, porque las sondas y sus accesorios están en buen estado y el Instituto Geológico los podrá utilizar para otros trabajos durante bastante tiempo. Pero siendo difícil apreciar el valor que hoy tienen las sondas para abonarlo en cuenta al reconocimiento hemos preferido hacer la cuenta como queda dicho, dando por amortizadas a las sondas con sus accesorios.

En cuanto a la cantidad, no es fácil fijar éste límite, porque depende también de la situación del criadero, que puede prestarse o no a un transporte económico, de su emplazamiento topográfico, que permita o no permita una explotación a cielo abierto y de algunas otras circunstancias que influyen en la economía del beneficio. Pero se puede decir de un modo general que un criadero en el cual se puedan cubicar de 10.000 a 15.000 toneladas de cromita, y cuyo emplazamiento y situación sea un término medio entre las favorables y las desfavorables, ya merece la pena explotarse, si su ley lo permite y si el precio de venta en el mercado no es demasiado reducido.

El primero de estos factores, la ley en sesquióxido de cromo, no suele ser obstáculo en los minerales de la Serranía, porque, salvo raras excepciones, dicha ley excede del 45 por 100 y llega con frecuencia al 50 y al 52 por 100, que es casi la máxima en las cromitas.

Respecto al segundo factor, al precio de venta, debemos consignar que el caso nuestro es un tanto especial, porque la finalidad del reconocimiento que se nos ha encomendado no es la de plantear un negocio industrial, sino la de encontrar reservas de minerales suficientes para abastecer a los establecimientos militares del Estado en condiciones de precio aceptables y durante un período largo. Esta era nuestra misión, y así la hemos explicado en la primera parte de este informe. De ello continuaremos ocupándonos al tratar de los resultados, porque hacerlo ahora sería introducir un paréntesis en la descripción de los criaderos que estamos haciendo.

Yacimientos de cromita con extensión superficial suficiente para poder cubicar en ellos las cifras dichas antes, son bastante abundantes en la Serranía. Algunos de ellos fueron ya señalados en diversas localidades por los Sres. Mac-Pherson y Orueta Aguirre en sus trabajos sobre esta región, y algunos otros lo fueron por el Sr. Orueta Duarte en su estudio citado. Pero antes de comenzar este reconocimiento se ignoraba el número de ellos, su relativa importancia y los demás datos necesarios para un estudio in-

dustrial; debido a no existir ningún antecedente minero de cromita de la Serranía, por no haberse explotado nunca en ella ninguna mina de este mineral. Había, pues, que proceder *desde el principio*; esto es, había que proceder a reunir los datos que acabamos de enumerar como si se tratase de una región completamente desconocida.

Esta carencia de antecedentes mineros nos impide dar datos positivos y comprobados de la extensión en profundidad de estos criaderos. Para poderlo hacer, hubiéramos tenido que ejecutar labores de consideración, o, por lo menos, sondeos a bastante profundidad; cosa que, tratándose de una región tan abrupta, en la que no existen caminos, y teniendo que perforar rocas tan duras como las peridotitas, hubiera costado sumas muy superiores a las consignadas en el presupuesto y hubiera exigido además un tiempo de que no disponíamos. Nos hemos limitado, por tanto, a realizar labores pequeñas, como calicatas, trincheras y alguna que otra galería de pequeña sección, y esto sólo en los casos en que tales labores eran absolutamente indispensables. En todos los demás hemos hecho cubicaciones superficiales.

Por fortuna, las hipótesis que hemos debido hacer para obtener cubicaciones aproximadas son lo bastante verosímiles para poderlas aceptar como ciertas o, por lo menos, como muy probables. Existe, en primer lugar, el hecho, que parece indiscutible, de que los criaderos de cromita de la Serranía se han formado por segregación magmática, y como esta formación obedece a leyes físicas generales, en las que caben pocas excepciones, se puede predecir con cierto grado de certeza la forma y disposición del criadero en profundidad y deducir de ellas su riqueza probable.

Tenemos, en segundo lugar, el valioso dato que aporta la comparación entre los terrenos y criaderos de cromita de la Serranía y los de otras localidades del mundo. Hemos procurado hacer esta comparación con el mayor cuidado, fijándonos principalmente en los criaderos que arman en peridotitas, y que por ello deben ser similares a los de nuestra región, y la hemos ex-

tendido al mayor número posible de ellos (1), habiendo visto cuál es la ley que siguen en profundidad; ley que, por fortuna, es sencilla, regular y la misma, o casi la misma, para todos. Hemos aplicado lo visto en estos criaderos a los de la Serranía, y ello nos ha servido no poco para establecer nuestros cálculos.

Creemos haber seguido el mejor camino para llegar a resultados exactos. Por otra parte, no teníamos otro de que echar mano pero, a pesar de esto, hemos creído necesario hacer la salvedad que antecede y exponer las hipótesis que nos han guiado, haciendo constar que de hipótesis se trata, si bien éstas son verosímiles.

Con los criaderos de níquel no sucede lo mismo que con los de cromo. Están desde luego más localizados que éstos, y si bien se encuentran aisladas en las peridotitas algunas bolsadas, nunca muy grandes, sin relación con otras, éstas son menos numerosas que las de cromo. En realidad, los minerales de níquel se localizan en dos regiones o parajes. La primera, la más importante, es la que hemos llamado *Jarales-Sierra de Aguas*, que se extiende en dirección SO. a NE. desde el límite del término municipal de Casarabonela con el de Carratraca, hasta la base NE. de Sierra de Aguas. La segunda región niquelífera está situada al Este de Marbella y comprende a la vertiente Sur de la *Sierra de la Alpujata* y a la cuenca del *rio Real*, extendiéndose hasta cerca de las *Chapas de Marbella*.

El mineral de níquel más abundante es el *Kupferniquel*, con ley de 15 a 21 por 100 de níquel metálico. El análisis completo de este mineral está consignado en la página 538 del estudio ya citado del Sr. Orueta. Antes de nuestro reconocimiento, este mineral era el único que se conocía en la región. En el curso de aquél hemos encontrado otro, que es la *Garnierita*, que en algunos ya-

(1) Los criaderos que con más detención hemos estudiado y de los que posemos numerosa bibliografía han sido: los de *Bare Hill*, cerca de Baltimore; los de *Goshen*, *Nottingham* y *Mineral Hill*, en Pensilvania; los de *Wood's Mine*, en Tejas, y el de *Hoboken*, en New Jersey, todos ellos en los Estados Unidos. Del Canadá hemos estudiado los de *Bolton* y *Ham*. Los de Nueva Caledonia, recientemente descubiertos. Por último, también hemos conseguido algunos datos, aunque incompletos, de los de *Katharinenburg*, en Siberia.

cimientos de Sierra de Aguas acompaña al primero en proporciones notables. La composición de la garnierita de la Serranía de Ronda es la siguiente:

| | |
|---|-----------|
| Níquel metálico.. | 16,20 |
| Magnesia | 12,16 |
| Alúmina | 0,27 |
| Cal. | 0,08 |
| Oxido de hierro | 3,40 |
| Sílice y serpentina descompuesta. | El resto. |

Este mineral ha sido clasificado como hidrosilicato de níquel y de magnesia, con proporciones variables de hierro. El análisis del de Sierra de Aguas concuerda con esta clasificación, y tanto la composición química del mineral como su aspecto y demás caracteres exteriores, se asemejan bastante a los de los ejemplares de Nueva Caledonia (1) los criaderos de cuya localidad arman también en serpentina como los de Sierra de Aguas (2).

Los criaderos de níquel de Los Jarales afectan la forma de bolsadas, que están interrumpidas tanto en dirección vertical como en su corrida superficial. Se los puede clasificar, por tanto, con toda propiedad como *criaderos en rosario*. Es indudable que existe relación entre las diversas bolsadas de cada grupo y tanto en un sentido como en otro. En el vertical ya se había comprobado esto cuando dichos criaderos se explotaron; en el sentido de la corrida había dudas; pero después de nuestro reconocimiento éstas han desaparecido, y se puede afirmar como un hecho comprobado que tales criaderos están en relación manifiesta con las

(1) En el Museo de Ciencias Naturales de Madrid (Hipódromo) existen notables ejemplares de este mineral, siendo digno de atención, por su tamaño, el que hay a la puerta de dicho Museo. Procede de Nueva Caledonia y se parece extraordinariamente a los de la Serranía.

(2) La sierra de Aguas es una de las partes de la gran masa eruptiva que está más hidratada. La casi totalidad de dicha sierra está formada de serpentina procedente de la hidratación de las peridotitas. (D. de Orueta, obra citada, capítulo IV.) Tal vez exista cierta relación entre la abundancia de los minerales de níquel y el grado de hidratación de las peridotitas, porque en la otra zona, en la de la vertiente Sur de Sierra Alpujata, dichas rocas están también muy serpentinizadas.

grandes roturas o fallas de aquella región, las cuales se orientan todas de NE. a SO., sucediendo lo mismo con las masas metalíferas y con *las guías* o filones de ganga que envuelven a aquéllas.

Esta orientación es constante, y además bastante regular. La substancia terrosa que envuelve a los nódulos de mineral y que está compuesta de serpentina, cromita y detritus níquelíferos, no desaparece nunca o casi nunca en todo el recorrido que media entre Los Jarales y la vertiente oriental de Sierra de Aguas, si bien queda reducida algunas veces a filoncillos o guías de pocos centímetros de espesor.

Dentro de esta substancia terrosa surgen de trecho en trecho las bolsadas de mineral de níquel, cuyo mineral se presenta en nódulos muy puros de desigual tamaño, algunos de los cuales llegan a pesar hasta 150 kilogramos. Estos nódulos en las bolsadas de los Jarales están en contacto directo con la ganga; pero en los de Sierra de Aguas hay casi siempre entre los unos y la otra una masa envolvente de cromita bastante pura, cuya ley no suele bajar de 48 por 100. Esta concurrencia de los dos minerales es una circunstancia muy favorable para los planes del Estado, como veremos después.

De estos filones interrumpidos de mineral de níquel hemos podido determinar cuatro en la citada zona. Es probable que existan más; pero se puede asegurar que han de ser poco importantes, porque el reconocimiento de aquella región se ha hecho con minuciosidad, y no es dable suponer hayan escapado a él bolsadas o guías de consideración. La distancia entre estos cuatro filones oscila entre 180 y 300 metros en sentido NO. a SE., o sea, en el perpendicular a su corrida, la cual se orienta, con notable regularidad, de NE. a SO., manteniéndose durante toda ella el paralelismo entre los filones.

El mineral que predomina en los Jarales es el kupferníquel. En cambio, en Sierra de Aguas abunda más la garnierita, cuya proporción va aumentando en dirección NE., pareciendo también que hay cierta relación entre este mineral y la cromita, pues ésta

abunda tanto más cuanto mayor proporción hay de garnierita en la bolsada.

El tamaño de éstas es muy variable. Según Alvarez de Linera (1), se extrajeron de algunas bolsadas hasta 24 toneladas de mineral puro, habiendo otras, en cambio, que sólo produjeron cuatro o seis. En nuestro reconocimiento hemos visto que el tamaño superficial de la mayoría de las encontradas es de 10 a 12 metros de longitud por cuatro o cinco de anchura en su parte central, y un metro, o menos, en sus extremos, pues estas bolsadas afectan casi constantemente forma elíptica, con su eje mayor orientado de NE. a SO.

La dimensión vertical de estas bolsadas parece ser mayor que la horizontal, y la proporción entre el mineral y la ganga parece que también aumenta en favor de aquél a medida que se profundiza. Decimos *parece ser*, porque la mayor parte de los datos probatorios de este aserto los hemos tomado de la Memoria de Álvarez de Linera, antes citada, y de lo que nos han dicho algunos mineros que trabajaron en aquellas minas. En las galerías y trincheras que hemos practicado en nuestro reconocimiento se han comprobado constantemente dichos asertos. Todo esto y la comparación con lo que sucede en los criaderos extranjeros que hemos estudiado, conduce a suponer, con muchas probabilidades, que la riqueza en níquel va aumentando con la profundidad y que esta regla es general a toda la región de Los Jarales-Sierra de Aguas, y muy probadamente también a la de Marbella.

Ya hemos dicho que los minerales de cromo no se han explotado nunca en la Serranía. Los de níquel, en cambio, se han beneficiado durante una parte del siglo XIX. Los datos acerca de este beneficio pueden ser de interés para nuestro objeto, por lo cual vamos a hacer un sucinto resumen de ellos (2).

(1) *Descripción del criadero de níquel de Carratraca*.—Málaga, 1851. Imprenta del Comercio.

(2) La mayor parte de estos datos los hemos tomado de la obra de Álvarez de Linera, que acabamos de citar: Dicho ingeniero de minas conocía a fondo aquella explotación, por haberla estado inspeccionando mientras fué ingeniero jefe del distrito minero de Málaga.

La explotación se hizo por varios propietarios de minas, el más importante de los cuales fué el conocido industrial de Málaga D. Jorge Ardois. Esta explotación se hubo de hacer del modo más caprichoso que cabe imaginar. La única preocupación que guiaba a aquellos mineros era la de arrancar al menor precio posible y en un plazo breve al mineral que encontraban, sin preocuparse gran cosa del porvenir de las minas, sin hacer una preparación ordenada de ellas y sin siquiera fortificar debidamente las labores que hacían. Consistían éstas en socavones de pequeña sección y en algún que otro pocillo que atravesaba verticalmente la bolsada. Y hasta tal punto hubo de exagerarse este codicioso criterio, que el entonces gobernador de la provincia de Málaga, D. Simón de la Rada, se vió precisado a dictar una orden para que se suspendieran los trabajos de todas aquellas minas hasta que, reconocidas por un ingeniero, se pudieran dictar reglas técnicas para su beneficio. A esta orden obedece la detenida inspección que hizo en ellas el ingeniero jefe D. Antonio Alvarez de Linera y el informe que publicó como resumen de su trabajo.

Buscaban el mineral por indicios, a los que daban importancia exagerada, descuidando, la mayor parte de las veces, otros de mucho más valor científico. Esto, unido a que allí no había un plan ordenado de labores, daba por resultado que, al poco tiempo de estarse beneficiando una mina, su red de labores fuera tan intrincada e irregular, que resultaba punto menos que imposible conservarlas y acometer otras, porque la exposición a hundimientos era grande, y la acrecentaba la falta casi total de rellenos. Con este sistema no debe extrañar que las economías que con él se proponían relaizar aquellos mineros resultasen ilusorias y viniesen a ser, a la larga, un encarecimiento del coste del beneficio, originando después la inutilización de la mina, y con ella la pérdida de todo lo gastado.

Para precisar más, veamos lo que puntualiza Alvarez de Linera en su informe sobre dicha explotación y sobre su porvenir:

«Acabada de publicarse la ley de Minas de 1825, se hizo la

primera denuncia en Carratraca (Jarales); pero la explotación dió poco resultado y hubo que abandonarla.

En el año 1840 se despertó de nuevo el entusiasmo por las minas a causa del descubrimiento de las de *Sierra Almagrera*, y se fundó una Sociedad llamada Concordia, que emprendió algunas labores en Los Jarales. Consistieron éstas en un pozo y algunos caños, de los que se extrajo algo de mineral de níquel; pero el resultado tampoco debió ser bueno, porque los trabajos se abandonaron a los cuatro meses de empezados.

En 1843, D. Amalio Maestre, a quien presentaron algunas muestras del mineral de Carratraca, clasificó a éste como *Kupfer-niquel* de excelente calidad; en vista de lo cual, renació el entusiasmo por tercera vez, y el propietario de minas de Málaga don Juan de Salas, asociado al Cónsul inglés de dicha población, reanudó los trabajos, que se continuaron hasta 1848 con resultados variables. En este año se descubrieron dos nuevas minas, que se bautizaron con los nombres *Rosario* y *Once mil Virgenes*, cuyos productos superaron en cantidad y calidad a los obtenidos hasta entonces. Basta decir que el ya citado D. Jorge Ardois compró a 20 reales quintal la primera partida de mineral que se extrajo de *Rosario*, y la revendió, con destino a Inglaterra, al precio de nueve duros quintal franco bordo Málaga.

Este resultado produjo entusiasmo grande, y a poco *se cubrió de agujeros todo el partido de los Jarales* (frase gráfica de Álvarez de Linera, que expresa muy bien lo ocurrido), buscándose además el níquel sin resultado en Alozaina, Yunquera y otros parajes.

De la forma irregular con que aparecen distribuidos los criaderos de níquel, dedujeron los mineros de Carratraca que aquellas minas se debían trabajar irregularmente. De aquí que abrieran pozos y trancadas *ad libitum* que se hundían a los pocos días de excavadas, y el querer ir siempre sobre el mineral aunque éste se presentase, como generalmente sucede, en cuatro o seis puntos a la vez. El terreno muy falso, las excavaciones mal dirigidas y el agua infiltrándose por las paredes, han ocasionado hundimientos

que desde el año último anuncié; y las sinuosidades de los caños cortarán la ventilación este verano si no adoptan los mineros las medidas preventivas que tengo indicadas.

