

MINIST
SECRE

CHARACTERIZACION Y ENSAYOS METODOLOGICOS
SOBRE LOS YACIMIENTOS AURIFEROS DE LAS
FORMACIONES CARBONATADAS DE LA ZONA ASTUR-
OCCIDENTAL-LEONESA.

MEMORIA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

1115

CARACTERIZACION Y ENSAYOS METODOLOGICOS
SOBRE LOS YACIMIENTOS AURIFEROS DE LAS
FORMACIONES CARBONATADAS DE LA ZONA ASTUR-
OCCIDENTAL-LEONESA.

MEMORIA

11153

El presente proyecto, ha sido realizado por
INGENIERIA MINERO INDUSTRIAL, S.A. (IMINSA) en
régimen de contratación con el Instituto Geológico
y Minero de España.

INDICE

	PAGINA
1.- INTRODUCCION	1
2.- ANTECEDENTES	4
3.- CONTEXTO GEOLOGICO	6
3.1.- LITOESTRATIGRAFIA	7
3.1.1.- PRECAMBRICO	7
3.1.2.- CAMBRIICO-ORDOVICICO	7
3.1.2.1.- Zona Cantábrica	8
3.1.2.2.- Zona Astur Occidental Leonesa	10
3.1.3.- SILURICO	11
3.1.4.- EL DEVONICO	12
3.1.5.- CARBONIFERO	14
3.1.6.- TERCIARIO	15
3.1.7.- PLIOCUATERNARIO Y CUATERNARIO	16
3.2.- SINTESIS ESTRUCTURAL	16
3.2.1.- ZONA ASTUR OCCIDENTAL LEONESA	16
3.2.1.1.- Fases de Deformación	16
3.2.1.2.- Principales Estructuras	17
3.2.2.- ZONA CANTABRICA	19
3.2.2.1.- Características Estructurales y Fases de Deformación	19
3.2.2.2.- Principales Estructuras	19
3.2.3.- DEFORMACIONES POSTHERCINICAS	20
3.3.- ROCAS IGNEAS	21
3.3.1.- ROCAS PLUTONICAS	21
3.3.2.- ROCAS VOLCANICAS	21
4.- INVESTIGACION DE YACIMIENTOS	23
4.1.- ZONA ASTUR OCCIDENTAL LEONESA	24
4.1.1.- SECTOR ABANIELLA (PLANOS NOS. 1-2)	25
4.1.1.1.- Situación	25
4.1.1.2.- Antecedentes	25
4.1.1.3.- Contexto Geológico	26
4.1.1.4.- Labores Mineras	27
4.1.1.5.- Reconocimiento de Superficie	28
4.1.1.6.- Estudios Realizados	29
4.1.2.- SECTOR DE NAVELGAS (PLANOS NOS. 3-4)	34
4.1.2.1.- Situación Geográfica	34
4.1.2.2.- Antecedentes	34
4.1.2.3.- Contexto Geológico	36
4.1.2.4.- Labores Mineras	38
4.1.2.5.- Reconocimiento de Superficie	39
4.1.2.6.- Estudios Realizados	42
4.2.- ZONA CANTABRICA (PLANO N° 5)	47
4.2.1.- CONSIDERACIONES GENERALES	47
4.2.1.1.- Situación	47
4.2.1.2.- Antecedentes	48
4.2.1.3.- Contexto Geológico	49
4.2.2.- SECTOR ANTOMANA-COURIO (PLANOS NOS. 6-7)	51

4.2.2.1.-	Corta de la Grueba	52
4.2.2.2.-	Estudios Realizados	53
4.2.2.3.-	Corta de Miller	57
4.2.2.4.-	Corta de Antoñana	59
4.2.3.-	SECTOR BEBECA-EL VALLE (PLANOS NOS. 8-9)	63
4.2.3.1.-	Reconocimiento de Superficie	63
4.2.3.2.-	Estudios Realizados	65
5.-	CONCLUSIONES	69
6.-	BIBLIOGRAFIA	81

ANEXO I.- INTERPRETACION IMAGENES LANDSAT

I_N_D_I_C_E

	PAGINA
1.- INTRODUCCION	1
2.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA TECNOLOGIA APLICADA	5
2.1.- PROCESO DE IMAGEN	5
2.2.- RESPUESTA ESPECTRAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ROCAS	7
3.- ELABORACION DE RESULTADOS	9
3.1.- DATOS DE CAMPO: DESCRIPCION	9
3.2.- TRATAMIENTO DE LA ESCENA TM DE ASTURIAS	10
3.3.- COMPARACION ENTRE LOS DATOS DE CAMPO Y LOS OBTENIDOS MEDIANTE LA IMAGEN DE SATELITE	11

VOLUMEN 2.- PLANOS

- PLANO N° 1.- SECTOR ABANIELLA-IBOYO-CARTOGRAFIA GEOLÓGICA E. 1: 5.000.
- 2.- SECTOR ABANIELLA-IBOYO-MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS E. 1: 50.000.
- 3.- SECTOR NAVELGAS-CARTOGRAFIA DE AFLORAMIENTOS E. 1: 5.000.
- 4.- SECTOR NAVELGAS-MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS E. 1: 5.000.
- 5.- SIERRA DE BEGEGA-SIERRA DEL COURIO-CARTOGRAFIA GEOLÓGICA 1: 18.000.
- 6.- SECTOR ANTIGANA-COURIO-CARTOGRAFIA DE AFLORAMIENTOS E. 1: 5.000.
- 7.- SECTOR ANTIGANA-COURIO MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS E. 1: 5.000.
- 8.- SECTOR BEGEGA-EL VALLE-CARTOGRAFIA DE AFLORAMIENTOS E. 1: 5.000.
- 9.- SECTOR BEGEGA-EL VALLE-MAPA DE SITUACION DE MUESTRAS E. 1: 5.000.

1.- INTRODUCCION

El aprovechamiento de los recursos auríferos en nuestro país se remonta a las épocas prerromana y romana con la explotación de los "gossans" de la Faja Piritica, los potentes depósitos aluvionales terciarios y los yacimientos filonianos del NO peninsular. Esta intensa actividad de la minería del oro decrece considerablemente en las épocas medieval y moderna, influyendo de forma decisiva en su paralización el descubrimiento de América y el posterior estancamiento del precio del oro. De esta forma, la minería tradicional deja de ser rentable y en los últimos tiempos queda reducida a la recuperación del oro de las piritas y los "gossans" de la Faja Piritica.

Entre las actividades desarrolladas por el IGME en el campo de los recursos auríferos están los programas sectoriales de investigación y estudios de posibilidades mineras en áreas del Noroeste peninsular, provincias de Cáceres y Sevilla, zonas de Alburquerque y Valle de Alcudia, entre otras, contribuyendo a un conocimiento más completo del potencial aurífero de nuestro país.

Por otra parte, en la revisión correspondiente a 1983 del Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales (PNAMPM) se incluye el oro en el conjunto de sustancias declaradas prioritarias.

En base a estas consideraciones, el IGME realizó en 1983 el "Inventario de Recursos Nacionales de Oro. Primera fase", con objeto de establecer una clasificación tipológica de los yacimientos auríferos españoles, determinar sus parámetros de explotabilidad y seleccionar áreas favorables para futuras investigaciones, entre las que figura la que es objeto del presente proyecto.

La actual situación del mercado del oro, con la espectacular subida de los precios en la última década, los avances tecnológicos en el tratamiento hidrometalúrgico y el descubrimiento de nuevos tipos de yacimientos, conducen a la necesidad de reevaluar las posibilidades de explotación de depósitos auríferos ya descubiertos, considerados marginales con anterioridad a las actuales circunstancias de mercado, y al descubrimiento de otros nuevos yacimientos.

El presente proyecto se integra dentro del Plan de Actividades del IGME dentro del Programa 741-A, "Fomento de la Minería no energética", a través del cual se desarrolla la labor de infraestructura e investigación de los recursos minerales no energéticos, dedicando particular atención a las sustancias prioritarias.

Con el plan de actividades a desarrollar en el presente proyecto se pretende conocer el modelo metalogenético al que corresponden los yacimientos auríferos que se localizan dentro en la zona occidental de Asturias y delimitar los metalotectos. Igualmente se pretende conocer la respuesta a distintos métodos de prospección geoquímica y geofísica.

Con el desarrollo del proyecto se pretendía alcanzar los objetivos siguientes:

- Interpretación de imagen Landsat de una zona comprendida dentro de las hojas 1: 200.000, de Avilés y Cangas del Narcea.
- Estudio geológico-estructural y metalogénico de los yacimientos auríferos dentro de las bandas calizo-dolomíticas o en sus proximidades.
- Prospección geoquímica, mineralométrica y geofísica en el entorno de los yacimientos más representativos y aplicación estratégica sobre alguna zona favorable.
- Definición y delimitación de los metalotectos auríferos.

El presente proyecto ha sido realizado por Ingeniería Minero Industrial, S.A. (IMINSA), en régimen de contratación en el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.).

Los trabajos han sido realizados por Francisco Ruiz Arias, Ldo. en C. Geológicas. Los apartados de estudios especiales han comprendido:

Láminas delgadas	Luis G. Corretgé y Ofelia Suárez Méndez (Dres. en C. Geológicas)
Probetas pulidas e inclusiones fluídas	Jesús García Iglesias (Dr. Ingeniero de Minas) Jorge Loredo Pérez (Dr. Ingeniero de Minas)
Magnetometría	Guzmán Puente (Licenciado en C. Geológicas)
Ánálisis químicos	Watson Gray Española de Control, S.A.
Interpretación	
Imagen Landsat	Ibersat

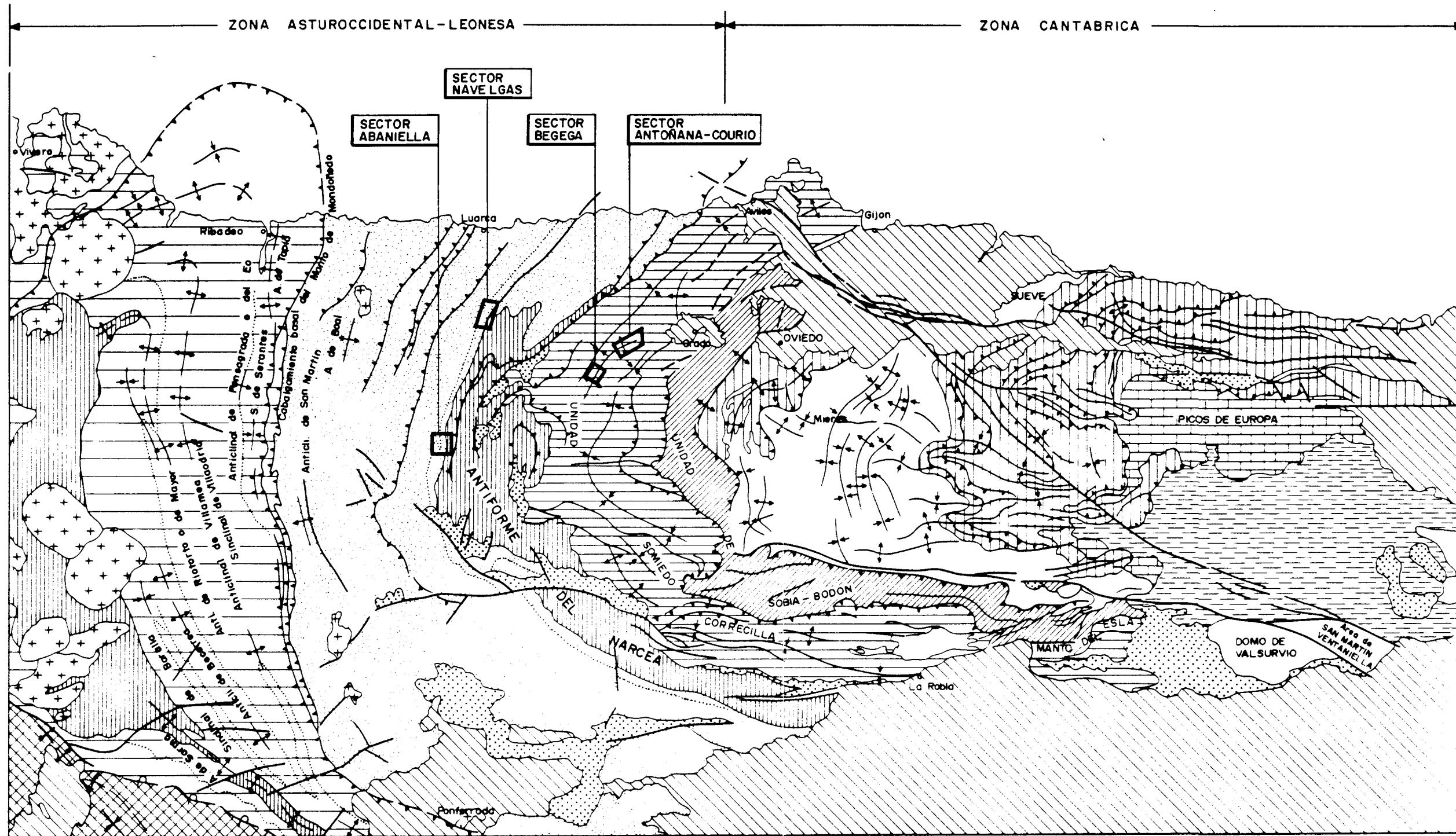
Ha colaborado inestimablemente en el proyecto Valentín Suárez Suárez, Ldo. en Ciencias Geológicas, que ha aportado sus conocimientos de la experiencia de investigación en los yacimientos auríferos de Asturias y León.

2.- ANTECEDENTES

El conocimiento de la existencia de oro en el noroeste de la península Ibérica se encuentra referenciado bibliográficamente desde Estrabón, en su *Geographiká*, donde cita los placeres de oro de esta región, en los que se obtenían grandes pepitas de oro.

Una vez finalizada la pacificación romana en el siglo I, la actividad extractiva en la región de los astures y Galicia experimenta un notable incremento, siendo numerosos los puntos de explotación distribuidos por el área, y que comprendían tanto a yacimientos primarios (paleozoicos) como depósitos secundarios de paleoplaceres en el Terciario y concentraciones residuales en el Cuaternario (coluviones, depósitos aluviales, lechos vivos). A esta época corresponde la *Historia Natural*, de Plinio el Viejo, donde se hace una detenida exposición de los tipos de mineralizaciones que se explotaban, así como de los sistemas de aprovechamiento que se utilizaban.

No se conoce con precisión la época de abandono por los romanos de la extracción de oro, sabiéndose que el mayor auge corresponde a los siglos I y II, no apareciendo nuevas referencias hasta 1785 en que el Conde de Toreno retoma las noticias de Plinio, al tiempo que describe minuciosamente algunos de los trabajos en roca antiguas, atribuidas a los romanos.



-LEYENDA-

	MESOZOICO Y TERCARIO
	ESTEFANIENSE
ZONA ASTUROCCIDENTAL-LEONESA	
	GRANITOS
	DOMINIO DEL MANTO DE MONDOÑEDO
	DOMINIO DEL NAVIA Y ALTO SIL
	DOMINIO DEL CAUREL-TRUCHAS
	PRECAMBRIICO INDIFERENCIADO
ZONA CANTABRICA	
	UNIDAD SOMIEDO-CORRECILLA
	UNIDAD SOBIA-BODÓN
	CUENCA CARBONIFERA CENTRAL
	REGION DE MANTOS
	PICOS DE EUROPA
	REGION DEL PISUERGA-CARRION

ESCALA GRAFICA
0 10 20 30 40 50 KM

-SIGNOS CONVENCIONALES-

-
-
-
-

SITUACION DE LOS
SECTORES ESTUDIADOS

En 1852, Paillette hace un reconocimiento exhaustivo de las explotaciones existentes, describiendo minuciosamente la estructura y características geológicas del entorno, con especial atención a las rocas presentes.

Schulz, en 1858, retoma las referencias de Paillette y las amplia con datos relativos al descubrimiento de granos de oro en la zona de Navelgas.

A finales del siglo XIX se reaviva el interés por la explotación del oro en el noroeste, si bien las empresas que se instalan, casi todas ellas de capital extranjero, se centran en el aprovechamiento de los depósitos aluviales de León. En Asturias, en tanto, se conserva una tradición de buscadores de oro en los ríos que, en algún caso, llegaron a realizar galerías en depósitos primarios; las referencias disponibles son escasas, no muy fiables, por cuanto se superpone un interés por la minería del cobre y arsénico, principalmente, que suelen estar acompañados de oro.

Hacia 1950 se constituye "Aurífera Asturiana, S.A." que centró su actividad en la zona de Navelgas durante un período corto de tiempo. Posteriormente, en la década de los 60, se inician las investigaciones en la zona de Salave, que han proseguido con algunas interrupciones hasta la actualidad a través de las empresas Nortgate, Río Tinto Patiño, S.A. y Goldfields. En 1971, Riotinto Minera inicia una investigación regional de carácter general, que posteriormente pasaría a centrarse en los indicios de oro. En 1973, Real Compañía Asturiana de Minas reabre las labores de Navelgas, obteniéndose resultados alentadores, pero que no impidieron que se abandonasen los trabajos.

En 1976 había varias empresas, principalmente extranjeras, en la región investigando los yacimientos de oro, y ampliando la zona de reconocimiento al área de Carlés-Sierra del Courio. En esta época, el I.G.M.E. realiza una "Investigación minera en el Sur de Salas (Oviedo)", sobre algunos de los indicios allí existentes.

En el momento actual, la actividad prospectora se encuentra localizada en las áreas de Monterroso (S. Félix de las Montañas) y Abaniello-Iboya, dentro de la zona Astur Occidental Leonesa, siendo la operadora BP Minera España, S.A., y en Arceillana-Carlés, donde actuar Charter Exploraciones y Exploraciones Mineras del Cantábrico.

3.- CONTEXTO GEOLOGICO

La zona en que se encuentran las mineralizaciones estudiadas se sitúa en la mitad occidental de la Cordillera Cantábrica, dentro de Asturias, ocupando ámbitos dentro de ésta con diferencias en lo que respecta a la paleogeografía, estratigrafía y estilo tectónico del Paleozoico presente. La separación entre ambos dominios viene representada por los terrenos precámbricos, que constituyen la prolongación en esta región del conjunto que aflora desde La Magdalena (León) y se extiende hasta Cudillero, en la costa, aflorando a lo largo del Anticlinorio o Antiforme del Narcea.

El núcleo precámbrico del antiforme separa a un lado y a otro las dos áreas hercianas que se conocen como Zona Cantábrica, al Este y Zona Astur Occidental Leonesa, al Oeste, siguiendo a LOTZE (1945). El antiforme está recorrido en toda su longitud por un gran cabalgamiento representado por la falla de La Espina, siendo ésta en realidad la separación entre las dos zonas, ya que el antiforme es una estructura más tardía.

Los terrenos más antiguos que afloran corresponden a un Precámbrico moderno (Proterozoico), sobre los que se dispone el Paleozoico discordante. La sucesión paleozoica comprende en la Zona Cantábrica hasta el Westfaliense, con pocas lagunas estratigráficas, en tanto, en la Zona Astur Occidental Leonesa alcanza hasta el Silúrico únicamente. Dispuestos discordantemente sobre los materiales anteriores existen pequeños depósitos de edad estefaniense, mesozoicos y terciarios.

En términos generales, la Zona Cantábrica carece de esquistosidad bien desarrollada y de metamorfismo, mientras que en la Zona Astur-Occidental Leonesa uno y otro están bien manifestados.

Por lo que se refiere a las rocas ígneas, existe representación efusiva en niveles precámbricos, cámbricos y ordovícicos, así como intrusiones (Carlés, Arcellana, Courio, Villaverde, Boinás).

3.1.- LITOESTRATIGRAFIA

3.1.1.- PRECAMBRICO

Aflora fundamentalmente en la zona central del área constituyendo el núcleo del Antiforme del Narcea; fué citado por primera vez por LOTZE (1956) en el Valle del Narcea, poniendo en evidencia su discordancia bajo la serie cámbrica. Los materiales precámbricos están constituidos fundamentalmente por una serie metamórfica, formada por pizarras con intercalaciones de porfiroides, procedentes, de rocas volcánicas ácidas e intermedias, y por series más modernas compuestas por alternancias de areniscas y pizarras. En la zona de Tineo aflora una serie pizarrosa con gran abundancia de materiales volcánicos.

Asimismo, en las proximidades de Cudillero y formando parte de la prolongación hacia el Norte del Anticlinorio del Narcea, se reconoció un pequeño afloramiento atribuido al Precámbrico, compuesto por pizarras grises y porfiroides que, según LOTZE (1956), procedían de vulcanitas ácidas.

3.1.2.- CAMBRICO-ORDOVICICO

Los materiales cámbricos, junto con los ordovícicos, aparecen representados tanto en la Zona Cantábrica como en la Astur-Occidental Leonesa, existiendo diferencias en uno y otro dominio que obligan a una descripción por separado.

3.1.2.1.- Zona Cantábrica

Areniscas de la Herrería

Los niveles paleozoicos más bajos que afloran corresponden a la formación Areniscas de La Herrería, constituida por areniscas feldespáticas con intercalaciones pizarrosas delgadas, a veces areniscas cuarcíticas. Forman reducidos afloramientos en el área considerada en el núcleo de anticlinales.

La edad de esta formación es Cámbrico Inferior.

Calizas de Láncara

Esta formación se dispone formando unas estrechas franjas NNE-SSW, de una forma muy localizada y defectuosa en la terminación perianticinal de la Sierra de Courio.

La serie completa consta de un miembro inferior dolomítico, seguido por calizas con "birdeseyes", con una potencia que puede alcanzar del orden de los 230 metros. El miembro superior está formado por calizas nodulosas rojas con abundancia de trilobites y un espesor de unos 15 metros. El nivel inferior representaría una edad Cámbrico Inferior perteneciendo el Superior, en parte, al Cámbrico Medio. La formación viene caracterizada por la presencia de dolomías grisáceas a beigas, con intercalaciones irregulares de pizarras claras y verdosas, con una potencia que oscila entre 50 y 100 metros, y frecuente silicificación del conjunto.

Pizarras y areniscas de Oville

Sobre las Calizas de Láncara se dispone una alternancia de pizarras verdosas y areniscas denominadas por COMTE (1937) como Pizarras y Areniscas del Oville. La serie se inicia con pizarras arcillosas verdes con fauna perteneciente al Cámbrico Medio. El resto de la formación no proporcionó fauna, suponiéndose que comprende la parte alta del Cámbrico Medio y el Cámbrico Superior.

En las proximidades de Tineo afloran, dentro de la serie descrita, tramos de materiales volcánicos formados fundamentalmente por términos basálticos y traquíticos.

El espesor de la serie es del orden de los 800 metros.

Cuarcita de Barrios

Encima de las Pizarras y Areniscas del Oville, y claramente diferenciadas, se sitúa un conjunto de cuarcitas masivas, blancas, con intercalaciones pizarrosas, denominado por COMTE (1937) Cuarcitas de Barrios y por BARROIS (1882), Cuarcita Armeriana. La formación presenta un espesor del orden de los 250-300 metros.

llegando a alcanzar en el área de Tineo hasta los 600. En el Área de la Sierra del Courio las intercalaciones pizarrosas son intermitentes y van acompañadas de arcillas compactas caolíneras, cristales de pirita y óxidos de hierro, con potencias que oscilan entre 0,70 y 1 metro. En la zona de Tineo el nivel pizarroso localizado en el tramo superior de la formación, tiene una potencia del orden de los 100 metros, presentando en los afloramientos de Cabo Vidrias las mismas características.

No se encontraron fósiles en la formación, pero son frecuentes las pistas de Cruzianas. Todo esto, unido al hallazgo de fauna del Llanvirn en los materiales localizados por encima de la cuarcita, lleva a considerar a esta formación como del Arenig.

Estas cuarcitas de Barrios, junto a las pizarras y areniscas del Oville, presentan una facies comparable a la Serie de Los Cabos de la Zona Astur-Occidental Leonesa, aunque con grandes diferencias en los espesores.

Pizarras de Luarca

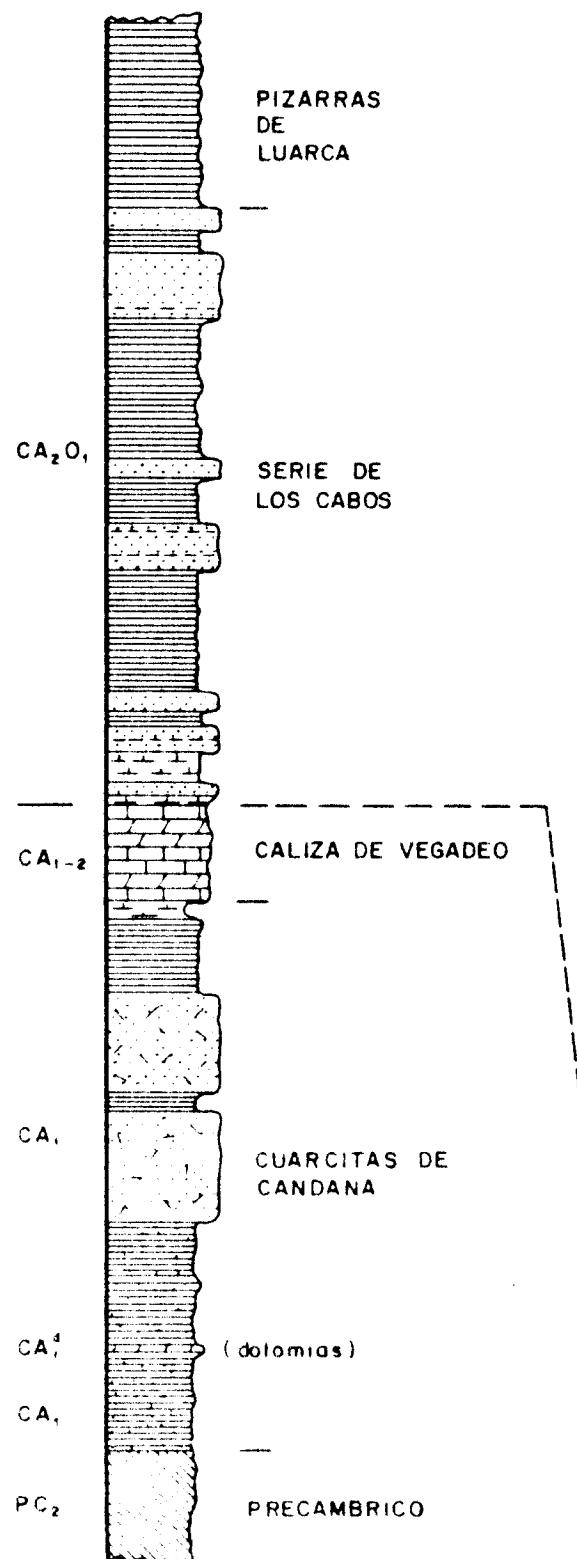
En la zona Cantábrica existen afloramientos pertenecientes al Ordovícico Medio y Superior sólo en los Cabos Vidrias y Peñas, siendo en el acantilado Este del segundo donde aflora la mejor sucesión, distinguiéndose esencialmente dos conjuntos: uno inferior, con una potencia que oscila entre 350-400 metros, que corresponde a las Pizarras de Luarca, de tonos oscuros, frecuentemente piritosas, con niveles lumaquélidos en su mitad superior, y un conjunto superior vulcano-detritico. Las Pizarras de Luarca presentan la fauna más baja, encontrándose en su parte basal el Llandeilo.

La sucesión en el Cabo Vidrias varía algo con respecto a Peñas, siendo el espesor en este último muy superior.

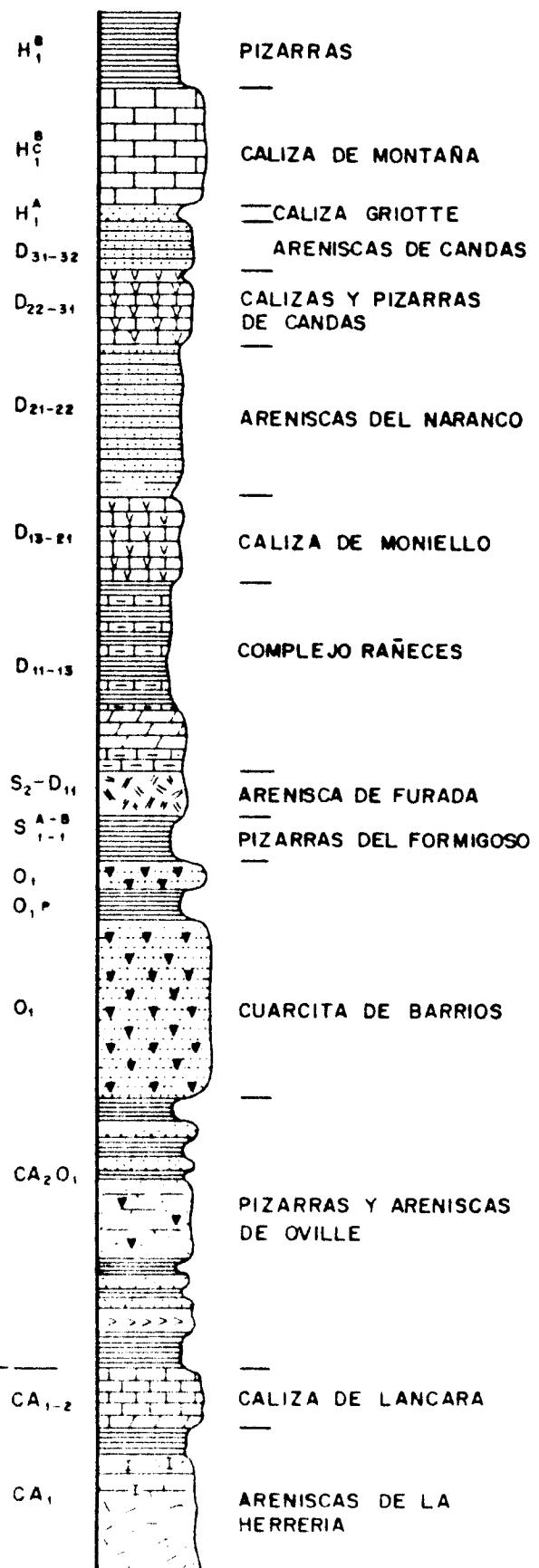
Vulcanitas del Ordovícico Superior

Afloran exclusivamente en las áreas de los Cabos Vidrias y Peñas. En esta última se sitúa por encima de las Pizarras de Luarca, estando constituidas por un conjunto vulcano-detritico con espesores comprendidos entre 350 y 400 metros, apareciendo en su parte superior dos niveles de calizas separados por tobas y cherts, con un espesor en conjunto del orden de los 30 metros y fauras de conodontos ya silúricos. En la zona de Cabo Vidrias, dentro de las vulcanitas, aparece una intercalación pizarrosa de unos 60 metros, faltando los niveles carbonatados que en Peñas contenían conodontos.

ZONA ASTUR
OCCIDENTAL-LEONESA



ZONA
CANTABRICA



CUADRO RESUMEN (CAMBRICO-ORDOVICICO SILURICO)

ZONA ASTUROCCIDENTAL LEONESA		ZONA CANTABRICA	
S I L U. O R D O V I C C A M B R I C O	AREA VIDRIAS - PEÑA		AREA GRADO - TINEO
	LAGUNA		ARENISCA DE FURADA
	PIZARRAS DE FORMIGOSO		
	LAGUNA ESTRATIGRAFICA		
	FORMACION AGÜEIRA	CALIZAS	LAGUNA ESTRATIGRAFICA
		S. VULCANO - DETRITICA	
	PIZ. DE LUARCA	PIZ. DE LUARCA	
	SERIE DE LOS CABOS (LOTZE 1958)	CUARCITA DE BARRIOS (COMTE 1937)	
		PIZARRAS Y ARENISCAS DE OVILLE (COMTE 1937)	
	CALIZA DE VEGADEO (BARROIS 1882)	CALIZA DE LANCARA (COMTE 1937)	
	ARENISCAS DE LA HERRERIA (COMTE 1938) (CUARCITA DE CANDANA)		

3.1.2.2.- Zona Astur Occidental Leonesa

Areniscas de Cándana

Dentro de esta zona, la serie cámbrica se inicia con las Areniscas de la Herrería (Cámbrico Inferior) que se apoyan discordantemente sobre el Precámbrico. Esta formación está constituida por areniscas más o menos feldespáticas, de grano grueso, alternando con niveles pelíticos. Se distinguen tres tramos a nivel general: uno inferior de areniscas de grano muy grueso, en algún caso microconglomeráticas, (150 m.); uno medio más pelítico y con niveles de dolomías intercalados (300 m.), y un tramo superior nuevamente con areniscas de grano grueso (1.000 m.).