Es indudable que un criadero irregular no puede sujetarse a esa marcha uniforme de un filón o capa donde siempre se trabaja con el mineral a la vista, o bien por estar sujeto a formas geométricas regulares puede atacarse a diferentes niveles con seguridad de encontrar su continuación siempre que se sepa buscarla.

A causa de la disposición irregular de los criaderos no se puede seguir en Carratraca el método anterior, pero sí se pueden disminuir mucho los gastos de explotación mediante la apertura de *galerías generales de prolongación* comunicando con *dos pozos maestros* de piso a piso; pueden después abrirse *galerías traviesas* a derecha e izquierda de cortas dimensiones para la rebusca y arranque del mineral, y, después de explotaras, rellenarlas con los mismos escombros, por un sistema análogo al de *Ramblai*, usado en Beiberg (Bélgica) para las bolsadas de galena. Estas galerías generales necesitarán, en lo general, fortificarse a causa de la flojedad del terreno, pero de las traviesas podrá aprovecharse la madera retirándola a medida que se substituye con rellenos, y además tirarse de trecho en trecho algunas *cañas* de reconocimiento para explotar el mineral que hubiese quedado entre dos traviesas. El mucho valor de la mena sufraga con exceso los gastos de su explotación y la escasez de madera y buenos operarios que deben traerse de otras comarcas mineras; y aun el alto precio del mineral puede acrecerse todavía sujetándose a un buen aparato a mano, quebrado, y aun lavado en *cribas de balancín* para separar toda la parte posible de ganga. La naturaleza montañosa del terreno facilita también la apertura de caños de desagüe y extracción, y sólo falta que decidiéndose los mineros a hacer un adelanto en metálico, de que muy luego serían reembolsados, preparen sus minas a una explotación en grande que hoy les consiente muy y bien la enorme dimensión de sus pertenencias.»

Los párrafos que anteceden están copiados literalmente del informe de Álvarez de Linera. Lo hemos hecho así porque dan cabal

idea de lo que se ha hecho en aquellas minas y de lo que se debía haber hecho, y dan esta idea mejor que lo que pudiéramos hacer nosotros discurriendo por cuenta propia; porque el citado ingeniero, a más de su vasta cultura y su mucha práctica minera, tenía sobre nosotros la inapreciable ventaja de haber visto todas las labores de aquellas minas, cosa que sólo hemos podido hacer en parte, reconociendo los pocos pozos y galerías que nos ha sido dable rehacer.

Los mineros de entonces no siguieron los consejos de Álvarez de Linera sino en lo que se refiere al mondado y selección del mineral en bocamina, y esto porque les obligó a hacerlo el elevado coste del transporte. Siguieron, pues, las minas con sus procedimientos de explotación caprichosos y arbitrarios, hasta que las mismas consecuencias de éstos, que ya vaticina Álvarez de Linera en su informe, obligaron a pararlas. Tal vez contribuyera a ello también una reducción en el precio del níquel, cuyo metal solía experimentar bruscamente en aquel entonces oscilaciones grandes en su valor, debidas a que no tenía las múltiples e importantes aplicaciones que hoy día tiene, las cuales aseguran su valor casi constante en el mercado de metales.

Álvarez de Linera daba tal valor al níquel de Carratraca y confiaba tanto en el porvenir de aquellas minas, que en el informe de que nos estamos ocupando propone se beneficie el mineral en Málaga, fundiéndolo en hornos apropiados por los procedimientos que se conocían entonces, y asegurando que la cantidad de mineral reconocida garantizaba la amortización de la fábrica que se montase y pingües ganancias además para sus propietarios.

A propósito de la cantidad de mineral existente en Los Jarales, y para terminar con el resumen del informe de Álvarez de Linera, vamos a consignar la cubicación que éste hace de él, si bien nos tendremos que ocupar de nuevo de ella cuando más adelante tratemos de los resultados de nuestros reconocimientos.

Álvarez de Linera no cubica más que el volumen reconocido por las labores existentes entonces en Los Jarales, y establece sus cálculos del modo siguiente:

«Han dado en él níquel todas las labores abiertas en la extensión de mil varas que hay desde la mina *Enriqueta* hasta la *Virgen del Rosario* y en la extensión, perpendicular a ésta, de cuatrocientas varas que hay desde la misma mina a la de *San Juan Evangelista*. El desnivel entre bocaminas es de doscientas veintinueve varas, lo que da una pendiente de quince grados, resultando un prisma rectangular de doscientas veintinueve varas de alto con una base de cuatrocientas mil, lo que arroja un volumen de noventa y un millones seiscientas mil varas cúbicas, dentro del cual debemos tener una seguridad de poder explotar níquel.

Ahora bien; las labores excavadas en *San Juan Evangelista* están comprendidas en una zona de diez y seis varas de profundidad, treinta de largo y ocho de ancho, lo que da un volumen de tres mil ochocientos cuarenta varas cúbicas, y como en las tres minas no pasará este volumen de seis mil varas, en las que se han explotado dos mil quinientos treinta quintales, rebajando los noventa y un millones seiscientas mil varas cúbicas a una décima parte, quedarán nueve millones ciento sesenta mil varas cúbicas, que supondremos únicamente con níquel; y si de cada seis mil varas arrancamos, como hasta aquí, dos mil quinientos treinta quintales, tendremos tres millones ochocientos sesenta y dos mil cuatrocientos sesenta y seis quintales de níquel.»

Esta última cifra, que, reducida a toneladas, da 177.673 toneladas, es lo que Álvarez de Linera supone existía sin explotar en el perímetro de dichas tres minas. No cubica lo que puede quedar dentro de ella desde la galería inferior al nivel del arroyo de Las Cañas en su confluencia con el del Moro (1), que es el punto más bajo de la zona mineralizada de Los Jarales. Tampoco cubica el mineral que pueda existir por debajo del nivel de dicho punto, y cuya explotación no se podría hacer por socavones, pero sí por pozos.

Da después su opinión, francamente favorable, a la continua-

(1) Este es el nombre que figura en el mapa del Instituto Geográfico y Estadístico. En el país se conoce a este arroyo con el nombre de Pinillos.

ción del criadero en profundidad y al probable aumento de su riqueza, basándose en el hecho de armar en una roca eruptiva muy profunda y en otras razones que no es necesario repetir, por ser las generales a todas las rocas de esta clase. También afirma su opinión por la comparación del criadero de Los Jarales con los de otros países, entre ellos con el de cobre de Monte-Catini, en Toscana, cuyo terreno ofrece grandes analogías con el de Carratraca.

Álvarez de Linera da al mineral de níquel de Carratraca un valor que deduce del que alcanzaba entonces su venta en el mercado. Este valor es el de 240 reales el quintal. Considera muy bajo este precio en relación con la utilidad que se podría obtener fundiendo al mineral en el país.

Hay que tener presente que en aquel entonces no existía la actual carretera de Álora a Carratraca, y que las vías de comunicación de las minas de Los Jarales se reducían a dos caminos, o mejor dicho, veredas, que conducían a Álora y a La Pizarra, y cuyos recorridos eran de 14 y 17 kilómetros, respectivamente. El transporte del mineral se hacía a lomo de caballerías y no se podía hacer de otra manera. Llegado a Álora o a La Pizarra se transportaba por ferrocarril a Málaga, distante 38 y 30 kilómetros, respectivamente, de dichas estaciones, y allí se embarcaba para Inglaterra, que era su mejor mercado entonces.

El transporte resultaba, por tanto, muy caro, y esto obligaba a transportar nada más que al mineral puro y rico, cuyo precio compensase a dicho elevado gasto, lo cual obligaba a su vez a hacer en bocamina una monda a mano y un minucioso escogido, cuyos desechos se arrojaban a las escombreras, las cuales por esta razón contienen bastante mineral, que sería aprovechable hoy día lavando las escombreras (1).

(1) Cerca de la margen derecha del arroyo del Escribano, que pasa al pie de las minas, existen hoy día unas ruinas que deben ser de un aparato de cribar. Cerca de ellas hay montones de escombros, con bastante mineral, por cierto, cuyos granos son de tamaño uniforme, lo cual parece indicar hubo allí en un tiempo una criba de clasificación y tal vez un lavadero. Álvarez de Linera no lo

Además de estas escombreras se ven en el exterior restos de edificios, el primer tramo de un pozo que se abre en el puerto que hay sobre las minas y restos de algunas galerías. En nuestro reconocimiento hemos rehecho y limpiado parte de estas labores, lo cual nos ha permitido recabar algunos datos de interés, como veremos después.

Respecto a la otra región níquelífera, poco podemos añadir a lo ya dicho. Es más pobre que la de Los Jarales-Sierra de Aguas, y ofrece los mismos caracteres en cuanto a presentación del mineral y forma de las bolsadas. Ha sido explotada muy superficialmente por compañías que enviaban su mineral al extranjero; pero la irregularidad de las bolsadas y la frecuencia con que se presentaban en ellas partes casi estériles, hicieron que se abandonasen aquellos trabajos a poco de emprendidos. A esto se reduce su historia. Lo que hemos reconocido en ella lo expondremos más adelante.

Tales son los datos y antecedentes que había sobre el cromo y el níquel antes de comenzar nuestro reconocimiento. Convenía consignarlos aquí, sobre todo los referentes al níquel, que es el metal más importante para industrias militares, porque nos han de servir, en unión de los recabados por nosotros, para sentar las conclusiones de este Informe.

Veamos ahora cómo hemos llevado a la práctica el reconocimiento del cromo y el níquel.

Procedimientos seguidos para el reconocimiento.

El problema se nos planteaba del modo siguiente: Se sabía que en la región existían minerales de cromo y níquel. Bolsadas de los

menciona, y los mineros ancianos de la localidad dicen que aquellas ruinas estaban ya así cuando ellos trabajaban en las minas, y que no saben lo que representan ni significan.

primeros habían sido descubiertas y reconocidas superficialmente por Macpherson y Orueta Aguirre (Istan, Hoyo del Bote), y por Orueta Duarte en Genalguacil, Reales y Sierra de Iguafeja, así como en la cuenca superior del río Verde. El análisis de este mineral demostraba que era cromita de ley alta. Datos sobre estos criaderos en profundidad no había otros que los que se deducen de los razonamientos científicos y de la comparación con lo que sucede en otros países. Respecto a los minerales de níquel, había bastantes datos, tanto de superficie como de profundidad, de las dos regiones dichas. Estos datos son los que acabamos de reseñar.

No se sabía cuántos criaderos de cromita existían en la región. Podían encontrarse, y esto era bastante probable, bolsadas mayores y más ricas que las conocidas. Podía haber alguna o algunas que por su situación topográfica estuviesen en condiciones excepcionalmente favorables para su explotación. Respecto al níquel, sucedía algo análogo. Cabía en lo posible que hubiese otras regiones niquelíferas a más de las dos citadas; pero lo que más interesaba en cuanto a este metal se refiere era reconocer minuciosamente las dichas dos regiones para ver si había en ellas más criaderos y cerciorarse, hasta adonde fuera posible, del porvenir que ofrecían en cuanto a cantidad y riqueza los ya conocidos, y que estaban, en parte, explotados.

La resolución de estos problemas exigía: 1.º Un reconocimiento superficial completo de la parte de la región que pudiese contener a ambos minerales. 2.º Hacer algunas labores (trincheras, calicatas y galerías pequeñas) que permitiesen adquirir una idea aproximada del régimen en profundidad de los criaderos y hacer una cubicación, también aproximada, del mineral con que se podría contar.

Para hacer el reconocimiento superficial, la investigación propiamente dicha, que era lo más importante, se han seguido dos procedimientos: el de cuadrillas volantes y el del lavado de las arenas de los ríos. Este último sólo es aplicable a los minerales de níquel, como después veremos.

El procedimiento de cuadrillas volantes consiste en hacer re-

correr el terreno por hombres que tengan alguna costumbre de conocer minerales, que vayan recogiendo las muestras de éstos que encuentren y señalando los sitios para examinarlos después con más detenimiento. Este método es primitivo, y si se quiere poco científico; es además largo y caro; pero confesamos francamente que no se nos ha ocurrido otro que pudiera resolver con certeza los problemas que surgían ante nosotros y que hemos planteado antes. Ni en los libros ni en las consultas que hemos hecho a distinguidos compañeros nuestros, hemos encontrado otro método que lo pueda substituir. Por otra parte, este procedimiento bien aplicado es de resultados casi infalibles, porque pone de manifiesto hasta los afloramientos más insignificantes de mineral que pueda haber en la región que se reconoce. Además, el suelo de la Serranía de Ronda se presta muy bien a este procedimiento, porque en él, salvo raras excepciones, las rocas están al descubierto y no recubiertas por tierra vegetal, lo que, unido a que la vegetación no es muy tupida, hace que sea fácil aperebir a los afloramientos de mineral.

No era preciso reconocer así toda la región acotada. Bastaba hacerlo en la masa peridótica y en los terrenos que se sabe tienen peridotitas bajo sus capas, y no a mucha profundidad. Esto depende de la relación, reconocida y comprobada, entre las peridotitas y los yacimientos de ambos minerales, y con ella se reducía mucho el campo de la exploración. Extendimos éste, sin embargo, a una parte de los terrenos limítrofes con la roca eruptiva para tener seguridad completa de que no quedaba ningún posible afloramiento por investigar.

Para ordenar el reconocimiento empezamos por procurarnos la serie completa de los excelentes mapas planimétricos, que ha hecho el Instituto Geográfico y Estadístico, de cada término municipal de la región (1). Con ellos a la vista, pudimos dividir en sec-

(1) Debemos dar las gracias más expresivas a nuestro compañero, el ingeniero de minas D. Luis Cubillo, Director entonces de la Sección Gráfica de dicho Instituto, que nos ha facilitado estos mapas y otra porción de datos, valiosísimos para nuestro trabajo.

tores de superficie próximamente igual a cada uno de los términos municipales que había que reconocer en todo o en parte. Esta división la hicimos valiéndonos de las líneas naturales del terreno, como ríos, arroyos, divisorias de aguas, etc., y una vez hecha, pudimos planear el trabajo sobre datos exactos, ordenarlo y establecer los cálculos de tiempo, personal, gastos, etc. El resultado de este trabajo preliminar fué la división en sectores que expresa la siguiente lista, que comprende todos los términos municipales que se debían reconocer en totalidad o en parte:

| | Sectores a reconocer. | | Sectores a reconocer. |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Algatocín..... | 2 | Fuengirola | 3 |
| Alhaurín el Grande.... | 5 | Gaucín..... | 3 |
| Alhaurín de la Torre . | 1 | Genalguacil | 7 |
| Alora..... | 6 | Guaro..... | 5 |
| Alozaina..... | 2 | Igualaja..... | 8 |
| Alpandeire..... | 3 | Istán..... | 8 |
| Ardales..... | 2 | Jubrique..... | 6 |
| Benahavis..... | 9 | Juzcar..... | 4 |
| Benalauria | 1 | Manilva..... | 2 |
| Benalmádena..... | 1 | Marbella | 9 (3) |
| Benarrabá..... | 1 | Mijas | 5 |
| Burgo..... | 1 (1) | Monda..... | 6 |
| Carratraca..... | 4 | Ojén..... | 8 |
| Cartájima..... | 2 | Parauta | 4 |
| Cártama..... | 1 (2) | Pizarra..... | 2 |
| Casarabonela..... | 7 | Pujerra..... | 5 |
| Casares..... | 6 | Ronda | 2 (4) |
| Coín..... | 4 | Tolox..... | 6 |
| Estepona..... | 8 | Yunquera..... | 7 |
| Faraján..... | 4 | | |

En total, 170 sectores, que miden una superficie de 696 kilómetros cuadrados aproximadamente.

(1) Sólo una pequeña parte de la *Sierra de las Nieves*.

(2) Una parte próxima a *Sierra Gorda*.

(3) Está incluido en el San Pedro Alcántara.

(4) Sólo la parte limítrofe con las sierras de la Nieve, de Tolox y de Yunquera.

Se empezó por organizar una cuadrilla de seis hombres y un muchacho, dirigidos por uno que, además de saber leer y escribir, tenía cierta costumbre de diferenciar minerales, por haber trabajado algunos años en las minas *El Peñoncillo*, de Marbella.

Poco a poco el número de cuadrillas se fué aumentando hasta tres, llegando a componerse cada una de ellas de 12 a 16 hombres. Así se ha continuado hasta el final.

Cada cuadrilla iba al sector que se le había designado de antemano, y cuyos límites, acompañados de un croquis del terreno, llevaba el jefe de aquélla.

Los hombres se repartían con cierta uniformidad sobre el terreno y avanzaban en el mismo sentido, examinando a la superficie. Cuando ésta estaba cubierta de monte bajo y las manchas de éste eran demasiado extensas, se arrancaban las matas necesarias para que se pudiera reconocer el terreno desnudo en puntos que, como máximo, debían distar 10 metros uno de otro. Los hombres tenían obligación de recoger muestras de cuanto encontrasen igual o parecido a un mineral.

El jefe de la cuadrilla acudía al punto adonde el mineral había aparecido; mandaba cavar un poco alrededor de dicho punto, para cerciorarse de si se trataba efectivamente de un afloramiento, y no de minerales rodados, y cuando la cava no bastaba, daba un barrero con medio cartucho de dinamita. El sitio se marcaba con un mojón, apuntando en su libreta el jefe de la cuadrilla el sitio, clase del mineral y demás datos, los cuales se repetían en la etiqueta de cada muestra. Cuando se habían reunido cierto número de éstas, las traía el jefe de la cuadrilla a la oficina de los ingenieros y se procedía a su examen.

Muchas de las muestras, sobre todo en los primeros tiempos del reconocimiento, resultaban inútiles por ser de minerales muy pobres o de rocas fáciles de confundir con minerales. Después, la práctica fué enseñando a los jefes de cuadrilla y a sus hombres, a distinguir los minerales ricos, y la proporción de muestras inútiles disminuyó bastante.

Hecha la selección de muestras en la oficina, nos trasladába-

mos al sector de donde procedían, y recorriamos los diversos parajes anotados en la superficie. Con ello se hacía una segunda selección, porque muchas de las muestras, sobre todo las de cromita, aun siendo de mineral rico, procedían de bolsadas tan pequeñas que no merecía la pena ocuparse más de ellas. Algunas, en cambio, procedían de criaderos de cierta extensión superficial, y entonces se procedía a hacer en éstos algunas labores que aportasen datos sobre el régimen de aquél en profundidad. Cuando la pendiente del terreno lo permitía y la inclinación aparente del criadero coincidía con ella, las labores eran calicatas que cortaban a poco trecho al mineral. Cuando éste distaba más de la superficie, las calicatas se convertían en trincheras horizontales que penetraban todo lo posible en el terreno. Otras veces, por último, había que hacer una galería de pequeña sección que cortase al mineral. Alguna de estas galerías ha medido hasta 20 metros de longitud; pero dicho se está que no se han hecho sino cuando la importancia aparente del criadero lo merecía, y cuando no era posible cortar en profundidad al mineral con una trinchera. Como la pendiente del terreno solía ser grande, una de estas galerías ponía de manifiesto una altura apreciable en la masa del mineral, y esto ha sido suficiente para formarse una idea de la cantidad de aquél, siquiera dicha idea sólo sea aproximada, y poder deducir si el criadero era o no explotable.

Tal es el procedimiento de las cuadrillas. Los resultados obtenidos con él los detallaremos más adelante.

El segundo procedimiento, el de lavado de las arenas de los ríos, es más científico, por decirlo así, que el anterior, y también más económico; pero no es aplicable sino a minerales, como los de níquel, que estén localizados en determinadas y circunscriptas regiones, no siéndolo a los que están repartidos por toda la masa del terreno y forman parte integrante de las rocas de él, como sucede con los de cromo. Se necesita también que los granos pequeños de mineral se distinguan con cierta facilidad y se destaquen sobre los demás que los acompañan, circunstancias que concurren en los dos minerales de níquel, el kupferníquel y la garnierita,

cuyo color verde claro intenso los hace inconfundibles con los demás.

Para explicar este procedimiento, veamos cómo lo hemos puesto en práctica en Sierra de Aguas, en la que sospechábamos debían existir bolsadas de mineral de níquel, por la composición de las rocas y por su proximidad y orientación respecto a Los Jarales.

Nos fijamos en los arroyos que nacen en la sierra, y elegimos en cada uno de ellos un punto situado aguas abajo de la masa peridótica y distante uno o dos kilómetros del contacto de aquélla con el terreno geológico limítrofe. El primer arroyo a que aplicamos el procedimiento fué el del Escribano, y el buen éxito obtenido en él nos animó a aplicarlo a los demás.

Lavando las arenas del arroyo en el punto elegido, como queda dicho, si se encuentra mineral de níquel en ellas, es evidente que existirán criaderos de él en la cuenca del arroyo. Así lo hicimos. El lavado se practicó en bateas de mano, recogiendo arenas de la superficie, o a lo sumo de un metro de profundidad, porque siendo la densidad de estos minerales poco superior a seis, no hay temor, como cuando se trata del platino, que se concentren rápidamente en el fondo del depósito de aluvi6n. Se puede asegurar que, si hay níquel en las arenas, se encontrarán de él bastantes granos en el residuo de la batea.

Si no se encontraba mineral de níquel en el punto en cuesti6n, repetíamos el lavado en diferentes sitios para cerciorarnos bien de su ausencia, y, si ésta continuaba, la cuenca de aquel arroyo quedaba descartada del reconocimiento ulterior, economizándose el tiempo y el gasto que se hubieran invertido en él.

Volvamos al primer caso, al de la presencia del níquel en el punto de arranque. Se ascendía entonces por el arroyo aguas arriba hasta llegar a la confluencia del primer arroyuelo de los que lo alimentaban, esto es, hasta encontrar otro arroyuelo que vertiese sus aguas en el primero. Se lavaban las arenas de este arroyuelo, y si no contenían mineral de níquel, se descartaba su cuenca del reconocimiento, y se seguía subiendo por el primer

arroyo hasta la segunda confluencia, repitiéndose las operaciones y continuando así hasta llegar al extremo superior de la cuenca.

Por medio de estas operaciones tan sencillas, la superficie a reconocer en la Sierra de Aguas quedó reducida a menos de la décima parte de su totalidad superficial, y en vez de reconocer esta totalidad por medio de cuadrillas, bastó hacerlo en la décima parte dicha, encontrándose, en efecto, en ella los criaderos de níquel que el lavado había hecho prever.

Este procedimiento de reconocer por lavados es tan eficaz, tan rápido y de resultados tan seguros, que no vacilamos en recomendarlo para cuantos casos análogos al nuestro se presenten en la práctica. Las condiciones que deben reunir los minerales para que el procedimiento sea aplicable ya lo hemos dicho antes, y, como se ve, hay en la Naturaleza bastantes minerales que las reúnen. En algunos casos hasta hemos podido hacer un análisis cuantitativo aproximado de las arenas lavando un peso conocido de éstas y separando al mineral de níquel en el residuo de la batea por medio de los líquidos densos. Si se trata este residuo por la solución de Rohrbache o por el yoduro de metileno, se van al fondo del tubo o de la copa las espinelas, el granate y el mineral de níquel, quedando a flote todo lo demás. La separación del mineral de níquel se hace después en el microscopio biocular, cosa siempre fácil por el color inconfundible de aquél. Pesándolo y estableciendo la proporción, resulta la ley en níquel de las arenas, y debemos decir nos ha sorprendido ver lo uniformes que son los resultados cuando se lavan arenas de un área no muy grande (unos 10 metros de diámetro) procedentes de la misma cuenca.

El reconocimiento por lavado lo aplicamos primero a la región Jarales-Sierra de Aguas, y cuando se terminó lo hicimos en la zona oriental de Marbella, en la cual, por estar los afloramientos más espaciados que en la primera, ser más pequeños y estar recubierta en muchos sitios la roca eruptiva por mantos de otros terrenos, el reconocimiento por cuadrillas hubiera sido más largo y más difícil que el de la primera región. Empezamos el lavado

por el puente sobre el río Real que hay en la carretera de Málaga a Cádiz. Encontramos mineral de níquel en él, y seguimos ascendiendo por dicho río hasta el comienzo de su cuenca, que está en el término municipal de Ojén, parte en sierra Blanca, y otra parte, la mayor, en la sierra Alpujata.

Se han reconocido por el mismo procedimiento las cuencas de los arroyos llamados El Tejar y Siete Revueltas, el primero entre Marbella y río Real y el segundo al Oriente de este último, resultando que no hay níquel en sus cuencas. Como éstas están contiguas a la de río Real, y como el reconocimiento se hubo de extender después en sentido Oeste a Este hasta cerca de las Chapas de Marbella, resulta que en esta extensa región sólo hay níquel en la cuenca del citado río Real, cosa que se ha comprobado después en el reconocimiento por cuadrillas para el cromo.

En el transcurso del reconocimiento hemos encontrado otro mineral que en un principio creímos podría tener interés. Nos referimos al *hierro cromado*, que es una magnetita con una ley en hierro de un 50 por 100, poco más o menos, como todas o casi todas las magnetitas de la región, y una proporción de sesquióxido de cromo, que varía entre 6 y 10 por 100. Existen criaderos de alguna importancia de este mineral en la cuenca del Hoyo del Bote y en algunos otros parajes.

Creíamos que este mineral pudiera tener interés para la fabricación del ferrocromo, porque habíamos leído en algunas revistas americanas que entre los procedimientos metalúrgicos inventados durante los primeros años de la guerra, había uno para obtener dicho ferro basado en el tratamiento directo en el alto horno de minerales de hierro cromíferos. Pero una investigación hecha para cerciorarnos de la veracidad de esta noticia nos mostró que los ensayos realizados no habían tenido éxito económico debido, entre otras causas, a la poca fusibilidad de los minerales que contienen cromo. Nos han asegurado que el procedimiento ha sido desechado, y que el ferrocromo se sigue obteniendo, o por los métodos anteriores a la guerra, o por otros nuevos inventados durante ella; pero que tanto los unos como los otros se basan en el

empleo de la cromita y no en el de los hierros con escasa ley de cromo (1).

Tales han sido los procedimientos que hemos aplicado para reconocer a los minerales de níquel y de cromo, y tal ha sido el proceso seguido durante este reconocimiento. Vamos a reseñar ahora sus resultados.

Resultados del reconocimiento de los minerales de cromo y níquel.

Estos resultados se pueden dividir en dos categorías: 1.^a Criaderos nuevos que se han encontrado. 2.^a Nuevos yacimientos que han aparecido en criaderos ya explotados parcialmente. Esta segunda categoría de resultados no atañe más que a los minerales de níquel de las dos regiones que hemos mencionado, pues ya hemos dicho que los minerales de cromo no se han explotado hasta ahora en la Serranía.

La relación que sigue designa los yacimientos encontrados, especificándose en ella el término municipal y el paraje en que radican, así como los datos referentes a su valor industrial. Esta relación sólo comprende a aquellos yacimientos que por su extensión superficial, por su ley y por lo que de ellos han mostrado las labores de reconocimiento que se han hecho, se pueden considerar como económicamente beneficiables. Pero debemos repetir

(1) Se han encontrado además en el reconocimiento otros minerales que no describimos, porque su escasez no permite considerarlos como industrialmente aprovechables. Entre ellos está la *scheelita* (tungstato de cal), cuyo afloramiento hizo concebir en un principio lisonejras esperanzas. Pero una investigación hecha por medio de dos trincheras y una pequeña galería a nivel inferior a aquéllas, demostró que sólo había una metalización reducida, y que la cantidad de mineral era insignificante. Asociados a la *scheelita* se encontraron algunos minerales raros, como el bismuto nativo y la bismutita, así como también una especie nueva de telururo de bismuto que D. Santiago Piña de Rubies, que la ha analizado, ha bautizado con el nombre de *oruetita*. Todos estos minerales son meras curiosidades científicas dada su escasez en nuestra localidad.

una vez más que las labores a que aludimos no han sido, ni podrían ser, todo lo completas que exigè una cubicación exacta de la cantidad de mineral disponible. Este trabajo se hubiera salido fuera de los límites impuestos a nuestro reconocimiento. No hay que olvidar que el objeto de éste era saber si existían en la región minerales suficientes en calidad y cantidad para abastecer a las fábricas militares del Estado y llenar ampliamente sus necesidades; y como este problema se podía resolver, y se ha resuelto, sin necesidad de cubicar con rigurosa exactitud todos los criaderos de la región, a ello nos hemos atendido.

TÉRMINO DE ALHAURÍN EL GRANDE

SECTOR 1.º

En la vertiente SE. del cerro de *Alaminos*, que mira al río de los *Pasados*, y a 400 metros de la intersección de los tres términos de Mijas, Coín y Alhaurín el Grande, se ha encontrado una bolsada de cromita con algo de mineral de níquel, bastante semejante, por su aspecto, a las de *Sierra de Aguas*. Mide 12 metros de largo por tres de ancho en su centro, y el mineral parece seguir en profundidad, a juzgar por lo que muestran dos trincheras practicadas en la bolsada. No se ha parado más la atención en ella por haber encontrado otras de bastante mayor importancia.

SECTOR 4.º

En los *Llanos de la Plata*, a 500 metros al Oeste del término de Coín, aparecen cuatro bolsadas de cromita pura que, aunque superficialmente son independientes, hay indicios de que se reúnan en profundidad. Esta región está bastante mineralizada y en la dolomía cristalina, allí en contacto con las peridotitas, se han explotado antiguamente criaderos de plomo argentífero. La designación de este paraje es un tanto vaga, porque parte de los llanos están en término de Coín. La hemos conservado, sin embargo, por ser éste el nombre que tiene curso en la localidad.

TÉRMINO DE ÁLORA

SECTOR 2.º

Vertiente NE. de la Sierra de Aguas. Confluencia del arroyo de la *Dehesilla* con el tercer afluente a contar desde su nacimiento. Una bolsada de garnierita muy alargada en el sentido N. NE. a S. SO., lo cual la asemeja a un filón. Tiene en algunos puntos hasta 12 metros de espesor, y termina por sus dos extremos en una guía estrecha de serpentina níquelífera. Abunda bastante la cromita en esta bolsada.

Vertiente oriental de Sierra de Aguas: 300 metros aguas abajo del nacimiento del arroyo de las *Canillas*. Una bolsada casi circular de garnierita muy mezclada con cromita y cuyos bordes son poco precisos, porque el mineral pasa muy gradualmente a serpentina.

SECTOR 3.º

Vertiente Norte de sierra de Aguas. Borde occidental de la cuenca superior del arroyo del *Colmenar*, a 200 metros, próximamente, de la confluencia con él de la cuarta rambla (sin nombre) que hay a partir del nacimiento del citado arroyo del *Colmenar*. Cinco afloramientos de un mineral de níquel que, por el resultado de su análisis, muestra ser una mezcla de kupferníquel y de garnierita, Debe haber en profundidad unión parcial o total de estos afloramientos, porque así lo indica una trinchera hecha aprovechando un corte brusco del terreno. Menos cromita que en los anteriores yacimientos.

SECTOR 4.º

En la cumbre del cerro de *Bellacos* hay una galería antigua que parece atravesarlo, y en las escombreras de esta labor sólo se encuentran indicios de minerales de níquel muy pobre.

Una bolsada pequeña en la vertiente NE. de la cuenca superior del arroyo de los *Paredones*, y a unos 300 metros de la con-

fluencia de éste con la cuarta rambla, a contar desde su nacimiento. El terreno está allí muy removido y eso ha dificultado un tanto el reconocimiento de una pequeña bolsada que allí hay. Parece, sin embargo, que esta bolsada contiene menos cromita que las anteriores.

En el paraje llamado *Puerto del Sapo* hay dos escombreras que indican reconocimientos o explotaciones antiguas. Examinadas y lavadas las escombreras, hemos encontrado en ellas mineral de níquel, pero en pequeña proporción. En los alrededores de estas escombreras hay indicios superficiales de níquel y de cromita, pero el terreno está allí bastante descompuesto, y las trincheras y calicatas no bastan para reconocerlo, porque no pueden alcanzar la profundidad necesaria para llegar al mineral y a la roca, poco alterada. Está allí indicada, a nuestro entender, una galería de pequeña sección normal a la divisoria y a unos 20 metros por debajo de ésta; la cual galería cortaría a los afloramientos superficiales a profundidad conveniente, si es que llegaban a ésta, como parecen indicar. No hemos practicado esta galería porque necesitábamos elegir entre las labores las que ofreciesen mayor interés, y tanto en el término de Alora como en el contiguo de Carratraca, había otras varias que lo ofrecían mayor que ésta.

En la cabecera del *Tajo Azul*, a poca distancia del término de Casarabonela, hemos encontrado un afloramiento, en el que la cromita predomina mucho sobre el mineral de níquel. Su forma es circular; mide unos ocho metros de diámetro, y las tres calicatas hechas en ella demuestran la continuidad del mineral.

SECTOR 6.º

Paraje llamado *Los Cerrajones*, en la divisoria entre los arroyos de las *Huertas* y los *Paredones*. Una bolsada de forma sinuosa y bastante grande de garnierita con cromita. Las calicatas demuestran que sus minerales tienen bastante ganga serpentina.

TÉRMINO DE ALOZAINA

SECTOR 2.º

En los alrededores del nacimiento del río *Jorox*, cerca del límite con el término de Yunquera, afloran en diversos sitios unas areniscas triásicas (1) de color amarillo rojizo, que dan pronunciado olor a petróleo cuando se las arranca. Este carácter es constante en toda la formación triásica de este término y también en la del de Yunquera, que es prolongación de la de Alozaina. El olor en algunas capas es muy pronunciado.