Calizas de Vegadeo

La Caliza de Vegadeo se presenta en relación con frentes de cabalgamiento, y, en la mitad occidental de la zona Astur Occidental leonesa, normalmente formando parte del núcleo de estructuras anticlinales. Petrográficamente, son calizas grises o blanquecinas y dolomías epigenéticas marrones. En las Áreas anticlinales del Eo y La Espina los niveles superiores están formados por calizas y calcoesquistos de tonos rosados. El espesor de la formación es variable, oscilando alrededor de los 100 metros, llegando a alcanzar en la zona de Navelgas hasta los 150.

Esta formación es equivalente a las Calizas de Láncara de la Zona Cantábrica.

Serie de Los Cabos

La Serie de Los Cabos (LOTZE 1958) está constituida por una potente formación detrítica que abarca desde el Cámbrico Medio al Ordovícico Inferior, presentando fuertes variaciones litológicas y de espesor que impiden su separación en unidades menos potentes. Esta formación ocupa gran parte de las zonas central y occidental de la región, disponiéndose en forma de amplias franjas SW-NE, coincidiendo en general con estructuras anticlinales.

En la zona más próxima al Antiforme del Narcea (Área de Luarca), la serie está constituida por areniscas, cuarcitas, siltitas y pizarras con espesores que llegan hasta los 4.000 metros.

En la zona de Sabugo (Área anticlinal de Villayón), la sucesión se diferencia de la de Luarca en la presencia de un grueso nivel cuarcítico cartografiable en la parte superior de la Serie de Los Cabos, denominado "Cuarcita de Sabugo", equivalente a los niveles culminantes de la Serie en el anticlinal de La Caridad. Esta cuarcita, así como los tramos pizarrosos situados por debajo de ella, deben de corresponder al Ordovícico Medio. En esta zona las cuarcitas pueden alcanzar un espesor de hasta 800 metros.

Pizarras de Luarca

Por encima de la Serie de Los Cabos se localiza, en la zona Astur Occidental Leonesa, una sucesión de pizarras negras con una gran uniformidad de facies, que fueron denominadas por BARROIS (1882) como Pizarras de Luarca.

La serie está constituida por unos niveles basales de transición entre la Serie de Los Cabos y las Pizarras de Luarca, formados en general por una alternancia de pizarras negras y areniscas; sigue un nivel de pizarras negras, masivas, ricas en sulfuros de hierro y con intercalaciones de hierros políticos. En el área sinclinal de Villaodrid la sucesión culmina en algunos lugares con un horizonte cuarcítico delgado. En la zona de Navelgas, los niveles basales presentan interestratificadas en las pizarras rocas volcánicas de tipo diabásico o subofítico. El espesor de la formación varía considerablemente de unas regiones a otras, oscilando desde 150 metros (Sinclinal de Villaodrid) hasta 1.200 en la zona de Navia.

A la formación se le atribuye una edad Ordovícico Medio, ya que la abundancia de fauna permite datar a los niveles basales como pertenecientes al Llanvirn. Además, por comparación con otras zonas, se puede deducir que el Llandeilo está representado en la formación. El límite superior no se ha podido precisar, siendo probable que pueda sobrepasar el Ordovícico Medio.

Formación Agüeira

La Formación Agüeira se sitúa por encima de las Pizarras de Luarca, estando constituida por areniscas, siltitas y pizarras negras, con algún nivel de cuarcitas que destaca en la topografía. Las areniscas presentan estructuras sedimentarias típicas de las turbiditas. El espesor de la serie puede llegar a alcanzar hasta los 3.000 metros. No se encontraron fósiles, asignándosele edad Caradoc por comparación con zonas vecinas. En el área más occidental, el cabalgamiento basal del Manto de Mondóñedo trunca la formación impidiendo el afloramiento de los niveles más altos.

3.1.3.- SILURICO

Aparece representado fundamentalmente en la zona Cantábrica, existiendo también afloramientos a lo largo del sinclinal de Villaodrid en la Zona Astur Occidental Leonesa.

En la zona Cantábrica, además de los estrechos niveles calizos que coronan el conjunto vulcano-debrítico en el Cabo Peñas, el Silúrico está representado por las Pizarras del Formigoso y la Arenisca de Furada, existiendo entre la Cuarcita de Barrion y las Pizarras de Formigoso una laguna estratigráfica que abarca casi todo

el Ordovícico Medio-Superior y la parte inferior y media del Llandover.

Pizarras de Formigoso

La sucesión más característica está integrada por pizarras negras, que en su tramo superior presenta alternancias con capas de areniscas de grano fino y limos. El espesor se mantiene bastante constante, oscilando alrededor de los 150 metros. En cuanto a su edad, se establece como del Llandover y superior para los tramos basales y del Wenlock inferior para las capas más altas.

En la Zona Astur-Occidental Leonesa el Silúrico aflora fundamentalmente en el núcleo del sindinal de Villaodrid y en la zona de La Garganta, presentando diferencias con las pizarras de Formigoso tanto litológicas como de fauna. Está formado por ampelitas grises y pizarras negras con cloritoídes. Desde el punto de vista litológico, solo se puede destacar la existencia en los alrededores de La Garganta de algunos niveles con nódulos arcillosos. La edad aquí es Llandover y medio-superior, a Wenlock superior. En esta zona no existen depósitos paleozoicos por encima de estas pizarras.

Formación Arenisca de Furada

Está formada por areniscas generalmente ferruginosas, que alternan con pizarras; las capas enriquecidas en Fe corresponden a los niveles más inferiores. Los tramos pizarrosos son bastante potentes formando un conjunto de espesor similar a las Pizarras de Formigoso. La edad de la formación abarca desde el Wenlock al Gediniense Inferior. El límite Silúrico-Devónico debe de situarse cerca del techo de la formación, oscilando el espesor total de ésta entre 150 y 250 metros.

3.1.4.- EL DEVÓNICO

Presenta una gran importancia en la región, aflorando únicamente en la Zona Cántabra, en cuya parte occidental aparece bien desarrollada la sucesión, haciéndose más incompleta hacia el Este. La serie aparece bien representada en la Unidad de Somiedo-Correcilla y su prolongación al Norte. Por otro lado, existen buenos afloramientos en el área de Avilés y su prolongación al NE.

Por encima de la Arenisca de Furada, cuyos últimos niveles corresponden ya al Devónico, aflora una serie integrada por calizas y dolomías que alternan con capas pizarrosas, presentando espesores de hasta 700 metros. Esta formación fué denominada por COMTE (1959) Complejo de Rañeces, distinguiéndose dentro de él los siguientes miembros:

Caliza de Nieva

Está constituida por un tramo basal formado por areniscas, calizas, margas, dolomías y pizarras, con un espesor del orden de los 50-100 metros. Sigue un tramo masivo de calizas grises con fauna, que caracteriza el Gediniense-Siegeniense. Este último tramo puede alcanzar hasta los 300 metros.

Calizas y pizarras de Ferroñes

A las Calizas de Nieva les sigue otro nivel calcáreo denominado Caliza de Ferroñes, caracterizado en su tramo basal por la presencia de dolomías con intercalaciones margosas y en la parte superior calizas margosas, margas y pizarras. Su edad es Siegeniense-Emsiense.

Calizas de Arnao

Es el último miembro del Complejo de Rañeces, habiéndose definido en la playa del mismo nombre, estando constituido por calizas escriníticas de tonalidades rojizas con abundante fauna que caracteriza al Emsiense Superior.

Caliza de Moniello

El mejor corte de la sucesión tipo Moniello aparece representado entre Arnao y Salinas, caracterizándose por bancos potentes de calizas grises con intercalaciones pizarrosas y margas. Desde el punto de vista paleontológico se diferencian dentro de la sucesión tres miembros: el inferior, caracterizado por una gran abundancia de braquiópodos, el miembro medio que presenta un gran desarrollo de calizas no estratificadas con predominio de organismos arrecifales ("organic build-up") y el superior, con calizas bien estratificadas alternando con niveles de braquiópodos, crinoideos y briozoos. La fauna permite atribuirle una edad Emsiense Superior-Couvinense. El espesor de la formación oscila entre 100 y 170 metros, llegando a alcanzar en otras zonas hasta los 300 metros.

Arenisca del Naranco

Por encima de la caliza de Moniello se dispone una formación detrítica con amplia representación en la Zona Cantábrica, que recibe la denominación de Arenisca del Naranco (ADARO JUNQUERA, 1916). La serie está integrada por areniscas blanquecinas o pardas con tramos ferruginosos y frecuentes intercalaciones pizarrosas, con una potencia que oscila en torno a 400-500 metros, siendo en general poco fosilífera. De acuerdo con los datos que se conocen del resto de la Zona Cantábrica su edad debe corresponder al Couvinense Superior-Givetense inferior.

Caliza de Candás

Es una serie fundamentalmente arrecifal, formada generalmente por calizas masivas de tonos grisáceos, algo margosa en tramos basales y arenosa en algunas zonas de techo. En los afloramientos más septentrionales aumenta la pizarrosidad y espesor hacia el NO, disminuyendo la fauna. La mitad inferior de la formación es toda ella Givetiana, perteneciendo los niveles calcáreo arenosos de techo al Frasniano Inferior. El espesor es de unos 200 metros.

Arenisca de Candás

La serie devónica termina con el nivel detrítico de las Areniscas de Candás. Dentro de la formación se pueden dividir dos tramos: uno inferior formado por areniscas rojas y blancas con lechos ferruginosos e intercalaciones pizarrosas, y el superior integrado por areniscas y cuarcitas blancas muy características que recuerdan a las cuarcitas de Barrios.

Estas areniscas afloran fundamentalmente a lo largo de tres sinclinales NE-SW, con espesores que oscilan entre 250 y 400 metros, aumentando hacia el NW. Su edad es Frasniano Superior-Fameniano.

3.1.5.- CARBONIFERO

Carbonífero Inferior

El Carbonífero Inferior aparece condensado en la Zona Cantábrica, no sobrepasando casi nunca los 30 metros de espesor. La primera unidad litoestratigráfica correspondería a la Caliza Griotte, aflorando en algunos puntos por debajo de la misma la denominada "Formación Baleas", que representa una edad de tránsito del Devónico al Carbonífero. En otras zonas no se observa la presencia de esta formación, lo que hace suponer que entre la Arenisca de Candás y la Caliza Griotte existe una laguna estratigráfica que comprende probablemente la parte alta del Fameniano y el Tournaisiense.

La Caliza Griotte está formada por un nivel de calizas rojas nodulosas alternando con pizarras del mismo color, siendo una sucesión muy condensada, con un espesor que oscila entre 25 y 30 metros, manteniéndose constante y característico en toda la región. La edad es Viseense.

Namuriense (Caliza de Montaña)

Por encima de la Serie Griotte aparece un nivel de calizas grises, masivas, fétidas, con tramos dolomitizados y normalmente

azoica. En general, a la formación se le atribuye edad Namuriense, aunque la escasez de fauna por un lado y las variaciones litológicas de la unidad por otro, hacen muy difícil precisar su límite superior, manteniéndose que la serie pizarroso calcárea que aflora por encima señala el tránsito Namuriense-Westfaliense. Su espesor máximo alcanza los 430 metros.

Encima de la Caliza de Montaña se disponen series de pizarras alternando con areniscas de carácter turbidítico.

Westfaliense

Está formado por series potentes de pizarras oscuras en alternancia con areniscas calcáreas, constituyendo secuencias irregulares; en algunos tramos presentan intercalaciones de capas de carbón. Cita la presencia de flora, su edad es Westfaliense A y B, identificándose hasta Westfaliense C. La separación Namuriense-Westfaliense es problemática en esta zona.

El Estefaniense se halla representado de manera discontinua en la Cordillera Cantábrica, sin que sus depósitos guarden relación espacial con yacimientos de oro.

3.1.6.- TERCARIO

Aparece representado fundamentalmente en afloramientos aislados entre los que destacan las zonas de La Espina, Pola de Allande, Cangas del Narcea, Tineo, así como en pequeñas manchas en Begega y Millera. En todos los casos, se dispone discordante sobre los materiales en que se apoya.

En la zona de Oviedo se han distinguido tres tramos: uno basal formado por arcillas, margas y margas arenosas, un segundo tramo calcáreo y el tercero por conglomerado con intercalaciones arenosas con un espesor de 140-170 m.

En la zona de Grado presenta conglomerados, arenas, margas y lechos de pudingas con alternancia irregular, aflorando por encima arcillas de tonos claros (200-300 m.).

En el resto de las zonas, los materiales son siempre detriticos (arenas y conglomerados).

3.1.7.- PLIOCUATERNARIO Y CUATERNARIO

Los depósitos actuales se caracterizan por su gran heterogeneidad litológica, pudiendo distinguirse: depósitos fluviales (aluviones y terrazas), depósitos gravitacionales (coluviones), y diversos o indiferenciado.

Entre los depósitos fluviales destacan los aluviales del Nalón, Narcea, Cubia, etc., constituidos fundamentalmente por conglomerados heterogéneos con matriz arcillosa. Asimismo en los ríos Nalón, Narcea y Cenizo destaca la presencia de un sistema de terrazas encajadas en la rasa.

3.2.- SINTESIS ESTRUCTURAL

Dentro de la región hay que destacar como una de las estructuras fundamentales, ya mencionada, el Anticlinorio del Narcea, que separa dos dominios paleogeográficos y estructurales distintos, (Zona Astur Occidental Leonesa y Zona Cantábrica) según se dispongan al Oeste o al Este de la citada estructura.

3.2.1.- ZONA ASTUR OCCIDENTAL LEONESA

3.2.1.1.- Fases de Deformación

En la Zona Astur Occidental Leonesa las estructuras tienen su origen fundamentalmente en una deformación desarrollada en tres fases durante la orogénesis hercíniana.

La primera fase de deformación da lugar a pliegues vergentes al Este, con flanco inverso conservado y acompañados por una esquistosidad de flujo. Estas estructuras van perdiendo importancia de Oeste a Este, hasta desaparecer en la zona Cantábrica. Los pliegues son en general asimétricos, cilíndricos y de morfología tipo similar o chevrón; los ejes son subhorizontales y con dirección aproximada NNE-SSW. La esquistosidad de flujo relacionada con los pliegues es en general muy penetrativa.

La segunda fase de deformación origina cabalgamientos y estructuras menores asociadas, como son pliegues y esquistosidades de crenulación. Los cabalgamientos se disponen en general NNE-SSW cortando a las estructuras originadas durante la primera fase y con

una continuidad, en algunos casos, superior a los 50 Kms. Algunos cabalgamientos llevan asociadas estructuras menores, desarrolladas exclusivamente en los materiales próximos y deformados por pliegues asimétricos de reducido tamaño, con morfologías tipo "kink" o "chevron", acompañados por esquistosidad de crenulación. En general los cabalgamientos cortan a los pliegues de primera fase y están deformados, junto con ellos, por las estructuras de tercera fase.

La tercera fase de deformación hercínica da lugar a un replegamiento general, siendo sus efectos difíciles de detectar debido a las deformaciones anteriores, siendo esta fase la principal responsable de la mayor parte de las grandes estructuras que se observan en la cartografía actual. Los pliegues originados son de dimensiones variables, con amplitudes que oscilan de Kms. a micropliegues, normalmente acompañados por esquistosidad de crenulación. Presentan planos axiales verticales o inclinados hacia el Este, siendo por tanto una fase "retro", es decir con vergencia dirigida al interior de la cordillera.

Los grandes pliegues de fase 3 sólo son observables a escala cartográfica. Los pliegues menores varían mucho según la naturaleza de los materiales sobre los que se desarrollan: así, dentro de las Pizarras de Luarca se ven estructuras tipo kink-bands y crenulaciones subhorizontales que llegan a ser muy penetrativas. En general, estos pliegues desarrollan una esquistosidad de crenulación que produce un fuerte replegamiento de la esquistosidad primaria, salvo en los niveles de baja ductilidad donde la esquistosidad es de fractura.

Posteriores a las tres fases principales de deformación hercínianas, existen una serie de deformaciones menores que producen pocas modificaciones en la estructura general; entre ellas destacan pliegues laxos con traza axial aproximadamente NW-SE, que serían los causantes de los cabeceros de los pliegues originados durante la primera fase de deformación. Otras estructuras posteriores a las fases principales son una serie de diaclasas y fallas radiales con respecto al arco que describen las estructuras hercínicas. Los sistemas principales definidos son N-40-50°E y N-110-130°E, con desarrollos en longitud extensos. Otras deformaciones corresponden a fallas longitudinales, aproximadamente N-S, subparalelas a las estructuras hercínianas. Por último, en algunos puntos de la costa se observan fallas de décrochement, relativamente pequeñas, con superficie axial vertical y movimiento levógiro.

3.2.1.2. - Principales Estructuras

Dentro de la Zona Astur-Occidental Leonesa destacan de Oeste a Este las siguientes estructuras en el área considerada en el proyecto:

Cabalgamiento de Barayo:

Está situado a lo largo del flanco izquierdo del Anticlinal de Villayón, extendiéndose desde la playa de Barayo hasta la Sierra de Carondio y separando zonas con marcadas diferencias en la sucesión estratigráfica. En su tramo septentrional, el cabalgamiento mantiene un paralelismo con los materiales cabalgados, lo que hace que en estas zonas pueda pasar desapercibido. Hacia el Sur (a partir de la Sierra de Carondio) el cabalgamiento pone en contacto materiales de igual naturaleza, haciendo difícil su reconocimiento.

Cabalgamiento o Falla de Allande:

Es una estructura que destaca dividiendo la zona en dos sectores: al Oeste, integrado por estructuras esencialmente monoclinales, presentando las capas generalmente una inclinación al Oeste, y el Este en que la estructura se hace más compleja, estando formada por pliegues anticlinales y sinclinales dispuestos dentro de un gran sinclinorio, que presenta su flanco occidental truncado por el cabalgamiento de Allande. Constituyendo en gran parte el límite Oeste de los materiales precámbricos del Antiforme, teniendo un trazado irregular llegando a laminar totalmente los términos del Cámbrico Inferior y Medio (Cáñada, Vegadeo).

Antiforme del Narcea

Es una gran estructura en cuyo núcleo aflora la sucesión precámbrica. En principio, se consideró como una estructura simple de primera fase, evidenciando los trabajos más recientes la existencia de una mayor complejidad.

La primera fase de deformación hercínica en este área se manifiesta principalmente por la presencia de esquistosidad primaria que, mientras en la parte occidental es claramente de flujo, en la parte oriental se manifiesta microscópicamente como de fractura. Deformando a la esquistosidad primaria se desarrollan los pliegues de la tercera fase hercínica que condicionan en gran parte la estructura del Antiforme. Asimismo, el metamorfismo regional disminuye en general de Oeste a Este.

Falla de Vallina:

Es una gran fractura, con dirección ONO-ESE, localizada al Sur de Cabo Vidiño, apareciendo su trazado recubierto, en parte, por los depósitos de la rasa. Asimismo, fue reconocido en la plataforma continental en una longitud del orden de los 100 Km.,

Cabalgamiento de La Espina:

Es un gran cabalgamiento NNE-SSSE que se extiende desde la zona de La Espina a las proximidades de Cudillero, que divide el área en dos partes con características diferentes. La parte Este

corresponde a la Zona Cantábrica, cuya estructura viene caracterizada por una serie de escamas y mantos de despegue que son deformados posteriormente por dos sistemas de pliegues entrecruzados, originando en zonas figuras de interferencia. Al Oeste del cabalgamiento existe un mayor desarrollo de la esquistosidad y metamorfismo de bajo grado.

3.2.2.- ZONA CANTÁBRICA

3.2.2.1.- Características Estruturales y Fases de Deformación

En la zona Cantábrica la estructura general está constituida esencialmente por una serie de escamas y mantos de despegue que son deformados posteriormente por dos sistemas de pliegues: uno que dibuja el Arco Asturico y otro con disposición más o menos radial; ambos sistemas se entrecruzan dando lugar en algunas zonas a figuras de interferencia.

La estructura hercínica en esta zona está formada, en líneas generales, por un gran sinform en cuyos dos flancos aflora la cuarcita ordovicica, desarrollándose dentro de él un buen número de pliegues, tres de los cuales conservan en su núcleo las areniscas del Devónico Superior y el Carbonífero.

De la disposición actual de los pliegues se aprecia una vergencia general hacia el Este, marcada especialmente en el área de Cabo Vidrias, atenuándose hacia el SE, pasando los pliegues a tener plano axial vertical.

3.2.2.2.- Principales Estructuras

Dentro de esta zona se distinguen como estructuras principales las siguientes, relacionadas de Oeste a Este:

- Frente de Cabalgamiento de Pravia.

Se dispone en forma de escama del Cabalgamiento de La Espina, con una dirección NE-SW, extendiéndose desde el área de La Espina hasta la costa en las proximidades de Pravia. Pone en contacto a los materiales cámbicos cabalgantes con materiales devónicos que forman la serie cabalgada.

– Sinclinorio de Corias-Villazón y Frente de Cabalgamiento Pedroiro-Sollera.

El sinclinorio de Corias-Villazón está formada por varias estructuras anticlinales y sinclinales NNE-SSW, vergentes al Este, y delimitadas hacia el NW por el Cabalgamiento de Pravia, dejando al Este los anticlinales cámbrico-ordovícicos de las Sierras de Pedroiro y Sollera, que presentan su flanco oriental mecanizado por el frente cabalgante del mismo nombre, que relaciona depósitos cámbrico-ordovícicos-devónicos con materiales carbonífero-devónicos que formarían la serie cabalgada.

En la terminación periclinal del sinclinal de Villazón se encuentran los afloramientos granodioríticos de Arcellama, Godán y Carlés, emplazados en materiales silúrico-devónicos, y que tienen asociadas mineralizaciones de Au, Cu, As, Bi de interés.

– Anticlinal de la Sierra del Courio

Al Sur de la zona plegada anterior se encuentra una larga estructura anticlinal de eje SSO-NNE, con núcleo de la Formación Herrería en su parte Sur y de dolomías del Láncara en la parte más septentrional. El eje tiene fuertes cabeceos en dirección que hace que en el núcleo no llegan a aflorar las dolomías y esté formado por materiales del Oville. En la parte central, y con una alineación aparente SO-NE, se encuentra una serie de afloramientos granodioríticos (Boinas, Villaverde, Santa Marina, La Grueba).

3.2.3.- DEFORMACIONES POSTHERCÍNICAS

Las deformaciones desarrolladas durante el Mesozoico y Terciario corresponden a una tectónica de fallas. Son fracturas de plano próximo a la vertical, teniendo el sistema más importante una dirección WNW-ESE. (N-110°).

Sus movimientos principales aparentes se producen durante el Mesozoico y Terciario, si bien pueden corresponder en su primer movimiento a una edad pérmitica o permotriásica, pero continúa su juego con posterioridad. Probablemente correspondan a fracturas antiguas del zócalo, reactivadas en fases hercínicas tardías.

Otras estructuras presentes son fracturas N-30°-40° que limitan algunos depósitos terciarios, y que pueden corresponder asimismo a reactivación de estructuras tardihercínicas.

3.3.- ROCAS IGNEAS

3.3.1.- ROCAS PLUTONICAS

Dentro de la región, la mayor abundancia de rocas plutónicas se encuentra en la Zona Astur-Occidental Leonesa, en la que se sitúan los stocks de Porcina, Salave y playa de Represas, constituidas por rocas básicas (gabros o dioritas, y en menor proporción noritas) a ácidas o intermedias (granodioritas y leucogranitos moscovíticos), así como los plutones de Boal y El Pato, formados por granitos de tendencia alcalina, de emplazamiento diapirico.

Estas masas están alejadas del área estudiada, teniendo asociados los stocks de Salave mineralizaciones de oro, con molibdeno y antimonio.

Las granodioritas de Salave y El Pato, fueron estudiadas por el método Rb-Sr datando el par biotita/roca total, obteniéndose para la granodiorita de Salave una edad absoluta de 287 ± 8 M.a., y para la de El Pato $284 \pm$ M.a., por lo que pueden considerarse estas edades como de emplazamiento, encajando dentro de los "Young Hercynian Granites".

En la Zona Cantábrica, los granitos de Arcellana y Carlés constituyen una serie de pequeños stocks de rocas ricas en biotita, a veces de tonos oscuros, siendo su composición de granodioritas a granogabros (en el stock de Carlés) y granodioritas o cuarzodioritas en el de Arcellana. Estos granitos se consideran como pertenecientes a una serie calcoalcalina posttectónica de origen infracrustal y edad hercínica tardia.

Al Sur de éstos, en la Sierra del Coudio, se extienden una serie de apuntamientos de granitos, granodioritas, gabros y leucogabros, en distribución que probablemente guarde relación con fracturas de zócalo, que no desarrollan aureola de metamorfismo o ésta es muy reducida. En todos los casos, los límites entre los stocks y el encajante son limpios e irregulares.

3.5.2.- ROCAS VOLCANICAS

Existen afloramientos volcánicos que se localizan dentro de materiales cámbicos y ordovícicos. Así, dentro de la Serie de Los Cabos e incluso en las calizas y dolomías de la Fm. Vegadeo existen diversos afloramientos de rocas verde oscuro que dada su composición mineralógica y su textura relictiva puede considerarse

como diabases. En otros casos, principalmente a techo de la Fm. Vegadeo y parte baja de la Serie de Los Cabos (pizarras verdes) los depósitos sedimentarios tienen una elevada componente volcánica como detritico.

Otros afloramientos volcánicos son los localizados a lo largo del valle del río de Navelgas, apareciendo interestratificadas en las Pizarras de Luarca. Están formados petrográficamente por rocas basálticas en las que normalmente se reconoce su textura diabásica o subofítica.

En cualquier caso, la presencia de rocas volcánicas interestratificadas en la serie únicamente se ha constatado en la Zona Astur Occidental Leonesa.

4.- INVESTIGACION DE YACIMIENTOS

En el conjunto de la Cordillera Cantábrica, la frecuencia de aparición de indicios de oro se encuentra claramente asociada a la Zona Astur Occidental Leonesa, en tanto que para la Zona Cantábrica las referencias disponibles (9) se circunscriben a la Sierra del Courio-Begega y los batolitos de Arcellana-Carlés. Esto ha hecho que se asimilen normalmente los yacimientos de oro a la Zona Astur Occidental Leonesa.

Por otra parte, la presencia en esta zona de un elevado número de antiguas excavaciones, probablemente para beneficio de oro, sobre los niveles calcáreo-dolomíticos de la formación Vegadeo, a lo largo de la franja que va de Cadavedo (al N) a Pola de Allande, y continúa hacia el Sur, en las inmediaciones de la falla de Allande, ha hecho que se establezca una relación unívoca entre el oro y esta formación. No obstante, el grado de conocimiento actual de la región pone en evidencia que mineralizaciones auríferas pueden encontrarse en relación con distintas formaciones y litologías, hallándose tanto en las Areniscas de La Herrería (Cámbrico Inferior) como en Calizas de Vegadeo (Cámbrico Inferior-Medio), Serie de Los Cabos (Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior) y Pizarras de Luarca (Ordovícico Medio). La relación espacio-temporal con las calizas y dolomías de Vegadeo no es excluyente, por tanto, y únicamente puede hablarse de una relación espacial en una zona determinada, en función de una confluencia de una serie de factores, aparentemente ligados a la mineralización, y favorecido por la mayor afinidad receptora de los términos calcáreos.

En lo que respecta a la Zona Cantábrica, los yacimientos que han sido objeto de explotación, en el pasado, y de investigación, en épocas recientes o en la actualidad, se encuentran en relación directa con apuntamientos graníticos o granodioríticos o gabroicos, o en áreas inmediatas a ellas. La afinidad litológica no es aquí significativa, por cuanto están afectadas tanto areniscas, cuarcitas, calizas y dolomías, como las propias intrusivas. De la misma forma, no existe una adscripción estratigráfica definida, estando afectados terrenos del Cámbrico al Devónico.

Si debe consignarse que los indicios existentes aquí presentan una mayor concentración espacial, en tanto en la zona Astur-Occidental Leonesa la repartición geográfica es mucho más amplia.

4.1.- ZONA ASTUR OCCIDENTAL LEONESA

Dentro de esta zona el número de indicios existentes es muy elevado, comprendiendo, como ya se ha indicado, diversas litologías y la práctica totalidad de los términos de la columna estratigráfica como rocas portadoras o encajantes.

Desde el punto de vista petrológico, debe señalarse la presencia de un cortejo de intrusiones relacionadas con fracturas, lo que determina su disposición alargada formando diques, en algún caso kilométrico en dirección, de anchura variable inferior normalmente a los 100 m. La existencia de una fractura o sistema de fracturas paralelas hace que se constituya una zona de brechificación de la roca encajante, que es aprovechada por la intrusión para instalarse. En aquéllos casos en que el intrusivo no se materializa por su emplazamiento, la zona de fracturación y brechificación asociada sí puede verse afectada por los procesos hidrotermales que la utilizan como ámbito de transporte de soluciones. El hidrotermalismo se manifiesta por una serie de alteraciones (sericitización, albitización, cloritización, silicificación, carbonatización, aurificación) de las que pueden estar de manifiesto una secuencia completa o bien solo algunas de ellas, por no coincidir sus zonas de afectación o las intensidades de cada uno de los procesos respectivos, que, a su vez, pueden superponerse a procesos de alteración diagenética (dolomitización) sobre litologías carbonatadas.

Dentro de esta zona se han estudiado dos sectores, correspondientes a las antiguas labores de Navelgas y Abaniella (Iboyo), como más representativos del conjunto. Ambos están situados sobre la banda carbonatada de la Fm. Vegadeo, en las inmediaciones de la Falla de Allande, y corresponden a dos contextos diferentes aunque con algunos elementos comunes.

4.1.1.- SECTOR DE AGÜILLELLA (Planos nºs. 1-2)

4.1.1.1.- Situación

Se encuentra situada en el término municipal de Allande, en Asturias, dentro de la Hoja del M.I.H. 1:50,000 nº50 Congas de Narcea. Las coordenadas correspondientes son:

Lambert	360,400-964,700
Geográficas	6° 38' Longitud O. Greenwich
	43° 13' 20" Latitud N.

4.1.1.2.- Antecedentes

La existencia de una antigua excavación se tiene a partir del Peñón de Iboyo es conocida de antiguo, estando citada por PAILLETTE (1852) que menciona la presencia de una diorita porfiroide. Las referencias bibliográficas posteriores adoptan ésta, y, en algún caso, hacen una descripción más detallada de las características geológicas.

Sobre la zona no existe ningún tipo de actividad desde la correspondiente a la excavación, presumiblemente de época romana, hasta el inicio de las investigaciones llevadas a cabo por Riotinto Minera a lo largo de la década de los 70 que comprendieron bateas de sedimentos, prospección geofísica, calizadas y nódulos. Despues de un período de inactividad, durante 1985 IRD-Hinere de España ha vuelto a reiniciar la investigación en esta zona.

La escasa atención explotadora prestada a esta zona hace que las referencias disponibles sean escasas.

4.1.1.3.- Contexto Geológico

Dada su situación dentro de la Zona Beticu-Occidental-Leonesa, la serie estratigráfica paleozoica se caracteriza por tener un gran desarrollo de Cámbrico y Ordovícico Inferior, faltando Devónico y Carbonífero. En las partes altas, sobre una superficie de arrasamiento, quedan restos de depósitos continentales Terciarios (arenas, gravas conglomeráticas).