TÉRMINO DE ALPANDEIRE

SECTOR 2.º

En el *Puerto de los Perdigones* y sus alrededores, cerca de la intersección de los términos de Alpanseire, Ronda y Juzcar, aparece un mineral de hierro en forma de concreciones esféricas, que es una hematites muy rica en hierro. Arma en las calizas. Parece ser que en el siglo XVIII fué explotado y beneficiado este mineral en una fábrica instalada a orillas del río Genal, en el término de Juzcar (2).

El reconocimiento que hemos hecho en aquel paraje ha demostrado que existe aún en él mucho mineral de esta clase y bastantes afloramientos de yacimientos que no se han explotado. El beneficio *in situ* de este mineral con carbón vegetal, como se hacía seguramente en la fábrica de Juzcar, no sería económico hoy día, pero la distancia a la costa y a Ronda desde el puerto de los Perdigones no es grande (28 y 12 kilómetros en línea recta, respecti-

(1) Existen dudas sobre el nombre que se debe aplicar a esta formación. Véase sobre el particular el capítulo titulado «Terreno triásico» en la obra ya citada del Sr. Orueta Duarte, pág. 351.

La duda estriba en si se debe considerar como triásica o como permotriásica, cosa que afecta poco a nuestro razonamiento.

(2) Orueta Duarte, obra citada, pág. 530.

vamente), y cabría, tal vez, pensar en una explotación; porque, repetimos, que el mineral es rico y muy puro.

Aunque la hematites no era de los minerales comprendidos en nuestro plan de reconocimiento, hemos creído deber mencionar este yacimiento por el interés que pueda tener para industrias particulares.

TÉRMINO DE ARDALES

SECTOR 2.º

Comprende este sector una parte de la vertiente NO. de la Sierra de Aguas, y en él existen algunos afloramientos de kupferníquel que prueban que la mineralización llega en aquel sentido hasta el pie mismo de la sierra; esto es, hasta el contacto entre las peridotitas serpentinizadas y el terreno cambriano.

TÉRMINO DE BENAHAUIS

SECTOR 1.º

En el paraje llamado *Canutos del Monte* aflora una bolsada de cromita de forma elíptica y con 12 por siete metros de dimensiones superficiales. Las calicatas hechas en ella han dado buenos resultados en cuanto a riqueza y ley del mineral. Ésta no ha bajado del 48 por 100 en ninguna de las muestras, y ha llegado en algunas al 52 por 100.

Arroyo del Puerto. Vertiente oriental; cerca de su nacimiento. Una bolsada de 14 metros de largo por dos a dos y medio de ancho, de hierro cromado. La ley en cromo es de siete a ocho por 100, y la de hierro de 46 por 100. Reconocida por medio de una pequeña trinchera a ocho metros por debajo del afloramiento.

SECTOR 2.º

Cerro de la Mora. En él está la mina de grafito propiedad del Estado, cuya descripción ha hecho el Sr. Orueta en las páginas 541 a 546 de su obra ya citada. El Ministerio de Fomento en

su *Boletín* ha publicado un proyecto de reconocimiento de esta mina, del cual es autor también el Sr. Orueta (noviembre a diciembre de 1917).

Canutos de Doña Juana. Existen en este paraje dos minas antiguas de grafito, cuyas escombreras, aunque medio ocultas por la vegetación, son visibles todavía. No las hemos reconocido con labores.

Cuesta de Matagallos. A la mitad de ella, en la subida desde el Guadalmanza a su divisoria con el Guadalmina, existen varios afloramientos de cromita muy mezclada con las peridotitas. Las calicatas hechas no indican diferencias entre el mineral extraído de ellas y el de la superficie. La topografía del terreno no se presta a hacer una galería económica para reconocer estos afloramientos a cierta profundidad. Dicha galería hubiera tenido que ser muy larga para llegar a cortarlos. Por esto, y lo poco favorables de las indicaciones de las calicatas, se ha desistido de hacerla.

Nacimiento del arroyo de La Alija. Se ven en él varios afloramientos iguales a los de la cuesta de Matagallos.

SECTOR 3.º

En el extremo Sur de *La Rijana*, y en la cuenca del *Monte de la Corchá*, aflora también la cromita en forma parecida a las anteriores. Las calicatas hechas dan las mismas indicaciones que en la cuesta de Matagallos y en el arroyo de la Alija. Esta manera de entremezclarse el mineral de cromo con la roca de su caja, sin separarse netamente de ella, como ocurre en otros parajes, parece ser un carácter general a toda la cuenca del Guadalmanza.

SECTOR 5.º

Almárgenes. En este paraje de la vertiente occidental de la *Sierra Palmitera* se ven bastantes afloramientos de hierro cromado con composición similar a los del *Arroyo del Puerto*. Los dos más importantes de ellos han sido reconocidos por calicatas. El mineral es algo más puro que en la superficie.

SECTOR 6.º

Arroyo de la Romera. En el terreno estratocristalino de su cuenca afloran areniscas y pizarras cargadas de carbonato de cobre asociado a pirita ferrocobrizada. No los hemos reconocido por no entrar estos minerales en el plan general de nuestro trabajo. Los afloramientos en cuestión no prometen gran cosa.

TÉRMINO DE BENALMÁDENA

SECTOR 1.º

Existen en este término y en la vertiente Sur de *Sierra de Mijas* algunas bolsadas de una hematita parda muy rica, que arman en la dolomía cristalina. Algunas de ellas se han explotado fraudulentamente.

Citamos estos criaderos por las mismas razones que los de Al-pandeire.

TÉRMINO DE CARRATRACA (1)

La importancia de este término era grande para nosotros, porque en él radican la mayor parte de los minerales de níquel de la Serranía. Por esto, a pesar de ser de reducida extensión superficial, lo hemos dividido en cuatro sectores, aplicando a ellos los dos métodos de reconocimiento: el de las cuadrillas y el del lavado de arenas.

SECTOR 1.º

Comprende este sector el partido de Los Jarales, en el que, como hemos dicho, radican las antiguas explotaciones de níquel. También se han explotado algunas de las de la *Sierra de Aguas*, pero en menor escala que las de Los Jarales.

Este sector lo hemos limitado: al Norte, por el *Regajo de Caldereros*; al Sur, por el término de Casarabonela; al Este, por el *Arroyo o Río de las Cañas*; y al Oeste, por los términos de Casarabonela y Ardales. En este sector era inútil practicar calicatas y

(1) Véase pág. 124 y sig.

trincheras, porque en él hasta los más insignificantes afloramientos habían sido reconocidos. Lo que sí procedía era rehacer algunas de las labores antiguas para tratar de llegar al mineral *in situ*. Se empezó por el pozo que hay en la cumbre de Los Jarales, a pocos metros del Camino de Carratraca a Casarabonela, que es el único que todavía se conserva en la localidad. Se limpiaron en lo posible su fondo y una de las galerías medio derruidas que parten de él, encontrando a poco trecho una traviesa o *caña* de ocho metros de longitud, en cuyo frente se encontró kupferníquel rico, pues su análisis dió 18 por 100 de níquel metálico.

La cantidad de escombros acumulados en el fondo del pozo es muy grande, y por esto ignoramos si concurren a él otras labores además de la galería reconocida en parte. Las paredes del pozo se conservan bastante bien, a pesar de no estar fortificadas, y es seguro que si así conviniese, dicho pozo se podría utilizar para la explotación futura limpiándolo y fortificándolo. Su relativamente buena conservación después de tantos años es una buena prueba de la resistencia del terreno en el alto de Los Jarales, y si todo el resto de él fuera lo mismo, el problema de las labores futuras se facilitaría no poco.

En la vertiente NE. del cerro de Los Jarales se ven las bocas de siete galerías, todas dirigidas al Oeste. Es posible que haya algunas otras cuyas bocas estén ocultas por las escombreras, que allí son muy grandes y ocupan una superficie extensa. La más alta de estas galerías se abre 22 metros por debajo del puerto de Los Jarales, y la inferior de todas está a cuatro metros por encima del cauce del *arroyo del Escribano*. Las demás están repartidas a diversas alturas entre estas dos y no parecen guardar relación unas con otras, sino corresponder a campos de labores independientes.

Hemos rehecho la que está más próxima al *arroyo del Moro*, practicando una labor de conquista peligrosa y cara, por lo cual la redujimos a una caña o galería pequeña con la sección estrictamente precisa para dar paso a un hombre. A los 26 metros de recorrido encontramos una galería transversal, que debió estar

toda ella practicada en mineral, a juzgar por los restos de él que hay todavía en sus paredes. Esta traviesa termina en estéril a los catorce metros de la galería principal; pero habiendo limpiado bien su frente, se vieron en él dos regueros paralelos de kupferníquel, distantes 30 centímetros, y con el espacio entre ellos relleno de esa mezcla de cromita, mineral de níquel y serpentina descompuesta que en los afloramientos superficiales indica la unión de una bolsada con la inmediata. Esto, y la dirección NE. de esta traviesa, confirma una vez más que el régimen de estos criaderos es el mismo en profundidad que en la superficie, lo cual está de acuerdo con los asertos de Alvarez de Linera y con nuestras propias observaciones.

Hemos tratado de rehacer otras dos galerías y de continuar la conquista de la primera, pero nos encontramos con un terreno tan falso y tan removido que hubimos de desistir de nuestro propósito por temor a accidentes y también porque ya habíamos conseguido el fin principal que nos proponíamos conseguir, que era el de obtener algunos datos sobre el régimen de los criaderos en profundidad, ver lo que distaban de la superficie las primeras bolsadas y procurarnos algunas muestras recogidas *in situ*.

Otro dato a tener en cuenta en el paraje de Los Jarales es la magnitud y la composición de las escombreras procedentes de las labores antiguas, de cuyas escombreras hemos hecho mención varias veces. Son muy numerosas, y en su conjunto arrojan un volumen considerable. Empiezan a corta distancia de la cumbre, estando situada la primera de ellas al lado de unas ruinas que se dice son las de la *casa de las minas*. Sigue habiéndolas en toda la vertiente NE. del cerro, y la más baja de ellas está junto a otras ruinas de edificios que hay a pocos metros sobre el *arroyo del Escribano* y cerca de la bocamina ya mencionada.

Hemos removido estas escombreras para estudiar su composición, y hemos visto que iban a parar a ellas, no sólo los estériles de las minas, sino también los minerales pobres y los desperdicios del mondado a mano que se hacía en los ricos. Por el análisis de varios trozos de mineral hemos llegado a pensar que los que ex-

plotaron aquellas minas consideraban como pobres a los minerales que contenían 5 por 100 y menos de níquel metálico. Se encuentra también en las escombreras una proporción grande de pedazos de serpentina con mineral rico adherido a ellos, los cuales suponemos son los desechos de monda. Por último, al lado de los muros inclinados descriptos antes, y que hemos supuesto serían de apoyo a cribas, hay escombreras formadas por granos uniformes, de cosa de un centímetro de diámetro, gran parte de los cuales contienen trocitos de mineral rico, habiendo muchos también con mineral de cuatro a cinco por 100 de níquel.

Hemos prestado especial atención a estas escombreras. Empezamos por lavar con bateas de mano unos 50 kilogramos de escombros de cada una de ellas, tomando las muestras con las debidas precauciones para que representasen lo más exactamente posible la composición media de cada escombrera. El resultado de este primer ensayo fué tan favorable, que nos animamos a hacer otro en mayor escala, para lo cual instalamos en el arroyo mismo un pequeño *sluice* provisional que permitía lavar unos 400 kilogramos diarios. Resultó que los concentrados de este *sluice* equivalían aproximadamente al tercio del peso del mineral tratado y que su análisis daba una ley que oscilaba entre el 15 y el 18 por 100 de níquel, lo cual correspondía con lo que ya había mostrado el lavado en la batea.

Como estas escombreras están repartidas en un área de unos cuatro kilómetros cuadrados y sobre un terreno muy accidentado, y habiendo ocurrido además hundimientos en muchos sitios, no es fácil hacer de ellas una cubicación exacta. Sin embargo, después de un recorrido minucioso y de haber practicado varias calas que atraviesan las escombreras, no nos parece aventurado evaluar la cantidad de escombros que en total hay allí depositada en unas 10.000 toneladas y suponiendo, lo que nos parece bastante probable, que la riqueza de las partes profundas de las escombreras no ha de ser inferior a la de las superficiales, resulta que hay allí una cantidad no despreciable de mineral de níquel, que se podría aprovechar lavando los escombros en aparatos adecuados;

para cuyo lavado hay, por cierto, agua abundante en el arroyo del Escribano y en el de las Cañas, en el cual desemboca el primero. Hay también otras condiciones favorables, como la pendiente del terreno, la proximidad de los arroyos a las escombreras, y la no exagerada velocidad del agua en aquéllos, que contribuirían a facilitar la operación del lavado. No nos parece, por todo esto, aventurado suponer que se podrían extraer de aquellas escombreras en condiciones económicas de 2.000 a 2.500 toneladas de mineral aprovechable, con ley del 15 al 18 por 100 de níquel metálico.

SECTOR 2.º

Comprende este sector la parte Norte del término situada entre el *Regajo de Caldereros*; la *Glorieta de Carratraca*; el *Arroyo de las Cañas* y el término de Ardales. El reconocimiento de él se ha hecho empezando por el lavado de las arenas del arroyo de las Cañas y subiendo aguas arriba por él para ir localizando la procedencia del mineral de níquel que se vió contenían estas arenas. Quedó así circunscrita el área níquelífera a la cuenca del pequeño arroyo llamado *del Colmenar*, cuyas dos vertientes se reconocieron por cuadrillas.

Es de notar que en toda esta cuenca está recubierta la roca eruptiva por un manto numulítico que en el borde Sur de la *Hoya de Carratraca* está en contacto con aquélla. Sin embargo, las arenas del arroyo del Colmenar contienen níquel, y lo contienen en proporción bastante grande, siendo las únicas del sector en que tal sucede. A pesar de esta favorable indicación, no se ha encontrado afloramiento alguno de mineral de níquel en la cuenca de dicho arroyo; hecho excepcional que sólo en él ha ocurrido y que se puede explicar quizás porque en esta parte del sector las rocas numulíticas, que son areniscas deleznales, estén cargadas de detritus níquelíferos procedentes de la masa eruptiva de Sierra de Aguas, cuyos detritus hayan venido a formar uno de tantos elementos de la roca.

SECTOR 3.º

Comprende desde la *Glorieta de Carratraca* al *Cerro de Bellacos*, y está limitado al Sur por el *Arroyo de los Pradillos*. Esta superficie, de forma triangular, abarca parte de la vertiente N. NE. de sierra de Aguas.

Cuenca superior del arroyo de Farranque. En su vertiente SE., y a unos 250 metros del término de Ardales, en dirección N. NE., hay un afloramiento de cromita mezclada con mineral de níquel que mide ocho metros de anchura y 20 de longitud, terminando en serpentina descompuesta por sus dos extremos. Este afloramiento resulta alineado en dirección S. SO. con los del puerto de Los Jarales.

Arroyo de los Pradillos. En sus dos vertientes se ven escombreras que prueban se han hecho allí algunos reconocimientos hace años. Hay cinco de cierta importancia, y registradas por nosotros ha resultado que apenas contenían mineral de níquel. Esto lo había anticipado ya el lavado de las arenas de este arroyo, las cuales sólo contenían trazas de mineral de níquel. En cambio, contienen proporción notable de él las del *arroyo de Farranque*, antes y después de su confluencia con el de los *Pradillos*.

Debemos llamar la atención sobre la enorme cantidad de granates (Almandina) que contienen las arenas de este arroyo de *Farranque* en todo el recorrido de éste, así como el de las *Cañas*, aguas abajo de la desembocadura en el del anterior. Hay playas en estos arroyos formadas casi exclusivamente por granates pequeños, y de ellas se podrían extraer fácilmente algunas toneladas de este mineral. Este granate procede de los *gneises* del estratocristalino en contacto con la serpentina de la vertiente Norte de Sierra de Aguas.

En la *Hoya de Baena* existen también dos escombreras pequeñas, de las cuales la más al Norte contiene cierta proporción de mineral de níquel. Las dos calicatas y una trinchera que hemos hecho por debajo de ellas no han dado mineral. No merecía la pena hacer allí una galería, dada la pobreza de los indicios superficiales.

SECTOR 4.º

Desde el arroyo de los *Pradillos* al de *las Cañas*. Limitado al Este por los términos de Ardales y Casarabonela, que interceden con el de Alora en la cumbre del *cerro de Bellacos*. Por el Oeste queda limitado por los sectores 1.º y 2.º

En las vertientes oriental y meridional del cerro de *Bellacos* hay también restos de labores antiguas acusados por escombros. Estas labores debieron ser trincheras ó galerías pequeñas, y sus escombros no acusan níquel en las proximidades a la cumbre del cerro, pero en cambio sí lo acusan cerca de su base Sur y también en dirección Este, ya dentro del término de Alora, adonde se encuentran los afloramientos ya mencionados.

Dentro de este sector merecen citarse dos de aquéllos con 10 metros de longitud y dos a tres de anchura que hay en la cuenca del *Arroyo de las Vacas*. Están muy próximos uno a otro, y dos trincheras practicadas en ellos muestran su unión en profundidad y una mineralización bastante mayor que la de la superficie. En ellos empieza a verse la cromita asociada al kupferníquel y a la garnierita. La proporción de aquélla va aumentando a medida que se penetra en el término de Alora en dirección Oeste a Este.

TÉRMINO DE CASARABONELA (1)

SECTOR 3.º

El límite entre los términos de Casarabonela y Carratraca pasa por Los Jarales y muy cerca de las labores antiguas de las minas de níquel. Aun cuando no hemos visto afloramientos propiamente tales en el término de Casarabonela, los reconocimientos hechos en este sector inducen a pensar que la inclinación de la masa eruptiva allí hace penetrar a ésta debajo de los terrenos estrato-cristalino y cambriano, cuyo contacto está también muy próximo a Los Jarales.

Estando allí muy mineralizadas las peridotitas, la circunstancia anterior se debe tener en cuenta al trazar los límites de la superficie, que, a nuestro juicio, se debe reservar el Estado.

(1). Véase pág. 124 y sig.

SECTOR 6.º

Comprende a *la Sierra de La Robla*, manchón peridótico que el Sr. Orueta en su libro supone en relación de continuidad con *Sierra de Aguas* y con la masa eruptiva principal.

Es digno de notarse que en esta sierra no haya afloramientos de minerales de níquel, y que los que hay de cromita sean insignificantes. Lo primero prueba que la zona mineralizada de Los Jarales no llega a la Sierra de La Robla, cosa que también se debe tener en cuenta al fijar los límites de la zona a reservar.

Conviene mencionar a unos yacimientos de *limonita* que hay en la *Sierra de Gibalgava* (cambriano), que por su importancia pudieran ser, tal vez, objeto de beneficio. Nos han dicho en La Pizarra que hace años se cargaron para Málaga algunos vagones de este mineral. Como no forma parte de los comprendidos en nuestra misión, no hemos hecho labores en ellos.

TERMINO DE CASARES

SECTOR 5.º

Vertiente occidental de Los Reales.—En la divisoria entre la *Garganta de los Azores* y la *Garganta de la Cuesta*, y a 160 metros al Oeste del extremo del *Pinsapal Grande*, hay un afloramiento de cromita de forma casi circular y de unos 16 metros de diámetro. El mineral es de color rojizo y de textura laminar, característica de casi todas las cromitas de este extremo de la masa eruptiva principal. Esta bolsada está casi tocando a un afloramiento de piroxenitas, que parece ser un filón de estas rocas. Calicatas hechas en esta bolsada muestran que a poca profundidad el mineral es muy compacto y que la masa se ensancha, llegando a estar en contacto con el referido filón.

Vertiente NO. de Los Reales.—En la cuenca superior del *Arroyo de Fuente Santa*, y a unos 200 metros al SE. de la *Senda de la Gloria*, hay dos afloramientos de cromita mal determinados, y en los que el mineral está muy cargado de olivino y piroxeno.

Una trinchera hecha ocho metros por debajo de ellos muestra que se unen. La calidad del mineral es la misma que en la superficie.

SECTOR 6.º

En la cuenca superior de la *Garganta del Infierno*, y próximo a la divisoria entre esta garganta y la de *La Acedia*, se presentan manchas grandes de cromita en una superficie de forma elíptica, cuyo eje está alargado de NE. a SO., y tiene una longitud de unos 100 metros. La cromita es semejante en su aspecto a la de *Fuente Santa*. El estar este manchón en una llanada de poca pendiente ha impedido ejecutar calicatas o trincheras que allí hubieran resultado poco eficaces. Es posible, y hasta bastante probable, que suceda en este manchón lo que en los demás afloramientos de cromita de esta sierra; que los pequeños afloramientos se reúnan en profundidad formando una masa única. Dada la similitud de composición, cabe suponer que este yacimiento está ligado, o, por lo menos relacionado de algún modo, con el de *Fuente Santa*, que aflora al lado opuesto de la cumbre de Los Reales, y aproximadamente a la misma altura que el de la *Garganta del Infierno*.

TÉRMINO DE COÍN

SECTOR 3.º

Este sector está contiguo al 4.º de Alhaurín el Grande, y comprende a gran parte de los *Llanos de la Plata*. Hemos encontrado en él dos afloramientos de una cromita muy pura, de color gris, tan obscuro, que parece negro. Estos afloramientos afectan más bien la forma de un filón que la de una bolsada. Al más importante de ellos lo hemos podido seguir en un recorrido de 200 metros, con espesores variables entre metro y medio y pocos centímetros. Radica muy cerca del contacto entre el estratocristalino, representado aquí por los gneises del tramo medio y las peridotitas de la vertiente Norte del *Cerro del Águila* (Alpujata), a cosa de 400 metros al N. NE. del nacimiento del río llamado *Alaminos* en el mapa del Instituto Geográfico y Estadístico.

En todo el borde del contacto de las peridotitas de la *Sierra de la Alpujata* con los gneises y dolomías del estratocristalino hay afloramientos de cromita. Hemos reconocido a algunos de ellos por calicatas, y en dos hemos practicado trincheras. El mineral ofrece los mismos caracteres que en la superficie, porque la mucha compacidad de esta variedad de cromita impide que la resquebrajen los agentes atmosféricos y que se cargue de impurezas. No hemos considerado necesario intensificar más aquí nuestro reconocimiento por las razones ya expuestas; pero la zona de que nos estamos ocupando es de las que, en nuestra opinión, ofrecen más porvenir en cuanto a cromo.

TÉRMINO DE ESTEPONA

SECTOR 1.º

Cañada del Infierno.—Sur de la cuenca (la parte Norte de ella está en término de Casares). Un afloramiento casi circular de magnetita rica (57 por 100 de hierro) y bastante pura. Otros, algo más pequeños, a 800 metros al SE. del *Puerto de los Guardas* y en *Arroyo Santo*. En los tres se han hecho calicatas pequeñas, con el único fin de cerciorarse de que no se trataba de un manchón superficial.

El resultado ha sido satisfactorio. Las rocas de la caja son idénticas a las de la mina *San Manuel*, de Estepona.

SECTOR 2.º

Casa de Clavijo.—En esta finca existe una bocamina con su escombrera, que corresponde a una mina de magnetita explotada hace cosa de cincuenta años por una Compañía inglesa. No la hemos reconocido, pero los trozos pequeños de mineral recogidos en la escombrera son iguales en composición a los de la citada mina de *San Manuel*.

En el *Puerto del Lentisco*, de este sector, está el afloramiento de scheelita mencionado antes.

SECTOR 5.º

En la subida a *El Porrejón*, por su falda Sur, y hacia la mitad de ella, hay otros dos afloramientos de magnetita iguales o muy semejantes a los de la *Cañada del Infierno*. Se han reconocido como éstos y con el mismo resultado.

También hay afloramientos de este mineral, aunque más pequeños, en la base del *Cerro de Nicola*. Uno de ellos contiene algo de cromita.

La presencia de la magnetita parece ser el carácter predominante en la vertiente meridional de este extremo de *Sierra Bermeja*, comprendido entre el *Puerto de la Laguna* y *Los Reales*. La cromita parece localizarse, en cambio, en la falda Norte, como hemos visto y como veremos a continuación en el término de Genalguacil.

TÉRMINO DE GENALGUACIL

SECTOR 1.º

Cañada del Algarrobo. A 550 metros aguas arriba de la desembocadura del *Arroyo de las Minas*, en esta cañada, hay un buen afloramiento de cromita, y en la base de él una bocamina cegada, cuya escombrera demuestra se hizo allí en un tiempo una labor de importancia. La cromita de este yacimiento, según hemos podido juzgar por trozos de ella recogidos en la escombrera, es de color pardo rojizo oscuro, de textura laminar y muy rica, porque en ninguno de los ejemplares analizados baja la ley en Cr^2O^3 del 52 por 100 y llega en algunos al 53. El diámetro del afloramiento, medido por las señales que de él quedan en el terreno, es de unos 25 metros.

Hubiera sido interesante reconocer por medio de labores tanto este yacimiento como el del *Arroyo de las Minas*, de que ahora nos ocuparemos; pero no lo hemos podido hacer porque uno y otro están situados a pocos metros por encima del nivel de los respectivos valles y el reconocimiento hubiera exigido un pozo y un material de perforación y desagüe de que no disponíamos.

En el *Puerto de Robledalillo*, y en la bajada de la *Cuesta de la Gloria*, a unos 800 metros de su arranque Norte, hay dos afloramientos de cuatro y seis metros de diámetro, respectivamente, del mismo mineral que el de la *Cañada del Algarrobo*. En ambos se han practicado trincheras que muestran que el mineral sigue en profundidad con notable constancia.

SECTOR 3.º

En la vertiente Sur del *Arroyo de las Minas*, y a unos 300 metros de su desembocadura, en la *Cañada del Algarrobo*, hay otro afloramiento semejante al de esta última por sus dimensiones, y también existen en él una bocamina y una escombrera grande. En ésta hemos escogido mineral de dos clases: una cromita idéntica a la de la *Cañada del Algarrobo* y un hierro cromado con 6 a 7 por 100 de sesquióxido de cromo. Ya hemos dicho las causas que nos han impedido reconocer este yacimiento en profundidad. Tratamos de rehacer la galería, pero nos encontramos un terreno tan falso, que hubimos de renunciar a ello por el peligro que ofrecía una labor de conquista allí, labor que, además, hubiera costado muy cara.

Indicios de cromita como los anteriores se encuentran en los extremos septentrionales del *Pinsapal Grande* y *Pinsapal Chico*.

SECTOR 4.º

En todo él hay indicios de cromita laminar rica y hemos visto afloramientos de ella de 0,50 a 1 metros de diámetro en los parajes siguientes: *Puerto de la Mojeda*, vertientes Norte y Sur al río *Almarchal*; bases de los cerros *Porrejón* y *Nicola*, del lado Norte y NO.; *Puerto del Estercal*, y *Majada Honda*.

Indican estos afloramientos y las labores ya citadas que la vertiente Norte de este extremo de *Sierra Bermeja* se caracteriza por la presencia en ella de minerales de cromo, así como la vertiente Sur contiene mucha magnetita. (Véase lo dicho en el término de Estepona.)

TERMINO DE IGUALEJA

SECTOR 1.º

En el paraje llamado *Algarca* y en sus alrededores, entre dicho paraje y el *Puerto del Monte*, y en la subida desde *Fila* al *Encinarejo* (*Sierra Palmitera*) aparecen algunos afloramientos de magnetita, de los cuales el más importante es uno situado a 400 metros al NO. de la cúspide del *Encinarejo*. Mide este afloramiento ocho metros de longitud por tres de anchura y parece prolongarse por otros más pequeños en dirección SO. a NE. Dos calicatas y una trinchera practicadas en él han dado la evidencia de su continuación en profundidad, y el mineral extraído de ellas no da menos del 60 por 100 de hierro metálico, pareciéndose mucho en su aspecto el del *Puerto del Robledal*, de cuyos criaderos nos parece son prolongación los de la *Sierra de Igualeja*.

SECTOR 3.º

En el *Castañar de la Sierra*, y en el extremo oriental de *Haldon*, se repiten los afloramientos análogos a los anteriores y orientados sobre una línea paralela a la de aquéllos. Ninguno es de dimensiones suficientes para justificar labores de reconocimiento, las cuales, por otra parte, no era necesario hacerlas en estos criaderos de magnetita, por tener ya asegurada con creces la cantidad que de este mineral pudiera necesitar el Estado, si es que necesita alguna, cosa que dependerá del procedimiento metalúrgico que adopte para obtener a los *ferros*.

Los criaderos de magnetita del *Puerto del Robledal* están situados en parte en este término y en parte en las de Parauta, Istan y Benahavís. Si del importante reconocimiento que de ellos se estaba haciendo por una compañía alemana resultasen datos favorables, como todo induce a esperar, estas minas solas darían magnetita suficiente para abastecer de ella a todas las industrias militares españolas, por grandes que fuesen sus necesidades. No hace falta describir aquí estos criaderos ni tal descripción forma

parte del objeto de este informe, pero tanto esta descripción como otros datos concernientes al *Robledal* se pueden ver en la obra citada del Sr. Orueta, páginas 532 a 534.

TÉRMINO DE ISTAN

SECTOR 1.º

Los criaderos más caracterizados de hierro cromado que hemos encontrado en la Serranía radican en este sector. Precisando más, radican en la cuenca superior del río llamado *Hoyo del Bote*, comprendida desde su nacimiento en el *Puerto de la Refriega* hasta el paraje *El Corchadillo*.

En toda esta área afloran indicios de hierro cromado, los cuales se formalizan en bolsadas de bastante importancia en el *Puerto de los Gabieles*, *Hoya de los Gabieles* y *Majada de los Cardos*.

Cinco afloramientos importantes hay en estos parajes. La distancia máxima entre uno y otro es de 200 metros, por lo cual parece probable estén relacionados en profundidad. Los cinco han sido reconocidos por calicatas y trincheras, y en el de la *Hoya de los Gabieles* se ha hecho además una pequeña galería siguiendo la emboquilladura de otra hecha hace años por un minero del país, según nos han dicho. Esta galería ha cortado al mineral 10 metros por debajo de su afloramiento, y tanto ella como las demás labores han dado resultados satisfactorios, pues la mineralización que muestran es grande y el mineral gana en riqueza.

Este mineral es una magnetita rica en cromo. La ley en sesquióxido de cromo oscila entre 7 y 10 por 100, y la de hierro metálico, entre 56 y 60 por 100. El mineral es muy duro, compacto, de grano fino y de color gris oscuro, casi negro. Tiene menos brillo metálico que la magnetita pura.

SECTOR 4.º

Contiene también afloramientos de hierro cromado, pero menores que los anteriores y mucho más separados unos de otros. Son dignos de mencionarse los de *Alamedilla Blanca* y la ver-

tiente occidental de *Sierra del Real*, a 400 metros de río Verde. Cerca de éstos, en el paraje llamado *Loma de las Minas*, hay un pequeño afloramiento de grafito.

TÉRMINO DE JUBRIQUE

SECTOR 4.º

En el *Puerto del Chaparral* y en la bajada desde él al del *Estercal* hemos visto algunos afloramientos de magnetita de poca importancia. Es lo único que hemos encontrado en este término.

TERMINO DE MARBELLA

SECTOR 1.º

Existen en este sector bastantes indicios de cromita y tres afloramientos de ella que merecen citarse porque miden de cuatro a ocho metros de diámetro, y las calicatas hechas en ellos dan buenas indicaciones. Están situados en la *Cañada del Tajo de Juan Benítez*, en el *Chumbal de Puerto Rico* y en el *Puertecillo de Puerto Rico*.

Cerca de estos parajes, en el *Puerto del Acebuche*, hay un pequeño afloramiento de magnetita con 3 por 100 de cromo.

SECTOR 3.º

Han aparecido pequeñas manchas de cromita en la *Cañada del Humo* y en el *Cerezal*. El mineral es puro, de la variedad compacta de color gris, y su contacto con la roca es muy limpio. No se han reconocido con labores estos manchoncillos.

En el paraje llamado *Fuentezuela*, de la cuenca del río Real, y muy próximo ya al término de Ojén, hemos encontrado un pequeño afloramiento de níquel que es el más septentrional dentro del término de Marbella. Pertenece a la banda níquelífera que comienza en este término y llega hasta la cuenca inferior del río Real, comprendida en el sector 5.º del término de Marbella.

SECTOR 4.º

Está comprendida en él la mina de magnetita *El Peñoncillo*, que se viene explotando desde el primer tercio del siglo XIX, primero por la casa de Heredia y después por una Compañía inglesa; mina que ha sido descripta por el Sr. Orueta en su obra citada páginas 524 y siguientes. Los alrededores de esta mina han sido minuciosamente reconocidos por los que la explotan, y por esto, y por estar abarcado casi todo este sector por las pertenencias de dicha mina, hemos juzgado inútil reconocerlos nosotros.

SECTOR 5.º

En este sector están comprendidos todos los afloramientos de níquel del término de Marbella, con excepción del de *Fuentezuela*, citado antes, que lo está en el sector 3.º, pero que pertenece también a la cuenca del río Real, sucediendo otro tanto con los parajes del término de Ojén, en los que aflora el mineral de níquel. Para no incurrir en repeticiones, vamos a consignar aquí los resultados obtenidos en cuanto a níquel en esta cuenca, que es la única en que afloran estos minerales en la parte SE. de la Serranía, pues los pequeños indicios que de este mineral hay en la de río Verde no merecen mención.