Precámbrico (Pizarras del Narcea)

Se encuentra inmediatamente al Este de la Falla de Allande, que sirve de límite occidental al Anticlinorio del Narcea. Es una alternancia de pizarras y areniscas, con intercalaciones de potencia variable de porfirooides derivados de rocas volcánicas y vulcanodetriticas, ácidas e intermedias, que lateralmente pasan a areniscas feldespáticas con cristales de morfología volcánica y matriz con clorita y albita.

Cuarcita de Cándana (Cámbrico Inferior)

Debido a la estructura del flanco oeste del Anticlinorio del Narcea, con la Falla de Allande como límite, esta formación, que constituye la base del Paleozoico, se encuentra incompleta presentándose únicamente los términos más altos de la misma, o llegando a faltar totalmente. Los niveles que afloran consisten en areniscas feldespáticas de grano grueso, en alternancia con pizarras que van haciéndose progresivamente margosas a medida que se acerca la formación carbonatada inmediata.

Caliza de Vegadeo (Cámbrico Inferior-Medio)

Las condiciones de afloramiento son muy defectuosas, lo que unido a la dolomitización epigenética impide el reconocimiento de estructuras.

Se han definido tres miembros:

- Inferior, constituido por una alternancia de calizas, pizarras margosas y areniscas carbonatadas, en facies de tránsito desde la Cuarcita de Cándana, y presentando oolitos y arqueociatos.
- Medio, con calizas dolomitizadas beiges, con manchas de impregnación de óxidos de hierro y manganeso, con fuerte recristalización y silicificación.
- Superior, con calizas dolomíticas grises a beiges, claras, con recristalización irregular y fuerte silicificación.

Las dificultades de afloramiento no permiten dar una serie detallada.

En la zona de la corta de Abaniella las calizas y dolomías están prácticamente sustituidas por otros materiales, sobre todo por rocas intrusivas, existiendo asimismo una fuerte brechificación y silicificación, todo ello en penetración a través de las fracturas longitudinales desarrolladas en la terminación perianticinal de Iboyo. Ello hace que las calizas o dolomías sean difícilmente reconocibles.

Serie de Los Cabos (Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior)

Esta potente formación detrítica, que se dispone en posición monoclinal hacia el O, está constituida por una alternancia monótona de areniscas cuarcíticas y cuarcitas, con delgados interestratos pizarrosos.

En la parte basal se encuentra un nivel de pizarras verdes, en transición desde la formación carbonatada inferior, formado por lechos pizarrosos con delgadas intercalaciones areniscosas, más frecuentes hacia techo. Existe una frecuente participación volcánica.

Estructuras

En el área de Iboyo se encuentra la terminación perianticinal de un pliegue N-S, aproximadamente cilíndrico, asimétrico y de vergencia al Este, con eje pinchando al Norte, lo que hace que la estructura del pliegue se pierda en esta dirección.

Como se ha indicado, la principal estructura presente es la Falla de Allande, cabalgamiento que se extiende de N a S a lo largo de más de 100 Km. y que constituye el borde occidental del Anticlinorio del Narcea. Su trazado cartográfico es sensiblemente paralelo a las estructuras precedentes prácticamente N-S en esta zona, girando a 20-30° hacia el Norte. El plano de fractura tiene leves inflexiones que producen localmente una laminación de parcial a total de las Cuarcitas de Cándana y en algún caso, de las Calizas de Vegadeo, poniéndose en contacto la Serie de Los Cabos con los materiales precámbricos directamente.

4.1.1.4. - Labores Mineras

La corta de Abaniella o Iboyo está situada sobre la ladera Norte del Peñón de Iboyo, en la vertiente sobre el arroyo de Abaniella, teniendo su eje mayor orientado N-S, coincidiendo con las direcciones de las formaciones geológicas y la línea de máxima pendiente topográfica. Tiene una longitud de unos 400 m., una anchura media de 50 m. y profundidad de 20 m., lo que representa un volumen removido de 400.000 m³. Era abastecida de agua por dos canales procedentes del Oeste.

En el laboreo en su época de explotación se evitaban los materiales más duros, quedando como relictos a lo largo de la corta un crestón de dolomía frecuentemente silicificada. Se ha encontrado una pequeña galería que se supone correspondía a una labor auxiliar de la explotación para hundir los bancos más duros.

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años no han representado un incremento en el volumen de labores existentes,

ya que, salvo la ejecución de tres calicatas transversales, no se ha realizado movimiento de tierras.

4.1.1.5.- Reconocimiento de superficie

Toda la corta y su entorno se encuentra cubierta de suelo, material caído de las paredes y una espesa vegetación que imposibilitan la observación. Únicamente en los puntos de las antiguas calicatas pueden hacerse reconocimientos directos.

Los materiales afectados por la corta corresponden, estratigráficamente, a las Calizas de Vegadeo y las pizarras verdes de la base de la Serie de Los Cabos. Se ha hecho mención anteriormente a la fuerte alteración epigenética del tramo carbonatado, con dolomitización y silicificación, llegando a producirse una sustitución completa por sílice. La presencia de fracturas longitudinales hace que se produzcan fenómenos de brechificación y se destruye la continuidad de los materiales, sin que puedan hacerse correlaciones entre calicatas.

Las dolomías iniciales, beige a ocres, ankeríticas, están intensamente sustituidas por sílice que conserva los óxidos de hierro (AB-2/3/4/12); frecuentemente existe lixiviación de sulfuros o minerales metálicos, quedando una textura coquerosa residual (AB-8/9/10/11), con óxidos de hierro pulverulentos o en películas superficiales. Son frecuentes las venillas o filoncillos de cuarzo, de espesor milimétrico, generalmente paralelos o subparalelos a las directrices N-10-20°; estos filoncillos pueden engrosar lateralmente y conformar boudins de cuarzo (AB-5).

Las brechas tienen cantos de dolomía silicificada o cuarzo, englobados en cemento dolomítico a síliceo, con lixiviación avanzada (AB-6/13/14).

La parte más alta de la serie reconocible corresponde a las pizarras verdes. Se presentan finamente laminadas, con bandas delgadas de dolomía, y un elevado contenido en material volcánico, llegándose en algún caso a ser una roca de carácter totalmente efusivo (diabasa). Es frecuente la pirita finamente dispersa, así como los filoncillos de cuarzo y zonas talcosas.

Hacia la parte inferior de la corta aflora un macizo de gabro (s.l.) inalterado, que fué reconocido asimismo en los sondeos realizados (AB-1).

4.1.1.6.- Estudios Realizados

Petrografía

En las muestras de roca correspondientes a la Corte de Abaniella (Iboyo), clave petrográfica y geoquímica AB-1 a AB-14 y V-3/4/16/18, se han estudiado dos tipos litológicos diferentes. El primero corresponde a rocas de carácter claramente ígneo y el segundo a rocas sedimentarias silíceas derivadas de epigénesis y transformación hidrotermal.

Rocas Igneas. Los tipos que se encuentran en Abaniella son siempre de composición gabroica (plagioclasas, hornblenda parda y piroxenos como gases principales), con tendencias texturales diabásicas (y a veces algo doleríticas). Constituye un tipo petrográfico-textural muy diferente de las que aparecen en la Corte de La Grueba (Sierra del Courio). Aunque las rocas han sufrido una epidioritización incipiente, manifestada por la aparición de anfíbol secundario, los procesos de alteración más importantes corresponden a sericitización, cloritización y carbonatización, con sulfuros asociados en los dos últimos casos. Puede considerarse la probabilidad de que estas rocas ígneas se hayan emplazado en su posición actual con los procesos de alteración (sericitización, cloritización, albitización) ya incorporados en su anterior posición en profundidad.

La paragénesis de la alteración corresponden a asociaciones profiliticas (MEYER Y HEMLEY, 1969), aunque en el caso de que la sericitia fuese de tendencia fengítica, la asociación podría corresponder a la alteración argillita intermedia. Las muestras de sondeos (AB-V-3 y AB-V-4) presentan alteración con paragénesis:

Arcillas+carbonatos+clorita+trutilo+sulfuros que corresponde sin lugar a dudas al tipo propiamente propilitico.

Rocas Siliceas. Las rocas silíceas de esta serie, clasificadas de forma muy variable, desde cuarcitas ferruginosas, arcillitas silíceo-ferruginosas, etc., se caracterizan porque en líneas generales el carácter cuarcítico, o más concretamente silíceo, viene marcado por procesos de silicificación ligados o no a brechificación, sobre rocas anteriores de naturaleza carbonatada y con carbonatos de posible naturaleza ankerítica.

La secuencia de procesos que pueden observarse en la mayoría de las rocas estudiadas es la misma, caracterizada por cuatro etapas principales:

- 1º Silicificación de carbonatos.
- 2º Recristalización parcial (granoblastización).
- 3º Fracturación.
- 4º Brechificación con relleno mineral.

Los rellenos minerales, en esta última etapa corresponden en parte a óxidos-hidróxidos de Fe. Es interesante resaltar que, en el proceso de silificación, el hierro del carbonato primario queda liberado y pasa a constituir una fase pulverulenta dentro de la trama silícea.

En la muestra AB-6 se observan las únicas anomalías geoquímicas poco importantes. Concretamente, los valores de oro son al menos 10 veces superiores a las restantes rocas silicificadas. Esta muestra petrográficamente corresponde a una roca con mayor brechificación y concentración de óxidos-hidróxidos Fe.

Estudios por microscopía de reflexión

Para el conjunto de las muestras estudiadas en microscopía de reflexión (AB-1/5/0/11), puede establecerse una diferenciación en base al contexto litológico respecto a los minerales opacos determinados.

- Roca gabroica (AB-1).- Se ha detectado la presencia de pirita y Calcopirita, como sulfuros. La primera parece controlada por fracturas y es claramente tardía. La Calcopirita a veces está reemplazada por Calcocita.

Como minerales de Ti se presentan dos Ilmenitas, la primera, precoz, reemplazada por silicatos o secundarios de Ti. La Ilmenita II, de grano fino, puede estar reemplazada por Anatase.

Se han visto algunas partículas que podrían (?) ser oro en huecos o depresiones de pulido.

- Rocas o cuarzos (AB-5/8/11).- Se pueden encontrar rocas con reemplazamiento de carbonatos originales por sílice (de 1^a generación) así como una sílice de relleno en fracturas (2^a generación).

Como minerales opacos se detecta Rutilo y algún Círcón idiomorfo, si bien los más abundantes son óxidos de hierro (Goetita seudomórfica de pirita-Lepidocrocita).

En cuanto al oro, se han observado partículas incluidas en el cuarzo de relleno de fisuras, con alta reflectividad y tamaños del orden de 1 micra, raramente alcanzando 6-7 micras, por lo que determinar precisamente que se trata de oro es difícil a nivel microscópico.

El estudio de inclusiones fluidas sobre cuarzos en que se halla contenido el oro (?) indica que se trata de una población no continua (su carácter bimodal no es claro), con un intervalo máximo entre 210-240°C para temperaturas de homogeneización.

Geoquímica de rocas

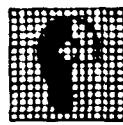
Los valores obtenidos en la litogegeoquímica para los distintos elementos considerados son los que se indican en el cuadro adjunto (4.1.1.6.-R).

En base a los datos analíticos y las características litológicas de las muestras, puede considerarse:

- El mayor contenido de oro guarda relación con muestras en las que existe densidad alta de vetillas con relleno de cuarzo.
- Los valores de Ag y Bi, por debajo de los límites de detección, hacen que deban desecharse como indicadores litogegeoquímicos en principio de cualquier tipo.
- Asimismo, los contenidos de Sb, Te y Hg son muy bajos sin tener significación litogegeoquímica.
- Los valores de Mo, si bien son más altos que en otros yacimientos de oro considerados, tienen una variabilidad que impide establecer algún tipo de relación con los contenidos de Au. Si debe señalarse la existencia de una correspondencia somera en el orden de valores de Mo y Cu, con una relación de orden de magnitud entre ambos elementos (a mayor valor de Cu, mayor valor en Mo), sin que ello represente una correlación o proporcionalidad lineal.
- El arsénico presenta valores ampliamente dispersos, pero muy bajos respecto a los existentes en otras zonas de la Cordillera Cantábrica, al Este del Antiforme del Narcea, en relación con mineralizaciones de oro.
- El Ba tiene valores muy dispersos, sin guardar ninguna relación con el resto de los elementos.
- Igualmente, Pb y Zn presentan valores bajos y muy erráticos, no siendo significativos.
- El Mn, con valores muy dispares no tiene tampoco relación alguna con el oro. Los valores más altos probablemente correspondan a pequeñas concentraciones supergénicas.
- No se observa aparente relación del oro con el resto de los elementos, si bien el número de muestra disponible es escaso y no es factible hacer un análisis factorial.

Geoquímica de suelos

La toma de muestras para geoquímica de suelos se ha realizado según un perfil transversal a las estructuras y la corte, emplazado en la parte más alta del Peñón de Iboyo, a fin de obviar las posibles contaminaciones de elementos metálicos derivadas de los trabajos de explotación y ulteriores reconocimientos. El espaciamiento de los puntos de toma fué de 50 m. en los extremos del



CUADRO: 4.1.1.6-R

SECTOR: ABANIELLA

IMINSA

GEOQUIMICA DE ROCAS (PPM)

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección.



CUADRO: 4.1.1.6-S

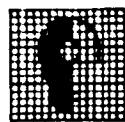
SECTOR: ABANIELLA

IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
AB-21	0,02	5	12	19	23	-1	3	156	5	1	0,2	2	-0,1
AB-22	0,01	12	5	17	128	-1	25	208	9	1	0,3	3	0,2
AB-23	0,04	4	1	8	36	-1	7	194	10	1	0,3	2	0,2
AB-24	0,04	5	9	24	38	-1	8	144	9	-1	0,3	3	0,1
AB-25	0,04	10	2	10	64	-1	16	152	6	1	0,4	4	0,4
AB-26	0,02	9	4	8	56	-1	9	112	-5	1	0,3	2	0,2
AB-27	0,01	10	3	7	67	-1	13	120	7	2	0,3	2	0,2
AB-28	0,02	20	9	22	72	-1	13	136	-5	1	0,2	4	0,2
AB-29	0,01	12	4	12	77	-1	10	105	-5	1	0,2	2	0,1
AB-30	0,04	18	2	16	145	-1	14	160	7	-1	0,2	3	0,2
AB-31	0,02	19	9	29	257	-1	6	142	6	1	0,1	3	0,2
AB-32	0,02	17	3	13	204	-1	13	150	9	1	0,3	3	0,1
AB-33	0,03	20	10	25	399	-1	17	150	7	2	0,3	3	0,2
AB-34	0,02	21	8	27	363	-1	18	170	-5	2	0,2	3	0,3
AB-35	0,03	18	4	24	506	-1	18	144	-5	1	0,4	3	0,2
AB-36	0,04	18	12	37	759	-1	13	220	-5	2	0,4	3	0-2
AB-37	0,02	10	1	23	1414	-1	55	144	-5	3	0,5	3	0,2
AB-38	0,04	9	1	19	895	-1	22	115	-5	3	0,4	3	0,2
AB-39	0,02	10	2	18	689	-1	30	112	-5	2	0,4	2	0,1
AB-40	0,05	25	11	23	621	-1	21	120	-5	2	,5	3	-0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección



CUADRO: 4.1.1.6-S

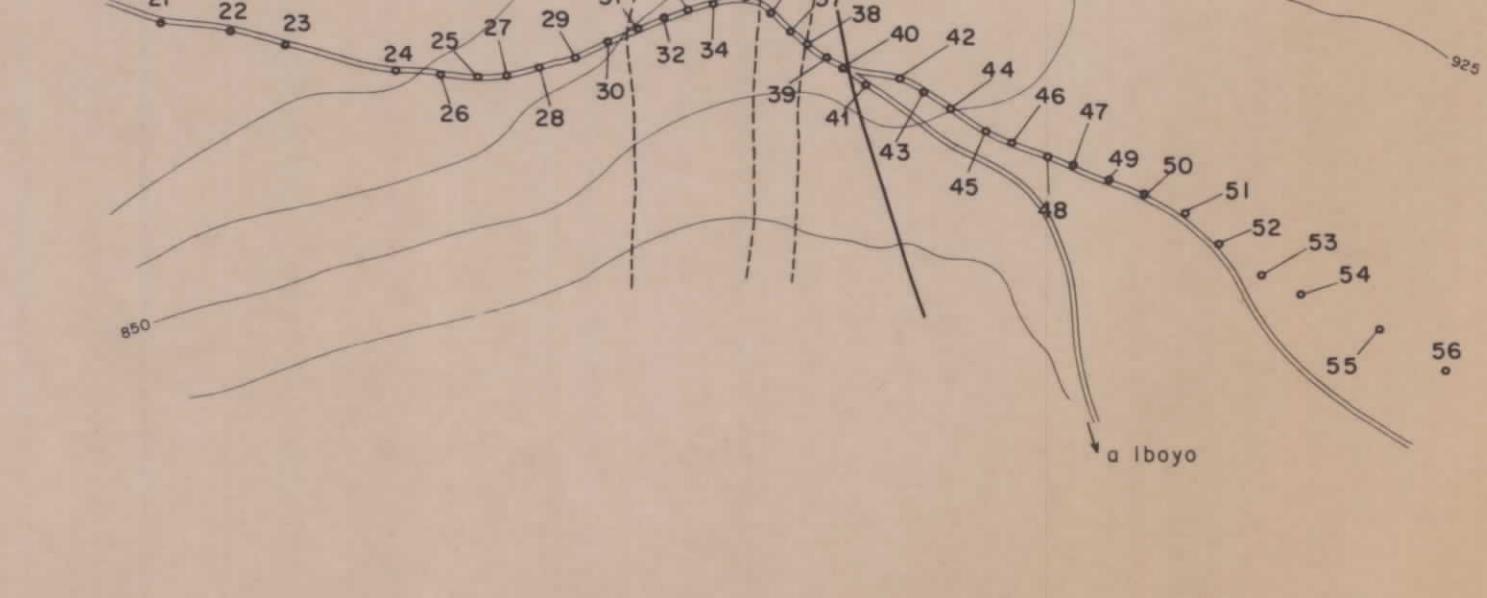
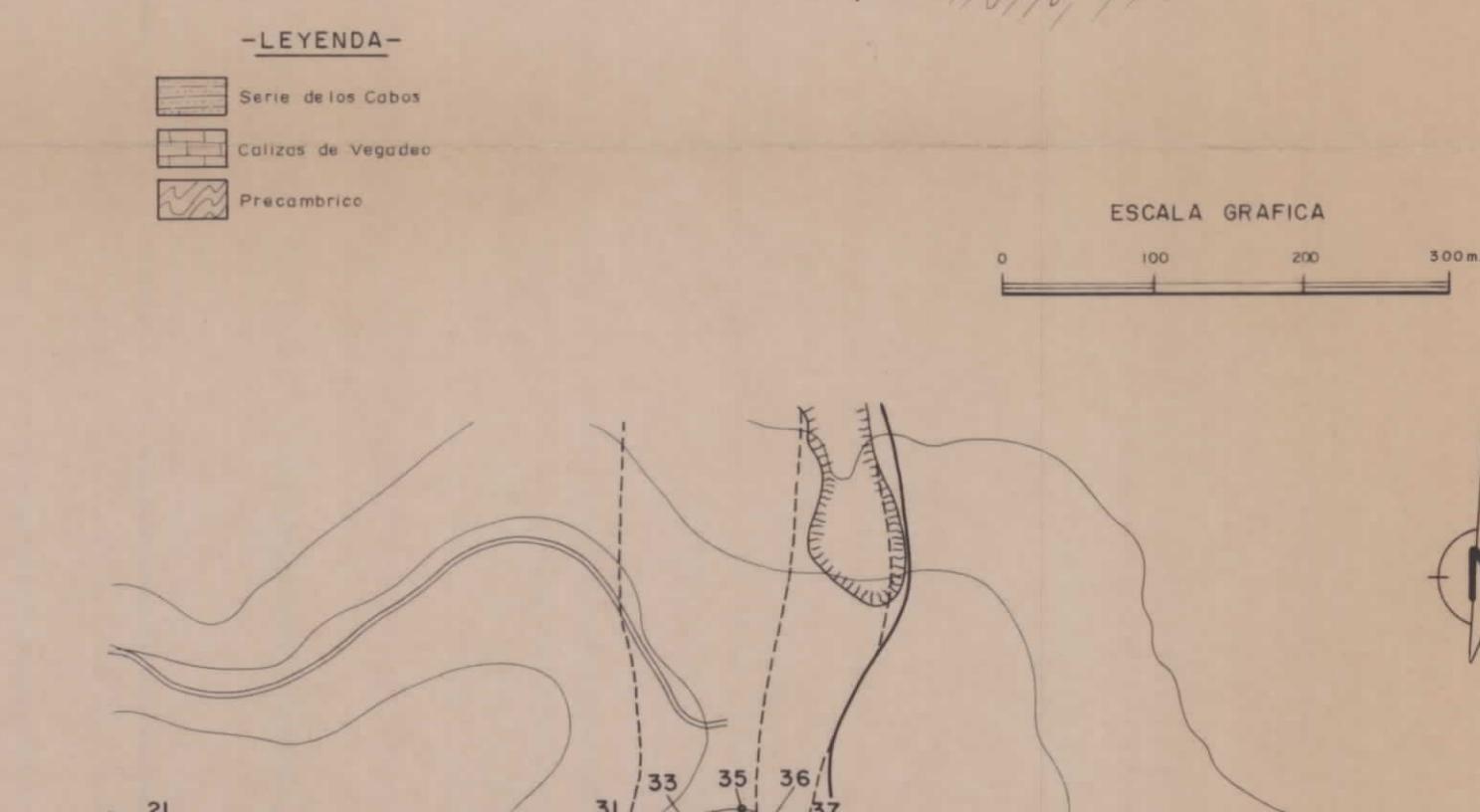
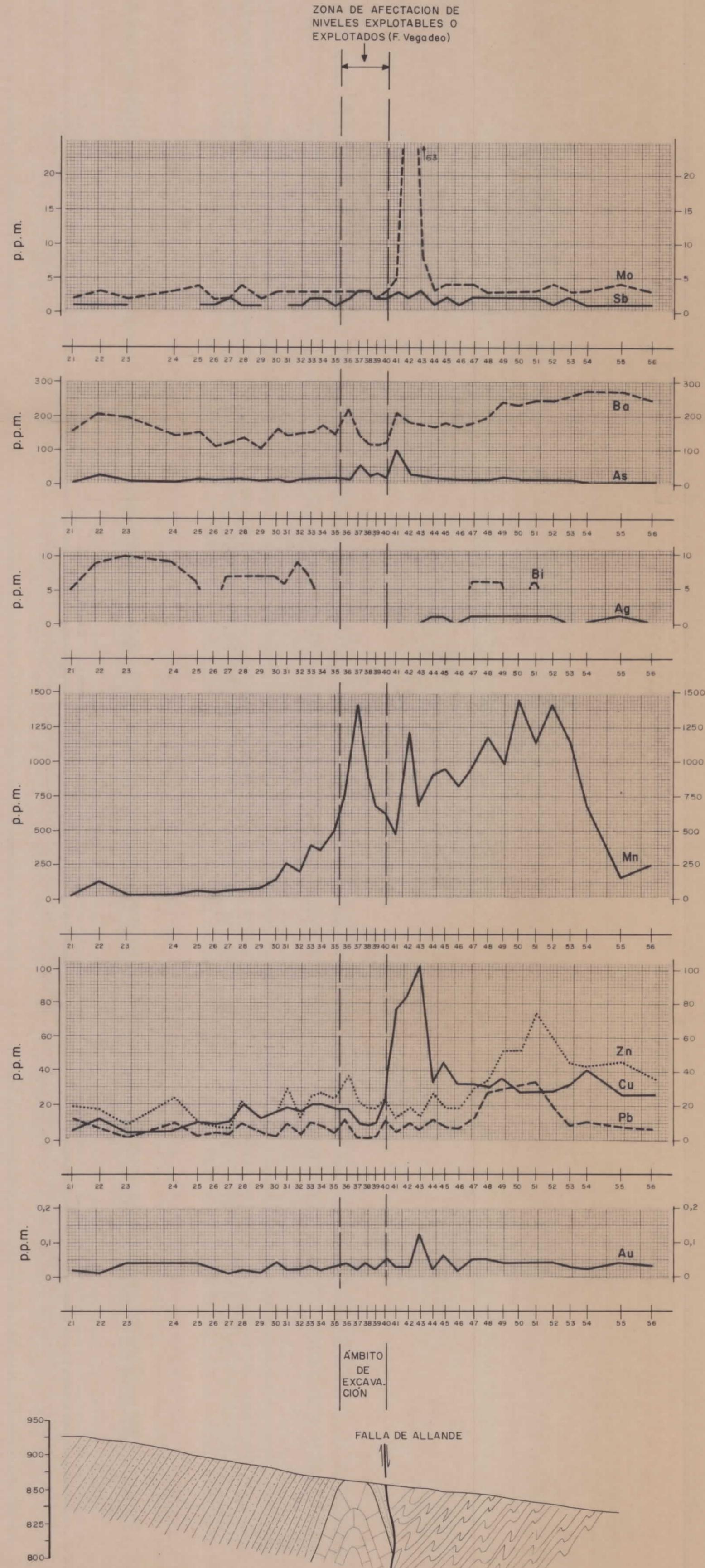
SECTOR: ABANIELLA

IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
AB-41	0,03	77	5	14	479	-1	100	210	-5	3	0,4	5	0,1
AB-42	0,03	84	10	19	1.208	-1	29	180	-5	2	0,4	63	0,2
AB-43	0,12	103	6	14	685	-1	24	174	-5	3	0,3	8	0,2
AB-44	0,02	35	12	27	912	1	18	168	+5	1	0,3	3	-0,1
AB-45	0,06	45	8	19	942	1	18	180	-5	2	0,3	4	-0,1
AB-46	0,02	33	7	19	813	-1	15	170	-5	1	0,3	4	-0,1
AB-47	0,05	33	13	30	932	1	15	178	6	2	0,3	4	0,1
AB-48	0,05	31	28	35	1.190	1	16	200	6	2	0,2	3	-0,1
AB-49	0,04	36	30	53	990	1	19	242	6	2	0,2	3	-0,1
AB-50	0,04	28	32	53	1.452	1	14	235	-5	2	0,3	3	-0,1
AB-51	0,04	29	34	75	1.141	1	13	245	6	2	0,3	3	-0,1
AB-52	0,04	29	19	60	1.426	1	12	244	-5	1	0,3	4	0,1
AB-53	0,03	33	9	45	1.167	-1	13	158	-5	2	0,3	3	-0,1
AB-54	0,02	41	11	43	687	-1	7	275	-5	1	0,2	3	-0,1
AB-55	0,03	27	8	47	164	1	6	270	-5	1	0,3	4	-0,1
AB-56	0,03	27	7	36	248	-1	2	246	-5	1	0,3	3	0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección



perfil, 25 m. en la parte intermedia y 10 m. en la zona central, donde se dan fuertes variaciones litológicas.

La numeración de muestras es AB-21 a 56, figurando los datos analíticos en el cuadro adjunto 4.1.1.6.-8.

Los suelos, en general, están muy mal desarrollados faltando el horizonte B y encontrándose una mezcla de los horizontes A y C en 5-10 cm. de espesor. Las muestras se han tomado tamizando para separar la fracción gruesa.

Los valores obtenidos en el perfil realizado permiten considerar:

- Ag, Bi, Hg y Te se presentan con valores muy bajos, careciendo de validez desde el punto de vista de guía prospectiva, al no guardar tampoco ninguna relación con Au.
- Asimismo, el Sb aparece en contenidos de fondo muy bajos.
- Se marca una diferencia en los valores de fondo a un lado y a otro de la Falla de Allande. Así, en los materiales cámbicos Ba, Mn, Cu, Pb y Zn están en niveles inferiores a los que presentan sobre las pizarras precámblicas.
- El sector del perfil que corresponde al paso de los materiales sobre los que se ha centrado la explotación tiene valores de Pb, Zn y Cu inferiores al resto, marcando una regresión de fondo.
- El As, presente con valores bajos, no ofrece significación como guía prospectiva por no presentar relación con Au u otros elementos.
- Los valores altos hacia el E, a partir de las dolomías cámbicas, para el Mn pueden deberse a concentraciones en costras supergénicas derivadas de aquéllas por extensión topográfica.
- Muy próxima por el Este a la zona de ámbito de explotación se determina una anomalía para Au, Cu y Mo, no correspondiendo en campo a ningún dato de observación visible. Puede suponerse que es debida a una fractura paralela del sistema de la F. Allande mineralizada y no aflorante, no detectada en superficie.
- En base a los datos disponibles, y a expensas de un mayor contraste de confirmación con elementos tales como Cu y Mo, debe considerarse únicamente al oro como elemento de prospección geoquímica de suelos.

Mineralometría

Se han tomado dos muestras sobre los depósitos aluviales del Río Abaniella, en puntos situados entre esta localidad y la excavación de explotación, con espaciamiento respecto a ésta de 50 y 150 m. respectivamente y 10 l. de volumen.

La prospección a la batea se ha mostrado en esta zona como muy útil, principalmente para definir los límites de anomalías en la red hidrográfica, complementándose con bateas de sedimentos de laderas en los puntos de anulación de anomalías.

En las dos muestras recogidas, sobre las que se ha realizado concentración a límite en batea y separación por medios densos de las colas, se ha detectado un fondo de cuarzo y la presencia de apatito, rutilo, piroxenos, anfíboles, circones y esfena, hallándose los anfíboles en fase de alteración. En la muestra más próxima a la corta se han detectado tres gránulos de tamaños comprendidos entre 10 y 20 μ , no pesables, en tanto en la más baja únicamente se ha observado uno. Existen igualmente puntos diversos de alta reflectividad y tamaños inferiores a 10 μ no identificables en binocular.

Prospección geofísica

Si bien dentro del proyecto no se ha hecho aplicación, dentro de las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años, se han realizado seis perfiles de polarización inducida, todos ellos transversales a la dirección de las formaciones y estructuras, menos uno que se dispuso longitudinalmente sobre la corta. El objetivo era el detectar la posible existencia de masas de sulfuros que pudiesen estar asociados a la mineralización de oro.

Se encontraron pequeñas anomalías indicadoras de un cierto contenido en sulfuros, que carecían de importancia. Respecto a la estructura, la confirmó en parte, así como los contactos conocidos.

La falta de masas de sulfuros con entidad suficiente hace que la aplicabilidad de este método sea cuestionable.

Con posterioridad, se ha realizado una prospección magnetométrica en malla de 100x100 m. y toma de medidas cada 10 m., cubriendo desde el Peñón de Iboyo al Alto del Pozo, y separándose lateralmente lo suficiente para rebasar la Falla de Allande. La respuesta obtenida del método para su aplicación fiable en este yacimiento ha sido negativa, ya que los resultados marcan una "llanura magnética" sin variaciones significativas como anomalías.

4.1.2.- SECTOR DE NAVELGAS (Planos nros. 3-4)

4.1.2.1.- Situación Geográfica

Este sector se encuentra dentro del término municipal de Tineo, en la provincia de Asturias, dentro de la Hoja del M.T.N. nº 26-Boal, en las coordenadas:

Lambert 368,600-982,000
 Geográficas 6° 32' 40" Longitud O (Greenwich)
 43° 24' 30" Latitud N

4.1.2.2.- Antecedentes

En esta zona es conocida de antiguo la existencia de amplias excavaciones, centradas principalmente sobre las calizas y dolomías de la formación Vegadeo. PAILLETTE (1858) cita el hallazgo de una pepita de 54 onzas de peso con motivo de la construcción del camino nuevo a Luarca, así como otros hallazgos posteriores de pepitas de menor tamaño.

Si bien existen algunas referencias sobre trabajos realizados sobre 1920, no ha podido confirmarse este extremo ni por quién fueron hechos.

A finales de los años 40 volvió a hacerse denuncia minera sobre la zona y se comenzaron algunos trabajos, que tomaron auge a partir de 1950 al constituirse la Sociedad Aurífera Asturiana.