Todos los afloramientos de mineral de níquel de esta región están comprendidos dentro de una banda que mide aproximadamente seis kilómetros de longitud por dos y medio a tres de anchura. Esta banda está orientada de N. NO. a S. SE., o sea en dirección casi perpendicular a la banda de *Los Jarales-Sierra de Aguas*, con la cual ofrece además otras notables diferencias. La que más resalta es la de los terrenos en que arman los minerales. En la banda de los *Jarales* arman invariablemente en peridotitas, y no hemos visto yacimientos fuera de estas rocas; en la de *Marbella-Ojén* sólo hay en peridotitas un afloramiento que radica en el extremo SO. de la Sierra de la *Alpujata*. Los demás lo hacen en el terreno estratocristalino que bordea a la base Sur de dicha sierra, o en el cambriano que se interpone entre aquél y el mar. Una faja de

terreno triásico cortada por río Real, orientada de O. NO. a E. SE., y que interrumpe la continuidad del cambriano, ofrece cierta relación con los minerales de níquel, porque éstos parecen abundar más en las proximidades de dicha faja, si bien esta relación puede ser tan sólo aparente.

Todos los minerales de níquel que hemos encontrado en esta banda son sulfurosos y más o menos arsenicales, perteneciendo todos ellos al tipo del kupferníquel. No hemos encontrado garnierita en la región, así como tampoco la asociación del níquel con la cromita, tan frecuente en la Sierra de Aguas. Los minerales son en su conjunto más pobres en níquel que los de allí, pues si bien hemos encontrado dentro de las masas algunas aglomeraciones cuya ley llega a 17 por 100, el promedio de ésta no excede del 12 por 100.

El mineral arma en los gneises granatíferos más o menos descompuestos del terreno estratocristalino y en las pizarras y arcosas del cambriano. El examen de los afloramientos, el de las calicatas y trincheras y el de los frentes y paredes de algunas galerías rehechas, así como los de las practicadas de nuevo, muestra con notable invariabilidad un tránsito insensible entre la roca estéril y la que ya se puede llamar mineralizada. Entre una y otra se encuentran siempre rocas cada vez más cargadas de kupferníquel, y estas rocas de tránsito miden a veces bastantes metros de espesor. Esto da idea de una impregnación lenta que contrasta con la de una segregación magmática que sugieren las bolsadas de *Los Jarales-Sierra de Aguas*.

Es un hecho constante que, tanto las rocas de la caja como las que hay a su alrededor más o menos impregnadas de níquel, estén extraordinariamente descompuestas y convertidas a veces en una tierra poco coherente. Esto y las rocas de tránsito que acompañan al mineral propiamente dicho hace muy difícil determinar adónde empieza y adónde concluye éste, y, como consecuencia, cuáles son las verdaderas dimensiones del yacimiento.

La forma de los afloramientos es muy varia. Los hay alargados a modo de filones con la dirección del alargamiento formando

ángulo con la de la estratificación del terreno. Los hay también paralelos a ésta a modo de filones-capas (1). Por último, existen también algunos de forma elíptica poco alargada.

Los parajes en que hemos encontrado los yacimientos más importantes son: En el término de Ojén, el *Cerrillo de la Abadesa*, *Puerto del Túnel*, *Loma de la Abadesa*, *Fuente Santa*, *Alcornoque Santo*, y la parte de la cuenca oriental de río Real situada entre 300 y 500 metros de la intersección del término de Marbella con el de Ojén. Los parajes en el término de Marbella, son: *Fuentezuela*, ya citado, *Alameda Alta*, *Loma de la Gallega*, y extremo Sur del cerro *Corbachina*.

Hemos practicado calicatas en todos estos puntos y el resultado ha sido constantemente el mismo. El mineral sigue en profundidad en igual proporción que en la superficie, y el yacimiento aumenta ligeramente de tamaño, porque las rocas que lo rodean están menos alteradas. La ley media parece también aumentar, aun cuando esto no es categórico, debido a las mismas razones antes expuestas.

En la *Loma de la Abadesa* hemos practicado dos calicatas y dos cañas en otros tantos yacimientos; una de las últimas a ocho metros por debajo del afloramiento y la otra a 13 metros. Las dos han cortado al mineral, sin gran diferencia en sus caracteres y en su relación con las rocas de la caja que los que ofrecía su afloramiento superficial. Pero tanto estas galerías como cuatro trincheras hechas en *La Gallega*, como las numerosas calicatas practicadas, prueban, al menos, la continuidad en profundidad.

Hay en la región restos de labores antiguas, como son cuatro escombreras en la vertiente oriental de río Real y una galería hundida en el mismo paraje, que hemos rehecho en parte, hasta encontrar en sus paredes indicios ciertos de haber llegado a la masa

(1) Hacemos estas afirmaciones con cierta reserva, porque tanto los gneises como las pizarras cambrianas poseen dos sistemas muy marcados de diaclasis y están además plegados en dos direcciones, lo cual, unido a la descomposición de las rocas, dificulta en extremo saber cuál es el sentido verdadero de la estratificación.

de mineral. Por cierto que la ley en níquel de las muestras allí recogidas no ha excedido del 10 por 100.

En esta región hemos aplicado también el procedimiento de reconocer por el lavado de arenas en batea, hecho en la zona de Carratraca. Como ya hemos descripto este procedimiento, no necesitamos repetir aquí la manera como se lo pone en práctica.

TÉRMINO DE MIJAS

SECTOR 4.º

Existen en la *Sierra de Mijas* bastantes bolsadas de hematites roja y parda, que son iguales, y radican en la misma formación geológica que las de Benalmádena, inmediatas a ellas. Durante la guerra se han explotado algunas, enviándose el mineral, según nos han dicho, a los Altos Hornos de Málaga.

SECTOR 5.º

En él radican las canteras de esa roca, admirable por su belleza, que se llama en el país *Mármol de Almendrilla* (1). Estas canteras están situadas en el extremo Sur del pueblo de Mijas. Las hemos mencionado, así como a las bolsadas de hematites, para no omitir a ninguno de los productos minerales que se han puesto de manifiesto en nuestro reconocimiento o se conocían en la región antes de empezar éste.

TÉRMINO DE MONDA

SECTOR 4.º

En la vertiente N. NO. del *Cerro de Caballos*, a 200 metros del contacto entre las peridotitas y el terreno estratocristalino, se han encontrado dos afloramientos de cromita igual a la de Coín;

(1) Tanto esta roca como las demás ornamentales de la Serranía de Ronda han sido minuciosamente descriptas por D. Enrique Rubio Sandoval en un trabajo hecho especialmente sobre ellas, que está inédito todavía.

pero reconocidas por trincheras, se ha visto que se estrechan mucho en profundidad. Esto es lo único digno de mención que ha aparecido en este término.

TÉRMINO DE OJÉN

SECTOR 1.º

En el paraje llamado *Corbachina*, y en su extremo NE., se ha encontrado un afloramiento circular de hierro cromado con 8 por 100 de sesquióxido de cromo, que mide 10,5 metros de diámetro. Se ha reconocido con buen resultado por medio de una trinchera abierta a 12 metros por debajo de la superficie.

SECTOR 2.º

Afloramientos poco importantes de cromita en la *Hoya del Tío Martín* y en *Cartamilla*.

SECTORES 3.º Y 4.º

En ellos están comprendidos los afloramientos de mineral de níquel que hemos descripto al ocuparnos del sector 5.º de *Marbella*.

En *Buenavista* y *Carrillares* hay afloramientos poco importantes de magnetita.

Tanto en este sector como en toda la parte oriental del término de Ojén se han hecho bastantes reconocimientos por calicatas y algunos por galerías, en busca de magnetita. Los han practicado los ingenieros de la sociedad inglesa que explota *El Peñoncillo*, uno de los cuales nos ha asegurado que en ninguno de ellos se han encontrado indicios suficientes para justificar una labor seria.

TÉRMINO DE TOLOX

SECTOR 4.º

Al E. SE. del pueblo y entre los arroyos de *Los Valles* y de *La Teja* hay un afloramiento importante de arenisca triásica, en cuya

roca hemos notado el olor a petróleo ya mencionado al tratar del término de Alozaina.

TÉRMINO DE YUNQUERA

SECTOR 6.º

También en él afloran areniscas triásicas con olor a petróleo. La manera más fácil de encontrar a estas rocas es seguir la vereda que conduce desde Casarabonela a Yunquera, atravesando a la *Sierra Prieta*, por la base de su vertiente Sur. Ya en término de Yunquera, corta esta vereda a un manchón triásico, cuyas rocas huelen bastante a petróleo.

Tales son los reconocimientos hechos. Hemos suprimido de la lista a los términos municipales y a los sectores en los que no se han encontrado yacimientos aprovechables, habiendo mencionado, sin embargo, a todos aquellos que ofrecen alguna probabilidad de serlo, porque hemos preferido pecar de prolijos que de lo contrario.

Vamos a discutir ahora la aplicación de lo encontrado al objeto que se perseguía con este reconocimiento.

Aspecto económico.

Repetiremos una vez más que uno de los principales fines que se perseguían con este reconocimiento era saber si en la Serranía de Ronda existían cromo y níquel en cantidad suficiente para abastecer de ellos a las industrias militares de España, librándolas de depender del extranjero, como ahora dependen. El problema, así planteado, tiene dos términos: uno es averiguar la cantidad de cromo y níquel existente en la región; el otro es saber qué cantidad de uno y otro metal consumen actualmente las industrias militares españolas y estimar, con la aproximación posible, cuánto pueden consumir en el porvenir cuando hayan adquirido más des-

arrollo. Acabamos de ver cuáles son los resultados del reconocimiento, los cuales nos permiten evaluar con bastante aproximación la cantidad de cromo y níquel a que se puede aspirar; es decir, que tenemos resuelto el primer término del problema. Nos falta ahora resolver el segundo, o sea averiguar cuál es el consumo actual de las fábricas militares.

Esto, que a primera vista parece un dato muy fácil de obtener, ha sido, por el contrario, difícilísimo procurárnoslo, y, a pesar de cuanto hemos hecho para ello, no tenemos seguridad completa de que sean exactas las cifras que damos.

Acudimos, en primer lugar, a la fábrica de Artillería de Trubia y a la de armas de Oviedo en demanda de la cantidad de ferrocromo y ferroníquel que importaban al año. No nos pudieron contestar con exactitud, porque para muchos de los efectos que allí elaboran importan ya hecha la parte principal. Por ejemplo, la envolvente de las balas Mauser, que es de bronce al níquel, viene del extranjero en forma de chapa, que sólo exige cortarla a medida y embutirla. Puertas de carros para artillería, que son de ferrocromo, se importan ya hechas o se importa la plancha gruesa de que se hacen. Sucede otro tanto con muchos efectos. De un modo aproximado nos dijeron que calculaban en unas 30 toneladas anuales la cantidad de níquel que consumían las fábricas españolas militares. Esta cifra se dedujo viendo la proporción de níquel que entra en cada una de las variedades de ferroníquel que se consumen.

Procediendo de manera análoga, se vino a deducir que el consumo de cromo debía ser algo menos de la mitad que el del níquel.

Acudimos después a la Dirección general de Aduanas, adonde nos dieron datos, al parecer, más precisos. Y decimos *al parecer* porque al dárnoslos nos hicieron la salvedad de que no respondían de su rigurosa exactitud, debido a que en el Arancel vigente (1912) hay bastante incertidumbre respecto a las partidas por las que se aforan estos productos. Así es, en efecto. Las palabras *cromo* y *ferrocromo* y *ferroníquel* no figuran en el citado Aran-

cel; el ferrocromo se afora por la partida 183, que dice: «Todos los demás metales comunes y sus aleaciones, sin labrar»; y el níquel y el ferroníquel se aforan por la 172, que dice: «Níquel y cobalto sin labrar.» En cuanto a la cromita, que también nos interesaba, se afora por la partida 242, titulada: «Los demás productos químicos no expresados», la cual comprende a un número crecido de productos, cosa que aumenta la incertidumbre.

El níquel y el ferroníquel introducidos en España con destino a las industrias militares ha sido de 27.532 kilogramos anuales en estos últimos cuatro años. Esta cifra resulta de tomar el promedio de lo introducido en cada uno de dichos años, y concuerda con el de los seis años anteriores a la guerra, por lo cual la tal cifra se puede considerar como buena. En cuanto al ferrocromo (cromo no se importa ni se usa en la práctica industrial), la cifra, obtenida de la misma manera que la del níquel, es de 16.274 kilogramos.

Resultaba, después de todo, que estas cifras eran próximamente las mismas que las obtenidas en las fábricas, y por esto, y también por no tener otras, las hemos tomado como base de nuestros cálculos, repitiendo, sin embargo, la salvedad hecha antes respecto de su certeza. Asignaremos, pues, 30 toneladas de níquel y 16 de ferrocromo al consumo anual de las fábricas militares españolas en estos últimos años. Para no equivocarnos, y teniendo en cuenta que estas cifras nos parecen bajas, hemos supuesto que las 30 toneladas son de níquel metálico. El cromo en este estado no se emplea en la industria, como ya hemos dicho, y sí en estado de ferros.

La cifra anual de cromita que se ha importado al año en España durante el período anterior a la guerra ha sido de 90.215 kilogramos, según la Dirección general de Aduanas. Esta cromita se consume, en su mayor parte, en las soleras de los hornos Martín-Siemens, y una pequeña parte en fabricación de productos químicos a base de cromo. Para nuestros cálculos hemos tomado la cifra de 100 toneladas.

Estas cifras, que no son grandes, simplifican bastante a nuestro problema. En el caso del cromo bastaría explotar al año 150

toneladas de cromita para abastecer ampliamente al mercado español entero; y en cuanto al níquel, que es el metal más importante para artillería, aun asignando al promedio de nuestros minerales una ley baja, como la del 14 (catorce) por 100, bastaría con arrancar 220 a 250 toneladas de mineral para obtener las 30 que necesitan las industrias militares.

Estas cifras nos relevan de la necesidad de hacer cubicaciones exactas, y nos permiten asegurar que cualquiera de los grupos de criaderos reconocidos en la Serranía es capaz de darlas, y las daría también, aun en el supuesto de que, por habernos equivocado, las cifras de consumo resultasen ser dobles o triples de las consignadas. Aun sin habernos equivocado, si el consumo español militar aumentara en el porvenir y se duplicara o triplicara, cualquiera de los referidos grupos de yacimientos podría hacer frente a él.

Queda, pues, reducido el problema a estudiar la riqueza, situación geográfica, topografía y distribución de los criaderos en cada uno de estos grupos, para deducir cuál es el más adecuado a las necesidades de las industrias militares españolas y cuál el que permite una explotación más económica. Pero antes de exponer las deducciones a que nos ha conducido este estudio, conviene decir algo sobre la relativa abundancia de ambos metales en el mundo, sobre su valor actual y sobre su porvenir probable, datos todos que robustecerán nuestras conclusiones.

Empecemos por el cromo. La cromita, único mineral que de él se explota, abunda mucho en la Naturaleza. Los principales países productores de ella son: Rhodesia (África del Sur), Turquía, Grecia, Nueva Caledonia, Estados Unidos de América y Canadá. Esta abundancia trae como consecuencia que sólo tenga cuenta beneficiar a las cromitas ricas y que no se exploten las que contienen menos del 45 por 100 de sesquióxido de cromo. Entre esta ley y la del 55 por 100 están comprendidas cuantas se venden en el mercado.

El precio de la cromita rica antes de la guerra oscilaba entre 160 y 200 pesetas la tonelada, franco a bordo en cualquier puerto

español. Es cosa digna de consignarse que este precio no ha aumentado en proporción con los que han aumentado otras primeras materias durante los años de guerra, y esto a pesar de haberse cerrado o casi cerrado los mercados de Rhodesia, Gercia y Turquía y de haber aumentado enormemente el consumo de ferrocromo a causa del aumento en la fabricación de pertrechos de guerra. Este precio es en la actualidad de 40 a 42 dólares la tonelada franco a bordo en cualquier puerto del Atlántico de los Estados Unidos (1) para la cromita rica con 50 por 100 de ley de Cr² O³ como tipo. Antes de la guerra este precio era de 22 1/2 dólares.

Lo relativamente pequeño de esta alza se explica, porque la producción de cromita de los Estados Unidos y del Canadá ha aumentado en proporciones gigantescas durante la guerra, y esto ha traído consigo una reducción tan grande en el precio de coste, que ha bastado para compensar a los aumentos de la mano de obra y los de los demás factores que intervienen en el coste de explotación. Las siguientes cifras son la mejor demostración de lo que acabamos de decir.

La producción de los Estados Unidos y del Canadá ha sido:

| | Toneladas. |
|---------------------|------------|
| En el año 1913..... | 259 |
| Idem íd. 1914..... | 724 |
| Idem íd. 1915..... | 14.532 |
| Idem íd. 1916..... | 53.834 |

Las aplicaciones del ferrocromo en artillería y balística no son tantas como las del ferróniquel. En la industria química se emplea el cromo para la obtención de cromatos y como auxiliar para la de otros productos. En siderurgia se usa la cromita para el revestimiento de los crisoles de los altos hornos y para las soleras de

(1) Al leer estos precios y las cifras que siguen en las cartas de nuestros amigos de América, nos pareció todo ello tan extraño, que deseamos verlo confirmado en algún documento oficial. En efecto; lo hemos visto en el *Bulletin of the American Institute of Mining Engineers*, número 131, correspondiente a noviembre de 1917.

los Martín Siemens; pero esta aplicación, que es una de las más importantes, se va reduciendo de día en día por la substitución de la cromita por ladrillos de magnesita que, aunque no son tan infusibles como aquélla, evitan el tener que reblandecer a la solera y facilitan bastante las reparaciones.

En España la industria química no está muy desarrollada todavía; las industrias militares podrán aumentar su consumo de ferrocromo, pero no en proporciones grandes; y en cuanto al revestimiento de hornos, la referida tendencia disminuirá, más bien que aumentará, el consumo de cromita. Todo esto permite asegurar una vez más que la Serranía de Ronda puede abastecer con creces al mercado español y continuar abasteciéndolo durante un período muy largo de tiempo.

Pasemos ahora al níquel. Sus minerales abundan mucho menos que los de cromo y su ley en metal es también menor. Recordemos que el kupferniquel y la garnierita, que son los minerales que más abundan, tienen leyes de 25 a 30 por 100 como máximo el primero, y de 14 a 24 por 100, también como máximo, el segundo. Los principales países productores son los Estados Unidos, Nueva Caledonia, Alemania, y algo, aunque poco, Noruega. Hace algún tiempo nos dicen se han descubierto criaderos en el Canadá. No tenemos aún datos de ellos, pero no parecen ser muy importantes.

Las aplicaciones industriales del níquel son numerosas y algunas de ellas muy importantes. Para nuestro objeto figuran en primer lugar las aleaciones del níquel y el acero, que se designan con el nombre genérico de *ferroniquel* (1), cuya proporción en níquel varía desde el 1 por 100 hasta el 50 por 100, siendo los más empleados en artillería los que contienen de 5 a 10 por 100 de dicho

(1) Esta designación no es apropiada, porque existen aleaciones de hierro, no acero, con el níquel, y para ellas se debía reservar el nombre de *ferroniquel*, llamando *aceros al níquel* o *aceros con níquel* a las del acero con este metal, máxime cuando la presencia del carbono en ellas altera sensiblemente sus propiedades. Aceptamos, sin embargo, la generalización de la frase, por hacerlo así todos los autores españoles y franceses.

metal, a más de proporciones variables de carbono y manganeso (1).

Las modernas industrias de automóviles, aeroplanos y motores ligeros consumen también cantidades importantes de ferroníquel. Por último, se debe tener presente que existen aleaciones de este metal, como las llamadas *bronce de níquel* (cobre y níquel), el *mallehort* (cobre, cinc y níquel) y el *argentón*, análogo a este último, así como la de níquel, plomo y antimonio, empleada en muchos casos para los caracteres de imprenta y otras varias, además que tienen bastantes aplicaciones industriales. También las tiene el níquel puro para la operación galvanoplástica del níquelado.

Es, pues, el níquel un metal difícil, o tal vez imposible de substituir en sus aplicaciones actuales, y se debe prever que éstas no han de tender a disminuir, sino más bien a aumentar, por lo cual los criaderos de mineral de níquel españoles deben ser objeto de preferente atención, no sólo por las aplicaciones del metal, sino también por la relativa escasez que de dichos criaderos hay en el mundo.

Debemos congratularnos de poseer en España yacimientos de níquel en la Serranía de Ronda y de que éstos sean de capacidad suficiente para cubrir las necesidades de las industrias militares españolas durante un período largo de tiempo. Pero tal cosa no ocurrirá, ni quedaría cumplido el fin que impulsó al Estado a hacer este reconocimiento, si dichos criaderos se entregasen a la industria particular para su beneficio, como se ha hecho con los de otros metales, que tal vez hubiera convenido más conservar explotándolos con cierta parsimonia.

Por esto, y por otras razones que vamos a exponer, creemos justificada la conclusión a que antes aludimos, y que es la siguiente:

«El Estado español se debe reservar en la Serranía de Ronda

(1) Además del ferroníquel y acero al níquel se emplea en las fábricas militares una aleación de hierro colado y níquel (*nikofonte* de los franceses), que sirve principalmente para la fabricación de cilindros para laminar metales duros, entre otros, al mismo ferroníquel y al ferrocromo.

criaderos de minerales de cromo y níquel que tengan capacidad suficiente para abastecer a las industrias militares del níquel, ferromíquiel, ferrocromo y demás productos derivados de ambos metales durante un período largo de tiempo.»

Respecto a cuáles y a cuántos deben ser estos criaderos, la elección no nos parece dudosa después del detenido estudio que hemos hecho al efecto. Debe recaer, a juicio nuestro, en la zona *Los Jarales-Sierra de Aguas*, y esto por las razones siguientes:

1.^a Porque los criaderos de níquel, que es el metal más importante, enclavados en esta región, son los más ricos y los más regulares de la Serranía.

2.^a Porque estando allí los minerales de níquel asociados a la cromita, la explotación de ambos puede ser simultánea, y, por consiguiente, más económica que si se explotasen criaderos separados de cromo y níquel.

3.^a Porque la cantidad de cromita reconocida allí es ampliamente suficiente para abastecer a las industrias militares españolas durante largo tiempo (1).

4.^a Porque los criaderos están distribuidos sobre un área relativamente reducida, lo cual se presta a una explotación ordenada, como la que debe hacer el Estado.

5.^a Porque la situación topográfica de *Los Jarales-Sierra de Aguas* es favorable por dos conceptos: el estratégico que exigen las fábricas militares, sobre el que luego insistiremos, y el relacionado con la importante cuestión de los transportes. En la actuali-

(1) Podrá extrañar que, al hablar de tiempo, no precisemos más. Depende esto de que nuestras labores de reconocimiento no han sido, ni podían ser, todo lo numerosas y extensas que hubiera necesitado la cubicación exacta de los criaderos. No ha hecho falta esto tampoco para poder asegurar, como aseguramos, que hay mineral suficiente para muchos años. Apremiar a estos años, no es fácil; pero en opinión nuestra, y con todas las reservas ya dichas antes, no nos parece exagerado decir que en la zona que proponemos se reserve el Estado hay minerales de cromo y níquel en cantidad suficiente para abastecer a las fábricas militares de España durante veinticinco años, por lo menos, aun en el supuesto de que el consumo actual aumente en la proporción ya dicha.

dad hay una carretera construída desde Alora a Carratraca, que atraviesa a la zona casi por su centro, además de bordearla por el Sur. Esta carretera mide 18 kilómetros desde Alora a Carratraca, y Alora es estación del ferrocarril de vía ancha de Córdoba a Málaga.

La zona que se debería reservar el Estado para que dentro de ella quedasen comprendidos los yacimientos de *Los Jarales-Sierra de Aguas* debería tener el perímetro siguiente:

El punto de partida es el centro del puente sobre el río Guadalhorce, en la carretera de Alora a Málaga, que está frente a la estación de Alora. Empezará la línea en dicho centro del puente, y seguirá remonjando el curso del Guadalhorce por el centro de su cauce hasta la desembocadura en él del arroyo del Colmenar. Desde este punto se trazará una línea recta hasta el pueblo de Ardales (campanario de la iglesia). Desde aquí se trazará otra línea recta hasta el punto más alto de *El Tajo del Grajo* en la *Sierra del Caparain*. Desde este punto se trazará otra línea recta hasta el más alto de la *Sierra de La Robla*. Por último, desde aquí se trazará otra línea recta al centro del puente de Alora, o sea hasta el punto de partida, la cual cerrará al perímetro. La superficie limitada por este polígono mide aproximadamente 145 kilómetros cuadrados. Es mucho mayor que la que limita estrictamente a los yacimientos; pero ofrece la ventaja de tener formado a su perímetro por líneas fijas y la de garantizar que quedará dentro de ella cualquier prolongación de la zona niquelífera que en lo futuro se pueda descubrir.

Dentro de dicha superficie se podrán registrar y explotar toda clase de minerales, excepto los de cromo y níquel. Salvo esta restricción, se aplicarán a dicha superficie todas las leyes y reglamentos mineros como se aplican a todo el territorio español.

No se puede alegar que se originan perjuicios a tercero al reservarse esta superficie el Estado español. Sobre esto conviene hacer constar el siguiente e importantísimo dato. Antes de empezar nuestro reconocimiento, pidió el Instituto Geológico de España a la Jefatura de Minas de Málaga una relación de todas las minas,

y todos los registros mineros comprendidos dentro de la superficie que provisionalmente se había reservado el Estado para hacer dicho reconocimiento. La Jefatura de Minas de Málaga cumplió puntualmente y con la mayor eficacia el encargo que se le había dado, y remitió una lista de todas las minas y registros comprendidos en dicha superficie, con expresión del número de hectáreas de cada una, paraje en que radican, término municipal, y demás datos, conducentes, a saber la propiedad minera que allí había. De esta lista resulta lo siguiente:

1.º Dentro de la zona reservada para el reconocimiento no existía una sola mina ni un solo registro de mineral de níquel ni de mineral de cromo.

2.º Dentro de la superficie más pequeña que ahora proponemos se reserve el Estado, y solamente en lo que atañe a minerales de níquel y de cromo, no existía ni una sola mina ni un solo registro de ninguna clase de mineral.

No se lastima, por tanto, interés alguno al hacer dicha reserva. Pero si los mineros españoles quisieran hacer ahora lo que no han hecho de muchos años a esta parte, que es explotar minerales de cromo y níquel en la Serranía de Ronda, les queda libre para ello toda la superficie de dicha Serranía que no está comprendida dentro de las reservas que ahora proponemos.

En dicha superficie libre radican los criaderos de níquel de Río Real y muchos de los de mineral de cromo que han sido descritos en este informe.

Por otra parte, se debería hacer constar que el Estado, al reservarse los criaderos de cromo y níquel de *Los Jarales-Sierra de Aguas* no se propone hacer con ellos competencia a la industria particular, sino asegurarse para el porvenir minerales de dicha clase que libren a las industrias militares españolas de la tutela extranjera de que ahora dependen, y que este fin no se puede conseguir sin la reserva de dichos criaderos y sin explotarlos con la prudencia y medida que requiere su conservación; extrayendo de ellos tan sólo el tonelaje necesario para cubrir las necesidades de dichas industrias militares, absteniéndose de vender mineral en

España o fuera de ella, so pena de que la reserva se agote y la dependencia actual del extranjero vuelva a ser un hecho real, como lo es hoy día.

Debemos, por último, hacer constar también nuestro parecer sobre el coste de explotación de los criaderos de *Los Jarales-Sierra de Aguas*. Los que aspiren a beneficiarlos no se deben hacer la ilusión de que con ello han de realizar pingües ganancias. La explotación allí ha de resultar siempre un tanto cara, porque se trata de criaderos en rosario, con sus bolsadas de mineral, separadas unas de otras por zonas estériles, y esto obliga a ejecutar algunas labores que no darán rendimiento directo. Ya hemos dicho, y lo repetimos ahora, que haciendo en *Los Jarales* un laboreo serio que obedezca a un plan trazado de antemano, se conseguirá abaratar al precio de coste del mineral extraído en relación con el que era cuando aquellos criaderos se explotaban sin orden ni concierto. Pero esto no quiere decir que la explotación de ellos pueda llegar a los bajos precios de coste alcanzados en otros países, por ejemplo, en Nueva Caledonia, adonde las masas de mineral son mucho mayores, las distancias de unas a otras bastante menores, y el tonelaje a que es dable aspirar, mayor también que en *Los Jarales-Sierra de Aguas*.

El laboreo de estos criaderos debe empezar por una preparación seria de las minas, hecha por socavones y galerías de dirección en la parte que queda sobre el nivel de los valles, y por pozos y galerías en la que radica por debajo de dicho nivel y que está todavía virgen. Después, y con arreglo a lo que esta preparación muestre, comenzará la explotación propiamente dicha, la cual se deberá hacer con el criterio antes señalado, que es opuesto, como se ha visto, al arranque del tonelaje máximo que puedan dar las minas. Un plan de labores como éste es racional, si lo ejecuta el Estado, y es el único que puede dar por resultado la conservación de las reservas durante un período largo, pero es opuesto al que se suelen proponer las empresas particulares.

Conviene exponer, para terminar, lo relativo al reconocimiento

de los minerales de cromo y níquel, cuál ha sido el precio de coste de dicho reconocimiento.

Al tratar del precio de coste del reconocimiento del platino hemos visto que la cantidad gastada en él ha sido de *258.346 pesetas*. Las presupuestadas y gastadas para el reconocimiento total han sido 450.000. La diferencia entre las dos cifras es *191.654 pesetas*, que es lo que se ha gastado en reconocer a los minerales de cromo y níquel.

Ahora bien; los 170 sectores que se han reconocido miden una superficie, según hemos visto, de 696.000.000 metros cuadrados. Luego el precio de coste de reconocimiento de cada metro ha sido de *pesetas 0,0027*. En este precio van incluidas las labores todas, los trabajos de laboratorio, análisis, etc.

Fábrica para beneficiar a los minerales de cromo y níquel.

Incompleto resultaría este informe si no dijéramos algo sobre la fábrica que se debe montar para transformar aquellos minerales en aleaciones y metales aprovechables; esto es, en los productos que hoy importan del extranjero las fábricas militares y que destinan a elaborar pertrechos de guerra. De nada serviría tener minerales y extraerlos, si no existieran medios para convertirlos en productos aprovechables. Planear a esta fábrica es además uno de los encargos que se nos han dado al confiarnos este reconocimiento.

Los productos a obtener son: el níquel metálico puro o casi puro; el ferrocromo con ley mayor o menor de cromo, y tal vez algunas de las variedades de ferróníquel, si conviniese más hacerlas en la fábrica de transformación que en las militares que el Estado posee ahora.

Los procedimientos metalúrgicos que se empleaban antes de la guerra para obtener a estos productos, partiendo de los mine-

rales de níquel y de cromo, son demasiado conocidos para que necesitemos describirlos. Están expuestos en los libros de metalurgia general y de siderurgia (1). Pero durante la guerra las necesidades de las industrias militares han aumentado considerablemente, y esto ha traído consigo que se hayan inventado procedimientos nuevos para la fabricación de ferros, procedimientos que, más que a conseguir productos puros, tienden a obtenerlos con rapidez y en cantidades grandes.

¿Cuáles son estos procedimientos? No lo sabemos. Tan sólo hemos conseguido tener una idea general y vaga de ellos por las cartas que nos han escrito nuestros amigos de América, que es el país adonde se han inventado los procedimientos más importantes entre los que aludimos. Lo que hasta ahora se ha publicado sobre ellos es más incompleto todavía de lo que nos han enseñado las cartas citadas. Todo ello se reduce a 16 pequeñas referencias, publicadas en varias revistas científicas americanas y reproducidas todas ellas en *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*.

Es indudable que llegará un día, tal vez no muy lejano, en que estos procedimientos sean del dominio público, o, por lo menos, que no se mantengan secretos y se permita estudiarlos sobre el terreno, siquiera sea a personas investidas de una misión oficial. Posible es también que, entre esos procedimientos, haya alguno o algunos que, aun en épocas normales, sean preferibles a los antiguos y convenga adoptarlos en la fábrica española de transformación. Problemas son éstos que tendrá que resolver el organismo oficial a quien se le encomiende la construcción de dicha fábrica. Hoy por hoy sería muy aventurado proyectar una fábrica de transformación, basándose en los procedimientos anteriores a

(1) Podemos recomendar, entre ellos, a los siguientes:

H. Moissan et L. Ouvrard, *Le Niquel*.—Paris, 1900.

A. Minet, *Traité Theorique et Pratique d'Electro-Metallurgie*.—Paris, 1900.

C. F. Bonini, *I Processi Termoelettrici della Siderurgia Moderna*.—Milán, 1914.

A. Stansfield, *The Electric Furnace*.—New York, 1914.

la guerra. Conviene, pues, esperar algún tiempo antes de tomar una decisión sobre el procedimiento a adoptar.

Pero, sea éste el que sea, se puede afirmar desde ahora que ha de necesitar para su desarrollo a los elementos que necesita toda transformación metalúrgica, y que la fábrica que se implante ha de poseer ciertas condiciones estratégicas y otras en relación con los transportes. Tanto a aquéllas como a éstas las podemos y debemos analizar aquí, sacando, entre otras consecuencias, de este análisis el emplazamiento que se debe dar a la fábrica.

Los elementos esenciales de toda transformación metalúrgica son: los minerales; el combustible, que puede ser mineral, vegetal o los dos; la mano de obra; el agua, y, probablemente, también la energía eléctrica, que se aplica hoy día a muchos procedimientos metalúrgicos, a más de servir para mover la maquinaria del establecimiento. Las vías de comunicación, que son un factor de capital importancia, hay que relacionarlas aquí con las condiciones estratégicas. Las iremos discutiendo en el análisis que sigue.