La Aurífera comenzó sus trabajos en la Cueva del Avilés, lavando las arcillas de relleno para beneficiar el oro contenido. Posteriormente, iniciaron trabajos mineros de interior, reconquistando en parte unos trabajos mineros allí existentes, de época imprecisa. Una vez en interior, realizaron diversas galerías y traviesas con objeto de situarse bajo las zonas más laboreadas en superficie.

Encontraron una zona de fractura en la que la presencia de oro fué confirmada mediante datos de análisis y de bateado de las muestras. Centraron los trabajos en esta fractura, profundizando un plano inclinado a un nivel -10 m. y haciendo diversas chimeneas y reconocimientos. En esta zona llegaron a obtener leyes de 14 gr. Au/Tm., con una media de 7-8 gr. Au/Tm..

Debido a que no pudieron seguir esta zona de brecha, por desviarse de la misma, y no haber encontrado mineralización en las

traviesas bajo los trabajos de superficie, abandonaron las labores de interior y se dispusieron a lavar los aluviones del Río Navelgas, en la Vega. Por emplear material (dragalina) inapropiado, y dado que los aluviones de la zona no son abundantes por el encajamiento del curso, los resultados obtenidos fueron negativos, abandonándose los trabajos en 1954 con la liquidación de la Sociedad.

Durante el tiempo en que estuvieron trabajando en interior tenían instalada una planta piloto de tratamiento en bocamina. El mineral arrancado, una vez machacado y molido, se pasaba por una mesa de plancha de cobre, en donde se sometía a amalgamación por mercurio, quedando retenido en éste el otro nativo contenido en el todo-uno. A fin de recuperar el oro asociado, en forma de minerales complejos, el rechace de la mesa de amalgamación se pasaba por una mesa de sacudidas en la cual se recogía junto con otros minerales pesados. Aún se conserva hoy una pila de estos concentrados de mesas en los restos del edificio de la planta piloto.

Coetáneos en el tiempo con los de Aurífera son los trabajos llevados a cabo en el río Bárcena, entre Bárcena del Monasterio y Riocastiello, donde de manera artesanal se aprovecharon los niveles más bajos de depósitos aluviales antiguos, que ya habían sido lavadas por los romanos, y en donde en los enriquecimientos basales se alcanzaron leyes de 13 gr/m³.

A lo largo del tiempo, en estos dos ríos se ha mantenido una tradición de buscadores que por bateado recuperaban oro fino de las arenas del cauce vivo en las épocas de estiaje.

Con posterioridad, Real Compañía Asturiana de Minas, a través de su filial CEMIM, S.A. denuncia la zona. En el mes de Octubre de 1972 realizó una campaña de toma de muestras para geoquímica en las redes de drenaje de los ríos Navelgas, Naraval y Bárcena, teniendo por objeto la determinación de posibles anomalías en Au para tratar de relacionarlas con la estratigrafía o accidentes de la región.

Si bien no se obtuvo ningún resultado positivo, o meramente indicativo en esta campaña, con determinaciones en todos los puntos inferiores a 0,1 ppm., los datos que se fueron recogiendo por observación directa o a través de los puntos en que se obtenía oro por lavado de sedimentos de los ríos, coincidían en que, en todos los casos, los hallazgos se producían aguas abajo de la barra de calizas y dolomías, al tiempo que el tamaño de las muestras recuperadas era creciente a medida que los puntos de toma se hallaban más próximos a ésta.

En vista de los resultados poco esclarecedores de la geoquímica de aluviones realizada, se decidió la reconquista de las antiguas labores mineras de la Aurífera para un reconocimiento completo y recoger el mayor número de datos sobre las características del yacimiento. El socavón de acceso se encontraba totalmente hundido, y la recuperación que trabajó. En interior el estado de las galerías era bastante bueno, existiendo dos quireras

menores que fueron levantadas, así como se desaguó el plano inclinado y nivel inferior. Sobre el conjunto de estas labores se hizo un elevado número de desmuestres. Cambios de orientación en la política empresarial de R.C.A.M. motivó el desinterés por la investigación, que se canceló en 1975.

4.1.2.3.- Contexto Geológico

Por estar situado en la Zona Astur Occidental Leonesa, la serie estratigráfica paleozoica se caracteriza por la presencia de Precámbrico, gran espesor de Cámbrico y Ordovícico Inferior y ausencia de Devónico y Carbonífero. Existen retazos en las partes altas de depósitos terciarios.

Precámbrico-Serie del Narcea

Constituye una franja alargada que se extiende de SSO a NNE, formando el Anticlinorio del Narcea. Es una serie monótona de alternancia de pizarras y areniscas cuarzo-feldespáticas, a veces con intercalación de términos grauváquicos o arcósicos, con cierta participación volcánica; localmente, pueden encontrarse niveles de porfiroides en la serie, constituidos por cuarzos y feldespatos englobados en matriz clorítica, con textura porfídica y esquistosa, y de origen volcánico.

Cuarcitas de Cándana (Cámbrico Inferior)

Esta formación es fundamentalmente detrítica, alcanzando una potencia de 1.500 m. Debido a la presencia de la Falla de Allande, subparalela a la dirección de la estratificación, se produce una decapitación de gran parte de la serie al Oeste de la fractura, que en algunos casos llega a ser completa. Inmediatamente al Este de la Falla de Allande se puede reconocer en su totalidad, estando constituida de muro a techo por:

- 120-200 m. Areniscas compactas, de grano medio a grueso, a veces ligeramente feldespáticas, bien estratificadas, con intercalaciones pizarrosas de débil potencia. En la parte baja se encuentra un nivel microconglomerático a conglomerático bastante continuo.
- 20-25 m. Dolomías pardas, de grano fino a medio, marrones a beiges, a veces ligeramente deleznables. Localmente presentan mineralizaciones de óxidos e hidróxidos de Mn y Fe, y en Muñalén se ha explotado barita con indicios de Hg.
- 40-50 m. Areniscas muy sueltas a arenas de grano medio, con matriz arcillosa, pardas amarillentas.

- 60-80 m. Pizarras verdes compactas, a veces ligeramente arenosas.
- 1100-1200 m. Areniscas compactas, groseras, ligeramente a muy feldespáticas en la parte inferior y pasando gradualmente a cuarcitas bien estratificadas, alternando con areniscas arcosicas, con interestratos arcillosos.

Calizas de Vegadeo (Cámbrico Inferior-Medio)

El tránsito de la formación anterior a ésta se realiza de manera progresiva, haciéndose las pizarras margosas y pasando las areniscas a tener cemento carbonatado. En conjunto, la serie de muro a techo es:

- 15-30 m. Dolomías amarillentas a beiges, finas, con cuarzo detritico y feldespatos aislados, ligeramente silicificadas.
- 20-35 m. Caliza dolomitizada gris, a veces ligeramente parda, muy recristalizada, sacaroidea, ligeramente ankerítica.
- 15-30 m. Dolomía de grano grueso, marrón oscura ankerítica, deleznable en superficie, con óxidos e hidróxidos de hierro abundantes.

Esta formación constituye el núcleo de las diversas excavaciones dispuestas en este sector, llegando hasta Treviñas.

Las características sedimentarias y primarias de la serie se encuentran totalmente enmascaradas por una dolomitización epigénica.

Serie de Los Cabos (Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior)

Está constituida por una potente serie (4.000 m.) de areniscas, areniscas cuarcíticas y cuarcíticas con pizarras intercaladas, en monótona sucesión.

La parte baja comienza por un delgado nivel de pizarras verdes finas, en el que progresivamente aumentan las intercalaciones centimétricas areniscosas. Este tránsito es gradual asimismo hacia la formación de calizas y dolomías, no existiendo un límite neto. Es de destacar aquí la fuerte y frecuente participación volcánica en forma de detriticos dentro de las pizarras o como interestratificados diabásicos en sills, constituidos por una roca granular de color verde, con presencia de fenocristales de hornblenda y manchas blancas de acumulación de plagioclásas.

No se ha apreciado relación genética entre estos materiales volcánicos y la presencia de metalización de oro.

Estructuras

La disposición general de la serie es de dirección N-30-60°, y buzamiento de 60-80° al O.

Se ha señalado anteriormente la presencia de la Falla de Allande que determina el límite occidental del Anticlinorio del Narcea, que tiene un trazado de dirección N-30-50°, con variaciones que llegan a producir la desaparición de las Areniscas de Cándana. Esta fractura es sensiblemente paralela a la banda que configura la fm. Vegadeo, estando en muchos casos asociada a ella, y llegando en puntos situados más al Sur a cortarla.

En observaciones realizadas en el interior de las labores de Navelgas, se ha constatado la presencia de todo un sistema de fracturas con esta dirección, con rellenos de cuarzo irregulares y hastiales con rellenos arcillosos, y pendientes de 60° a la vertical.

Se ha referenciado la presencia de fracturas de un sistema N-340° subverticales, o de pendiente al E.

4.1.2.4.- Labores Mineras

Los trabajos realizados en época romana en esta zona se extienden desde Naraval, al Norte, hasta Zardain, al Sur, si bien más allá de los dos puntos indicados existe toda una serie de explotaciones emplazadas en torno a la formación carbonatada. Sobre estos tres kilómetros de longitud, la anchura de la zona excavada es de 100 a 400 m., teniendo diversos apéndices que probablemente corresponderían a surcos de reconocimiento. La excavación no se limita sólo a la banda de calizas y dolomías, ocupando en parte los niveles de transición a la Serie de Los Cabos (pizarras verdes) e incluso términos areniscosos de ésta. (Plano nº 3).

Aparentemente, la actividad principal se centraba en el lavado de las arcillas residuales de relleno del Karst implantado sobre la fm. Vegadeo, dejando liberado y expuesto un relieve kárstico de aspecto ruiniforme. Si bien las condiciones superficiales no facilitan hacer observaciones, por los datos recogidos en el interior de las labores o en puntos concretos (Cueva de la Moura, Cueva del Avilés) este karst vendría determinado por la fracturación y la intersección de los distintos sistemas existentes.

Los trabajos realizados por Aurífera Asturiana, como se ha indicado anteriormente, comprenden un nivel de acceso con una traviesa de reconocimiento a techo de 150 m. de longitud, y un nivel -10 m. al que se accede por un plano interior, así como diversas chimeneas y pequeños recortes.

CEMIM, S.A. no realizó nuevas labores mineras, sino que centró su actividad en la recuperación de los trabajos de la Aurífera y en la toma de muestras del conjunto para determinación de contenidos en oro, así como, y principalmente, para determinar la

génesis y características de la mineralización.

Con posterioridad a los trabajos indicados, no se han realizado nuevas labores.

4.1.2.5.- Reconocimiento de superficie

Las condiciones de observación, al igual que ocurre en toda la región, se encuentran fuertemente dificultadas por el desarrollo de suelos y sobre todo, de un espesa cubierta vegetal.

En la parte más meridional, en el tramo comprendido entre Navelgas y Zardain, los afloramientos son muy reducidos y se limitan a puntos muy aislados. La parte central de la excavación está ocupada por la formación carbonatada, encontrándose dolomía beige clara, de grano muy fino a irregularmente recristalizada; la silicificación es reducida, encontrándose venillas milimétricas a diaclasas de dirección N-330° o N-30-50° con relleno de cuarzo. Son abundantes los óxidos de hierro formando películas finas sobre superficies de discontinuidad o en pequeños gránulos ocupando los huecos de la porosidad secundaria de la roca (NV-1/16/17/18).

La proporción de silice detritica es muy baja.

En los alrededores de Zardain se encuentran piedras sueltas de diabasa.

El tramo de excavación comprendido entre Navelgas y Naraval se encuentra centrado asimismo sobre la formación carbonatada. La dolomía es normalmente beige clara, ankerítica, en la parte baja de la serie a gris en la parte alta, siendo muy abundantes las películas superficiales de dendritas de pirolusita y óxidos de hierro, éstos últimos presentes también en forma pulverulenta. Las dolomías son de grano fino a medio, con recristalización irregular (NV-8/9/10/12/13/14/15). La silicificación es muy escasa, presentándose con mayor intensidad en las proximidades de zonas de fracturación o diaclasación. En la parte que corresponde a la transición a las pizarras verdes de la base de la Serie de Los Cabos, se aprecia la aparición de niveles finos, margosos, con los que se interestratifican capas oscuras, grises o verdosas, de probable componente volcánica (NV-2/3/4/6/7/11). La silicificación en este tramo es intensa. Existen dos sistemas de fracturas N-100-110° y N-40-50°, interpenetrados y con fuerte silicificación en su encajante inmediato; el relleno es de cuarzo, con potencia de 5-15 cm. irregular, con textura esponjosa por lixiviación de minerales metálicos, quedando manchas y costras de óxidos de hierro (NV-5). En las rocas encajantes de estas fracturas se encuentran sulfuros (pirita) en cristales aislados o pequeñas agrupaciones de cristales finos (NV-4).

En la zona de la Cueva del Avilés, donde existe una cavidad kárstica de la que se lavaron las arcillas de relleno, la dolomía es muy granular, clara, sacaroidea, con sílice en venillas finas (NV-19/20), estando el Karst desarrollado sobre una fractura N-50° subvertical con relleno de cuarzo de 30-50 cm.

En interior, la serie reconocida de muro a techo, comprensiva de la práctica totalidad de la formación Vegadeo es la siguiente:

- 12,40 m.: Paquete de carbonatos (calcita y dolomita) blancos, con cristales de S_2Fe pequeños, aislados, a veces en oxidación incipiente.
- 8,65 m.: Dolomía gris oscura o negra, aspecto pizarreño, fracturada, a veces ligeramente bandeada por diferencia de grano.
- 8,15 m.: Caliza marrón, a veces ligeramente verdosa, frecuentemente margosa, con cristales de S_2Fe aislados.
- 1,60 m.: Caliza gris oscura dura, compacta, escasamente dolomitizada.
- 2,30 m.: Fractura del karst, con relleno de arcilla y sílice granular.
- 2,00 m.: Dolomía beige oscura, con bandas de cristales de S_2Fe y dendritas MnO_2 .
- 2,60 m.: Caliza dolomítica beige, grano fino, con S_2Fe .
- 5,70 m.: Dolomía beige, con cristales de S_2Fe oxidados y dendritas de MnO_2 ; fractura angulosa.
- 8,95 m.: Dolomía gris oscura o negra, a veces ligeramente pizarrosa o bandeada.
- 5,70 m.: Caliza dolomítica de color beige, grano fino o medio, con bandas de S_2Fe .
- 1,95 m.: Carbonatos (calcita y dolomita) con S_2Fe en brecha.
- 4,30 m.: Dolomía marrón masiva con óxidos de hierro y manganeso.
- 14,50 m.: Zona de carbonatos fracturada.
- 2,55 m.: Dolomía gris, fractura angulosa.
- 0,85 m.: Diabasa.

A partir de este punto la serie se hace muy monótona, estando compuesta fundamentalmente por dolomías grises de grano fino

o medio a veces con interestratos pizarrosos; en los últimos 25 m. puede presentarse un bandedo fino dentro de la dolomía, siendo más calcárea que en el resto.

La dirección de las capas en esta zona está comprendida entre los N-10° y N60° con pendiente hacia el NW, coincidiendo con las alineaciones generales de la región.

Ya se ha mencionado anteriormente la existencia de la Falla de Allande, prácticamente coincidente en dirección con la de las capas, y de pendiente asimismo hacia el NW. La existencia de este accidente como estructura más importante de la región lleva asociada el desarrollo de un sistema de fracturas coordinadas, fácilmente reconocible en las labores mineras.

El sistema principal es de dirección N35-65°, y pendiente de la vertical a 60° tanto a NW como a SE. Normalmente, las fracturas de pendiente al SE son posteriores a las de pendiente NW, cortándolas muy oblicuamente y desplazándolas netamente.

Existen unas fracturas, de dirección N-340-360° y pendiente E de las que, dados los escasos puntos en que se observan, no se pueden hacer más precisiones.