Los dos minerales se encuentran juntos, como hemos visto, en la región de *Los Jarales-Sierra de Aguas*. Como uno de ellos, el de níquel, sólo tiene una ley de 15 a 18 por 100 de metal puro, y siendo este metal uno de los productos que se trata de obtener, la fábrica debe estar a corta distancia de las minas, porque si estuviere a mucha habría que mover a esta distancia un peso grande de mineral. Así, pues, si no hay razones que se opongan, la fábrica debe instalarse cerca de las minas.

Carbón mineral no hay en la provincia de Málaga ni en el Mediodía de España. La cuenca hullera más próxima a las minas es la de Peñarroya, que dista 235 kilómetros de Alora, estación la más inmediata a las minas. Si el carbón se importase de Inglaterra o si se trajese de Asturias, el puerto natural de las minas sería Málaga, que dista 38 kilómetros de Alora. Esta falta de hulla en la región es un inconveniente para cualquier industria que en ella se implante, pues hay que resignarse a un precio caro para este combustible.

El carbón vegetal puede ser necesario para alguno de esos

procedimientos nuevos de que hemos hecho mención, como lo es para algunos otros de la metalurgia moderna, en los cuales se lo emplea como reductor. Calentar con él hornos y calderas no es económico, por muy cara que cueste la hulla (1). El carbón vegetal abunda en toda la Serranía de Ronda y se le puede obtener en tiempos normales a un precio que oscila entre 130 y 135 pesetas la tonelada al pie de fábrica.

La mano de obra es barata en la región y se puede contar con personal inteligente a precios razonables. Dicho se está que al personal técnico obrero habría que traerlo de fuera, porque no hay en toda la provincia ninguna fábrica metalúrgica en la que se puedan educar obreros, salvo la de Altos Hornos de Málaga, cuyo personal es reducido.

El agua es abundante y de excelente calidad en la Serranía toda. Sea cual sea el emplazamiento de la fábrica, se puede contar con agua de calidad inmejorable.

La energía eléctrica puede ser necesaria para la fabricación, pues antes de la guerra varios de los procedimientos para la obtención de ferros estaban basados en el empleo del horno eléctrico, y pudiera suceder que algunos de los modernos a que hemos aludido también lo estén. Si tal fuera el caso, se puede afirmar que pocas regiones habrá en España adonde la energía hidroeléctrica se pueda obtener en tan buenas condiciones de precio, distancia y constancia como en la Serranía de Ronda. Hay en ella varios saltos de agua estudiados y denunciados por D. Jaime Parladé y Heredia, de Málaga, capaces de producir en su conjunto unos 8.000 caballos de fuerza, y cuya constancia es notable por proceder de manantiales alimentados por la nieve que cae en aquellas sierras. Hay, además, la Sociedad Hidroeléctrica del Chorro, con fábricas ya montadas, cuya potencia productora debe aumentar bastante

(1) Hablamos en la hipótesis de tiempos normales. Precisamente nosotros hemos empleado carbón vegetal y leña para las calderas de nuestras sondas (12 caballos cada una) durante el reconocimiento del platino; porque dichos combustibles resultaban entonces más baratos que la hulla, cuyo precio, al pie de las sondas, superaba a 300 pesetas por tonelada.

con el pantano que se está construyendo en el valle del Turón. Pero aun en el caso de que no conviniese ninguna de estas dos fuentes de energía eléctrica, sería fácil obtener los 3.000 o más caballos que puede necesitar la fábrica, apelando a alguno o a algunos de los saltos de agua que aún quedan libres en la región, dos de los cuales están en excelentes condiciones y los hemos medido y estudiado durante nuestro reconocimiento. Por último, existen dentro de la Serranía varios de los que podríamos llamar *pantanos naturales*, que, con muy poco coste, se podrían arbitrar para producir fuerza suficiente para alimentar a la fábrica.

Cualquiera de estas fuentes de energía estaría en condiciones favorables en cuanto a su distancia a la fábrica consumidora si ésta se instalase dentro del perímetro de la Serranía, pues dicha distancia no excedería de 30 kilómetros en ninguno de los casos considerados. Se puede contar, por tanto, con energía eléctrica ampliamente suficiente y en buenas condiciones económicas.

Desde el punto de vista estratégico, la situación de una fábrica militar, como sería la de ferros, no es indiferente. Debe estar a cierta distancia del mar y separada de éste, a ser posible, por una cordillera de montañas, para que resulte protegida contra los tiros de los buques de guerra. Se la debe emplazar, además, en un valle estrecho rodeado de alturas cuya cota sobre la fábrica no baje de 400 o 500 metros, para poder emplazar en estas alturas medios de defensa contra los dirigibles y aeroplanos. Debe tener la fábrica, por último, un acceso fácil a las vías principales de comunicación del país.

En vista de cuanto acabamos de exponer, nos parece que la situación más favorable para la fábrica de transformación es la llamada *Hoya de Carratraca*.

Esta *Hoya* es un valle estrecho situado al Sur de Carratraca y a kilómetro y medio de este pueblo. Está cercado de alturas por todos lados y cerrado en su extremo Norte por el puerto de Ardales, en el que nace el río de las Cañas, que atraviesa al valle de Norte a Sur en toda su longitud y sale de él por una garganta estrecha y tortuosa llamada *Los Rodaderos*. Aproximadamente en

el centro de este valle, a orillas del río de las Cañas y a un nivel un poco más alto que el de este río, para protegerla de las avenidas, proponemos se instale la fábrica.

Estaría situada entonces en el centro, o casi en el centro, de la zona minera, quedando *Los Jarales* a un kilómetro aproximadamente al SO. de ella y los criaderos de *Sierra de Aguas* entre kilómetro y medio a tres kilómetros al NE. La carretera de Alora a Carratraca pasa a menos de un kilómetro del emplazamiento que proponemos, y por lo tanto, éste queda bastante cerca del principal medio de comunicación, pudiéndose construir fácilmente un camino que uniese a la carretera con la fábrica. Ésta quedaría entonces en comunicación con la estación de Alora por una carretera de 16 kilómetros, pues la unión de ésta con el camino a la fábrica estaría a dos kilómetros del pueblo de Carratraca. Ya hemos dicho que la distancia por ferrocarril entre Alora y Málaga es de 38 kilómetros.

La que en línea recta media entre el emplazamiento propuesto y el mar es de 36 kilómetros, y entre uno y otro está la Sierra de Mijas y su prolongación la de la Alpujata, cuyas alturas sobre el nivel del mar son 1.150 y 1.020 metros, respectivamente.

Las alturas que rodean a la *Hoya de Carratraca* son: el *Tajo del Grajo*, al Oeste, con cota sobre el nivel del mar de 1.290 metros; la *Sierra de Aguas*, al Oeste, con cota de 949 metros; la prolongación del *Caparain* y el *Puerto de Ardales*, por el Norte, con cotas de 825 metros, y las montañas que rodean a *Los Rodaderos*, por el Sur, con una cota media de 816 metros. La altura de la *Hoya de Carratraca*, emplazamiento de la fábrica sobre el nivel del mar, es de 312 metros, los cuales se deben descontar de las cotas anteriores para obtener las que hay entre la *Hoya* y las montañas que la rodean. Haciéndolo resultan alturas que no son inferiores a 500 metros ni aun en los puntos más bajos.

El emplazamiento en cuestión reuniría, por tanto, las condiciones estratégicas apetecibles, salvo que el ferrocarril no pasa por él sino a 16 kilómetros de él. Emplazando a la fábrica en el valle del Guadalhorce, por el que va el ferrocarril de Málaga a

Córdoba, hasta más allá de Cobantes, se conseguiría esta última ventaja, pero se perderían la mayoría de las demás. Por esto, insistimos en el emplazamiento en la *Hoya de Carratraca*, pues, al fin y al cabo, el tonelaje a transportar no es muy grande.

Resumen.

Vamos a reproducir aquí las conclusiones que hemos ido deduciendo en el curso de este informe para que sea más fácil encontrarlas:

1.^a La cantidad de 246.531 kilogramos de platino, reconocida en los ríos Verde y Guadaíza, cuyo valor actual (a razón de 20 pesetas gramo) es de 4.930.620 pesetas, y el que puede existir en el río Guadiaro, que no se ha reconocido, es antieconómico extraerlo hoy día por el exageradísimo precio de las dragas; pero puede dejar de serlo en el porvenir y dar su explotación una ganancia grande. Por esto, se propone al Estado se reserve por un período indefinido a los aluviones de estos ríos, para lo cual se deberá limitar en el lecho de cada uno de ellos una superficie que comprenda ampliamente a los depósitos platiníferos. Los límites de estas tres superficies están señalados con toda precisión en el informe que antecede, y no es necesario repetirlos aquí. La suma de las tres superficies es de 2.364 hectáreas.

2.^a La cantidad de minerales de níquel y cromo que se ha descubierto es bastante mayor que la que se necesita para abastecer de níquel, ferroníquel y ferrocromo a las fábricas militares del Estado español. Por esto aconsejamos que el Estado se reserve tan sólo a los yacimientos de la zona *Los Jarales-Sierra de Aguas*, dejando libres para la industria particular a los restantes de la región reconocida. La citada zona, a más de contener mineral suficiente para abastecer de los referidos productos a las fábricas militares españolas, aun cuando sus necesidades se duplicasen, durante un período largo de tiempo, ofrece la gran ventaja de presentarse en ella los dos minerales juntos, y las demás, no despreciables, que se han detallado antes. El perímetro que limita a esta

zona a reservar ha sido detalladamente descrito en las páginas que anteceden y no es preciso repetir aquí lo allí dicho. La superficie limitada mide aproximadamente 145 kilómetros cuadrados.

3.^a La explotación de los minerales de níquel y cromo se debe hacer con miras a abastecer de níquel y de ferros a las fábricas militares del Estado, pero ciñéndose tan sólo a este abastecimiento, con objeto de que se conserven aquellas reservas durante un período largo, manteniendo a las referidas fábricas independientes de los suministros extranjeros. Para esto, el Estado debe intervenir en dicha explotación, o mejor, hacerla por sí directamente.

4.^a La fábrica de transformación se debe instalar en la *Hoya de Carratraca*, adoptando en ella a los procedimientos metalúrgicos que las experiencias hechas durante la guerra hayan demostrado son más eficaces. Un estudio posterior, cuando sea permitido hacerlo, determinará cuáles deben ser estos procedimientos.

San Pedro Alcántara, Madrid, Mayo 1919.

DOMINGO DE ORUETA.

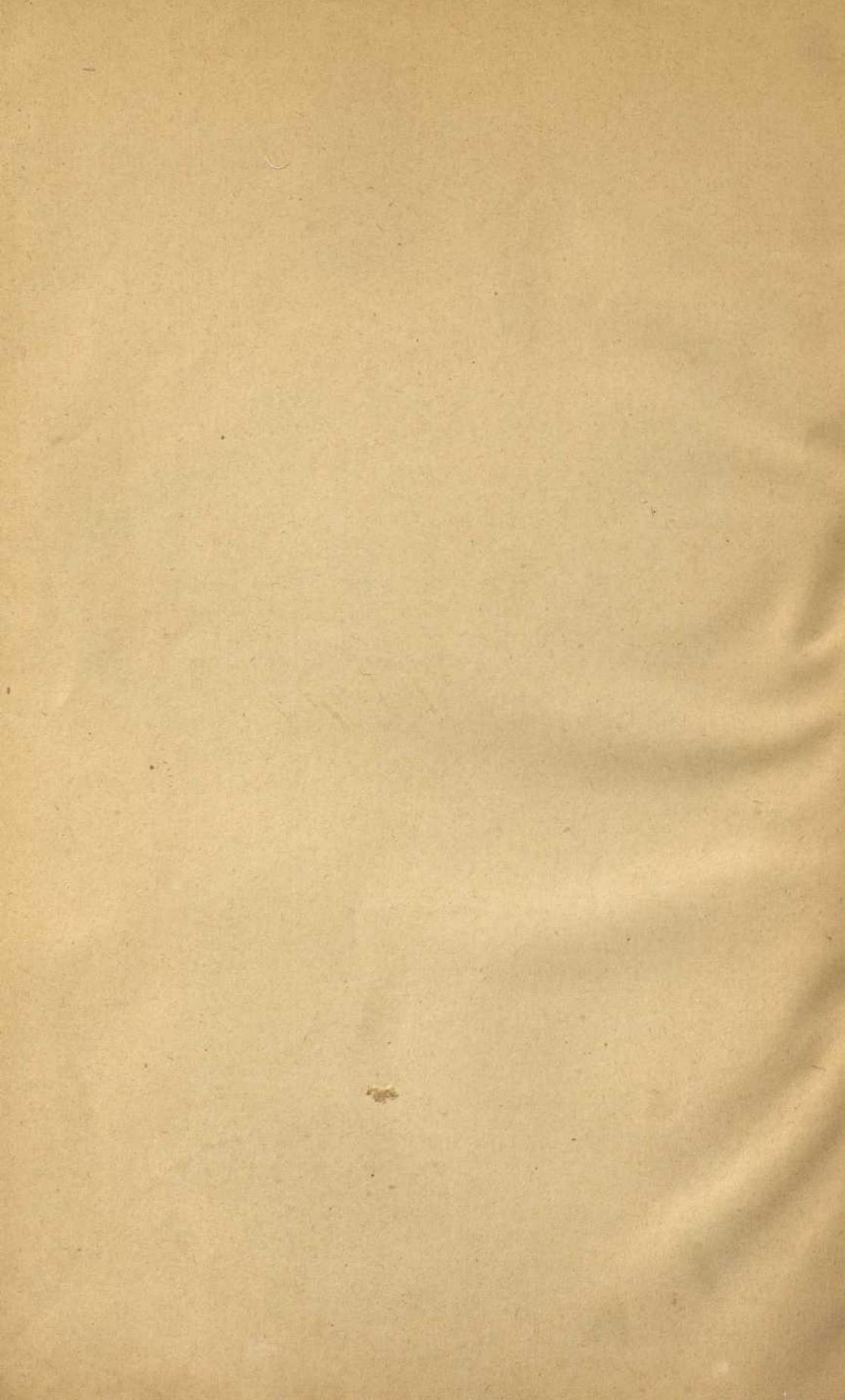
ÍNDICE

| | <u>Páginas.</u> |
|--|-----------------|
| Antecedentes..... | 5 |
| Preparación de los trabajos. Personal..... | 15 |
| Reconocimiento del platino..... | 23 |
| Resultados del reconocimiento del platino | 37 |
| Aspecto económico de la explotación del platino..... | 49 |
| Reconocimiento del cromo y el níquel..... | 68 |
| Procedimientos seguidos para el reconocimiento..... | 81 |
| Resultados del reconocimiento de los minerales de cromo y níquel | 90 |
| Aspecto económico..... | 117 |
| Fábrica para beneficiar a los minerales de cromo y níquel..... | 128 |
| Resumen | 134 |

INDICE

INDICE

| | |
|-----|-------|
| 7 | ..... |
| 11 | ..... |
| 23 | ..... |
| 27 | ..... |
| 28 | ..... |
| 30 | ..... |
| 31 | ..... |
| 32 | ..... |
| 33 | ..... |
| 34 | ..... |
| 35 | ..... |
| 36 | ..... |
| 37 | ..... |
| 38 | ..... |
| 39 | ..... |
| 40 | ..... |
| 41 | ..... |
| 42 | ..... |
| 43 | ..... |
| 44 | ..... |
| 45 | ..... |
| 46 | ..... |
| 47 | ..... |
| 48 | ..... |
| 49 | ..... |
| 50 | ..... |
| 51 | ..... |
| 52 | ..... |
| 53 | ..... |
| 54 | ..... |
| 55 | ..... |
| 56 | ..... |
| 57 | ..... |
| 58 | ..... |
| 59 | ..... |
| 60 | ..... |
| 61 | ..... |
| 62 | ..... |
| 63 | ..... |
| 64 | ..... |
| 65 | ..... |
| 66 | ..... |
| 67 | ..... |
| 68 | ..... |
| 69 | ..... |
| 70 | ..... |
| 71 | ..... |
| 72 | ..... |
| 73 | ..... |
| 74 | ..... |
| 75 | ..... |
| 76 | ..... |
| 77 | ..... |
| 78 | ..... |
| 79 | ..... |
| 80 | ..... |
| 81 | ..... |
| 82 | ..... |
| 83 | ..... |
| 84 | ..... |
| 85 | ..... |
| 86 | ..... |
| 87 | ..... |
| 88 | ..... |
| 89 | ..... |
| 90 | ..... |
| 91 | ..... |
| 92 | ..... |
| 93 | ..... |
| 94 | ..... |
| 95 | ..... |
| 96 | ..... |
| 97 | ..... |
| 98 | ..... |
| 99 | ..... |
| 100 | ..... |





FAN
XX
482

38

18

18

18

18