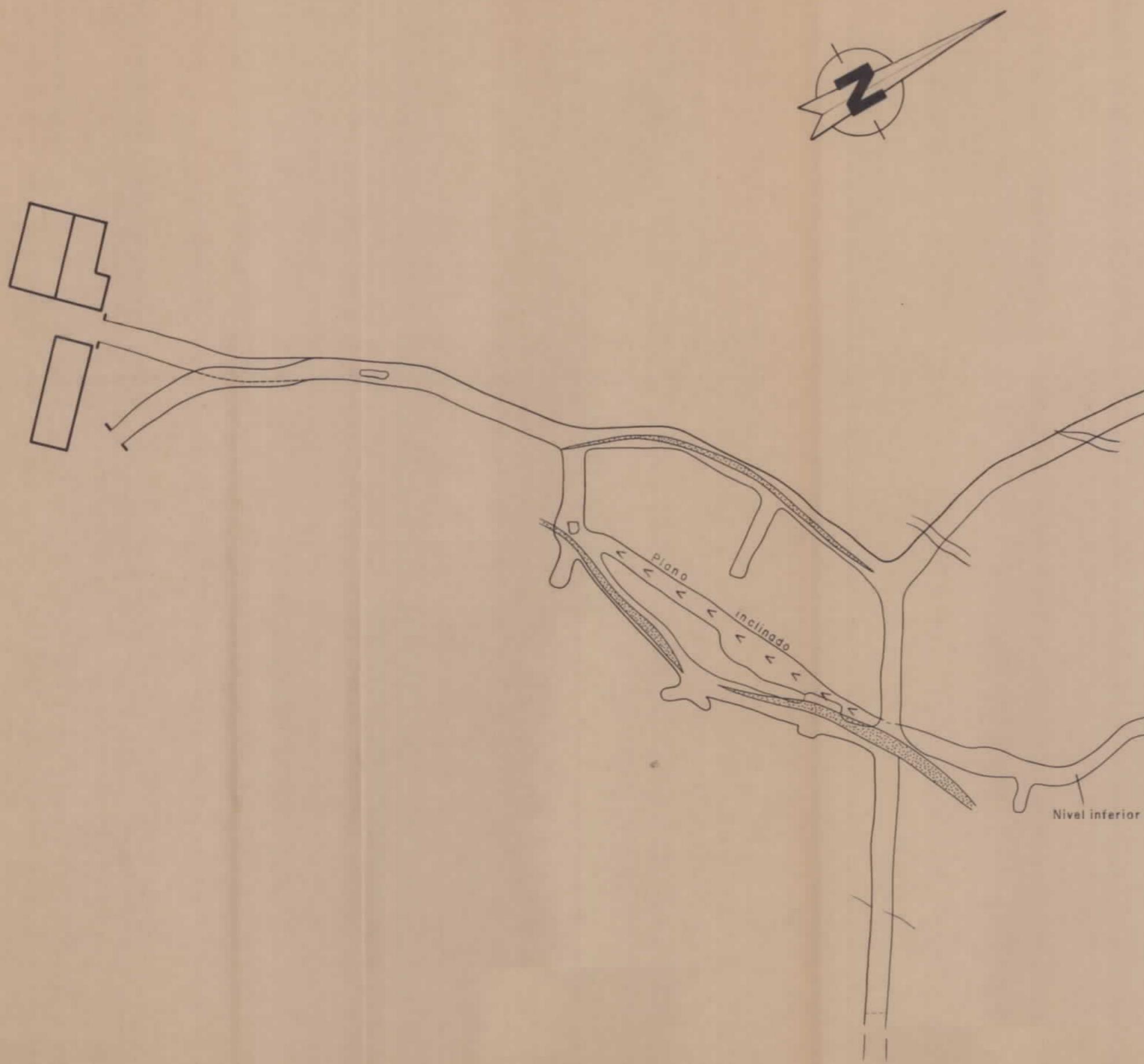
En el sistema general se desarrollan brechas de potencia variable de 0,05 a 0,50 m.; existe normalmente un hidrotermalismo elevado, con frecuente silificación en la zona de brecha. En zonas cuarcíticas puede existir una leve caolinización y incluso formación de talco en algunos puntos. En la traviesa N, sobre pizarras, existe una brecha cuarzosa con cierta tendencia aplítica, con abundancia de micas.

En las zonas de brechas más potentes, al igual que en los sistemas de diaclasas asociados, suelen encontrarse puntos aislados de calcita de tonos rosados. Esto es más frecuente en las zonas más próximas al paquete calcáreo, debido a la fusión de los carbonatos producida por la presión en las fracturas.

Como norma general, existen sulfuros en las zonas de brecha, con diseminación hacia los hastiales.

Si bien existe lo que se ha denominado un "sistema principal" de fracturas, la existencia dentro de éste de la fractura sobre la que se han centrado la mayor parte de los antiguos trabajos por ser la que presentaba un contenido en Au importante, frente al resto que puede considerarse como estériles, hace que se establezca su distinción frente al resto.

Se localiza hacia la parte baja del paquete de calizas y dolomías, a unos 4-8 m. del muro del mismo. De potencia de brecha muy variable de 0,10 a 1,50 m. con relleno silíceo, tiene frecuentes puntos de sulfuros (piritas) y zonas levemente caoliniticas (meteorización?). Hacia el E se desarrolla sobre esta fractura una karstificación merced a la porosidad de la zona de brecha,



MINA LUARQUESA-NAVELGAS
PLANTA DE LABORES

formándose tuberías y canales de circulación preferentemente en los hastiales, quedando bloques de hasta varios metros cúbicos aislados y rodeadas por las arcillas de relleno de las cavidades kársticas.

4.1.2.6. - Estudios realizados

Petrografía

Las muestras de roca pertenecientes a la corte de Navelgas (clave petrográfica y geoquímica NV-1 a NV-20) corresponden a litologías muy variadas y en parte específicas en relación con el resto de las cortas. Las muestras estudiadas se pueden asignar básicamente a tres tipos litológicos diferentes; el primero está representado por rocas de naturaleza pelítica, el segundo corresponde a rocas carbonatadas mientras que el tercero es de composición fundamentalmente silícea, a veces algo feldespáttico.

Rocas de naturaleza pelítica. Se han clasificado como metapelitas nodulosas con escapolita, debido a que, en general, muestran esquistosidad incipiente. Corresponden a niveles de limos gris o verdosos oscuros, ricos en nódulos claros, de tamaño milimétrico (2-3 mm.) de composición escapolítica (NV-2,3,4,5,6,7 y 11). Es de notar que el color claro de estos nódulos se acentúa en las superficies de meteorización.

Los nódulos de escapolita constituyen entre un 20 y casi un 50% de la roca; aparecen en una matriz de grano fino a muy fino constituida por hidromicas, arcillas, clorita, cuarzo, biotita, y a veces carbonatos intersticiales, así como frecuentes opacos. Esta matriz puede aparecer recristalizada, con biotita más abundante, y esquistosidad bien desarrollada. Dado el tamaño fino y la homogeneidad podría tratarse de materiales cineríticos.

La escapolita aparece como un mineral tardío de recristalización térmica y es claramente poscinemática con respecto a la esquistosidad.

Otros caracteres a destacar en estas rocas es la existencia a procesos de fracturación (poco importantes) y alteración arcillosa, así como limonitización tardía sobreimpuesta.

Rocas carbonatadas. Son de composición dolomítica y muestran en gran parte una recristalización importante (probablemente de origen térmico), y en parte brechificación y/o fracturación con introducción de óxidos de Fe. A veces limonitización apreciable (NV-12).

Rocas silíceas. Contienen feldespatos y han sufrido deformación y fracturación con relleno por sílice y carbonatos; en algunos casos, muestran carácter típicamente milonítico (NV-16).

Geoquímicamente, no se observan anomalías importantes. Destaca un contenido en As y Au algo más elevado en la muestra NV-18 que corresponde a una roca carbonatada microesparítica muy tectonizada en la que se observa una red de fracturas finas llenas por carbonatos y óxidos-hidróxidos de Fe.

En lo que respecta a procesos de alteración hidrotermal, únicamente se ha observado la existencia de cloritización sobre las rocas de naturaleza pelítica.

Microscopía de Reflexión

Se han realizado probetas pulidas de las muestras NV-3/4/5/6/7/11/ para estudio en microscopía de reflexión. El conjunto de las muestras difiere en la abundancia de fenocristales, grado de oxidación y fracturación. Se han determinado como minerales opacos:

- Minerales de Ti:

- Ilmenita, idiomorfa, presente tanto en fenocristales (escapolitas) como en la pasta, por lo que tendría claramente un carácter precoz. Muy frecuentemente, está sustituida por Anatasa y Leucoxeno, sustitución que puede llegar a ser total.
- Rutilo, como agujas incluidas en cuarzo.
- Sulfuros, generalmente incluidos en cuarzo:
 - Piritita con inclusiones de minerales transparentes, a veces seudomorfizada por Marcasita. Frecuentemente, sustituida por Goetita.
 - Calcopirita, generalmente fina, parcialmente reemplazada por Calcopirita y Covellita.

Sobre el cuarzo pueden aparecer pequeños cristales de un mineral de la serie Cubanita-Pirrotita.

La distribución de los minerales indicados es irregular en el conjunto de las muestras estudiadas, en las cuales se observa la presencia de una serie de partículas de tamaño inferior a 1 μ de alta reflectividad (oro? sulfuros?). La muestra NV-II es la que ofrece más interés por la presencia de un gránulo de 5 micras en una Goetita que reemplaza a Piritita, en una zona de fracturas de tensión con relleno de cuarzo, sulfuro y micas, con abundancia de puntos de alta reflectividad.

La abundancia de minerales de titanio en las muestras parece apoyar la hipótesis de un posible origen volcánico de algunos materiales (Écineritas?), que habrían sufrido un metamorfismo posterior.



IMINSA

GEOQUIMICA DE ROCAS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Tc
N.V- 1	-0,01	48	2	14	1.770	-1	6	116	-5	1	,4	5	-0,1
N.V- 2	-0,01	41	-1	17	324	-1	3	330	-5	2	-0,1	5	0,1
N.V- 3	-0,01	40	-1	14	243	-1	4	250	-5	2	-0,1	4	-0,1
N.V- 4	0,01	11	-1	27	297	-1	11	126	-5	4	-0,1	4	0,1
N.V- 5	0,01	129	9	25	199	-1	44	215	-5	4	-0,1	5	-0,1
N.V- 6	-0,01	15	-1	14	146	-1	5	232	-5	2	-0,1	4	0,1
N.V- 7	-0,01	158	7	24	684	-1	12	248	-5	4	-0,1	3	0,1
N.V- 8	0,01	21	-1	12	1.184	-1	4	890	-5	2	-0,1	3	-0,1
N.V- 9	0,02	24	-1	16	566	-1	6	490	-5	2	-0,1	5	-0,1
N.V-10	-0,01	43	-1	17	53	-1	33	186	-5	3	-0,1	6	-0,1
N.V-11	-0,01	11	-1	15	250	-1	29	315	-5	1	-0,1	4	0,1
N.V-12	-0,01	18	-1	14	3.000	-1	5	150	-5	2	-0,1	6	0,2
N.V-13	-0,01	15	-1	14	1.829	-1	2	106	-5	-1	-0,1	5	0,1
N.V-14	0,01	21	-1	14	2.107	-1	4	112	-5	-1	-0,1	8	-0,1
N.V-15	-0,01	16	-1	21	520	-1	2	49	-5	1	0,1	7	-0,1
N.V-16	0,01	14	-1	28	187	-1	2	550	-5	-1	0,2	4	-0,1
N.V-17	0,02	11	-1	15	200	-1	2	20	-5	-1	0,3	5	-0,1
N.V-18	0,04	38	13	72	151	-1	54	270	-5	3	0,3	4	-0,1
N.V-19	0,01	15	-1	21	1.797	-1	4	102	-5	1	0,2	6	-0,1
N.V-20	0,02	21	-1	15	2.394	-1	5	104	-5	-1	0,1	6	0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección

En síntesis, los componentes metálicos se disponen sobre fracturas, hallándose el oro asociado a cuarzo de relleno de éstas o bien a óxidos.

Geoquímica de rocas

Los resultados analíticos de la geoquímica de rocas, realizada sobre la totalidad de muestras de este tipo cogidas en la zona, son los que se indican en el cuadro 4.1.2.5-R adjunto.

En base a los datos analíticos, puede indicarse:

- No se destaca ninguna asociación significativa del oro con la litología, ya que, en todo caso, los valores obtenidos para este elemento son bajos. Tampoco existe asociación o relación geoquímica del oro con el resto de los elementos considerados.
- Los valores de Pb, Ag, Bi, práctica totalidad de Sb, Hg y Te se encuentran por debajo de los límites de detección en su mayoría.
- El Mo presenta, dentro de contenidos muy bajos, una relativa anarquía dispersiva, sin que se aprecie algún tipo de relación con otros elementos.
- Cobre y zinc presentan resultados analíticos dispersos y multivariantes, sin que sirvan de guías geoquímicas.
- El manganeso ofrece una gran dispersión de datos en los resultados analíticos. En cualquier caso, los valores más altos guardan relación con el contenido de la formación portadora en manganeso a escala regional, con probable acentuación supergénica.
- El Ba manifiesta una gran variabilidad y dispersión de contenidos sin que se pueda considerar significativa.
- El As, al igual que ocurre en Abaniella, se encuentra en muy débil proporción, inferior considerablemente a los contenidos presentes en mineralizaciones de oro en la Zona Cantábrica (Arcellana, Carlés, Begega). No obstante, en otras mineralizaciones de la Zona Astur Occidental-Leonesa los contenidos en As son notablemente superiores (Andina, Arancedo, Braña Vieja).
- En base a los datos disponibles, únicamente cabe considerar como elemento significativo a efectos prospectivos el Au como tal.

Geoquímica de suelos

Se ha realizado un perfil de geoquímica, emplazado en la parte alta de Entrepeñas, en la zona en que la excavación es más estrecha. La línea de toma de muestras es sensiblemente E-O y se ha ubicado en esta parte más alta a fin de evitar, en lo posible, los efectos de la contaminación derivada de las actividades explotadoras llevadas a cabo.

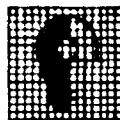


IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	T
N.V-21	0,03	17	5	35	5.370	-1	20	545	-5	4	0,2	4	0,2
N.V-22	0,02	18	6	32	261	-1	9	325	-5	1	0,1	4	0,1
N.V-23	0,01	33	14	60	366	-1	6	255	-5	2	0,2	3	0,2
N.V-24	0,01	33	1	47	321	-1	4	285	-5	2	0,3	4	0,1
N.V-25	0,02	20	12	39	297	-1	4	222	-5	2	-0,1	3	0,1
N.V-26	0,02	30	3	44	312	-1	5	240	-5	1	-0,1	4	0,1
N.V-27	0,03	20	7	22	232	-1	12	250	8	2	-0,1	4	-0,1
N.V-28	0,02	6	3	13	76	-1	3	224	-5	1	-0,1	4	-0,1
N.V-29	-0,01	19	8	26	178	-1	14	320	-5	1	0,4	4	0,1
N.V-30	-0,01	15	9	21	144	-1	11	270	-5	1	0,2	3	0,1
N.V-31	0,04	27	15	26	97	-1	25	280	-5	2	0,1	5	0,1
N.V-32	0,02	15	9	20	91	-1	12	208	-5	2	0,1	2	-0,1
N.V-33	0,03	22	11	23	102	-1	18	189	-5	3	0,1	4	0,2
N.V-34	0,10	21	11	30	445	-1	17	196	-5	3	-0,1	2	0,2
N.V-35	0,04	32	1	26	5.580	-1	26	225	-5	6	0,1	3	0,5
N.V-36	0,03	15	1	28	13.330	-1	25	395	-5	3	0,2	4	0,5
N.V-37	0,01	14	1	24	16.930	-1	31	535	-5	4	0,9	3	0,2
N.V-38	0,03	14	3	14	485	-1	10	148	-5	3	0,2	3	-0,1
N.V-39	0,05	13	1	9	305	-1	6	128	-5	2	0,1	2	-0,1
N.V-40	0,04	9	3	10	44	-1	2	130	-5	2	0,1	2	-0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección



CUADRO: 4.1.2.6-S SECTOR: NAVELGAS

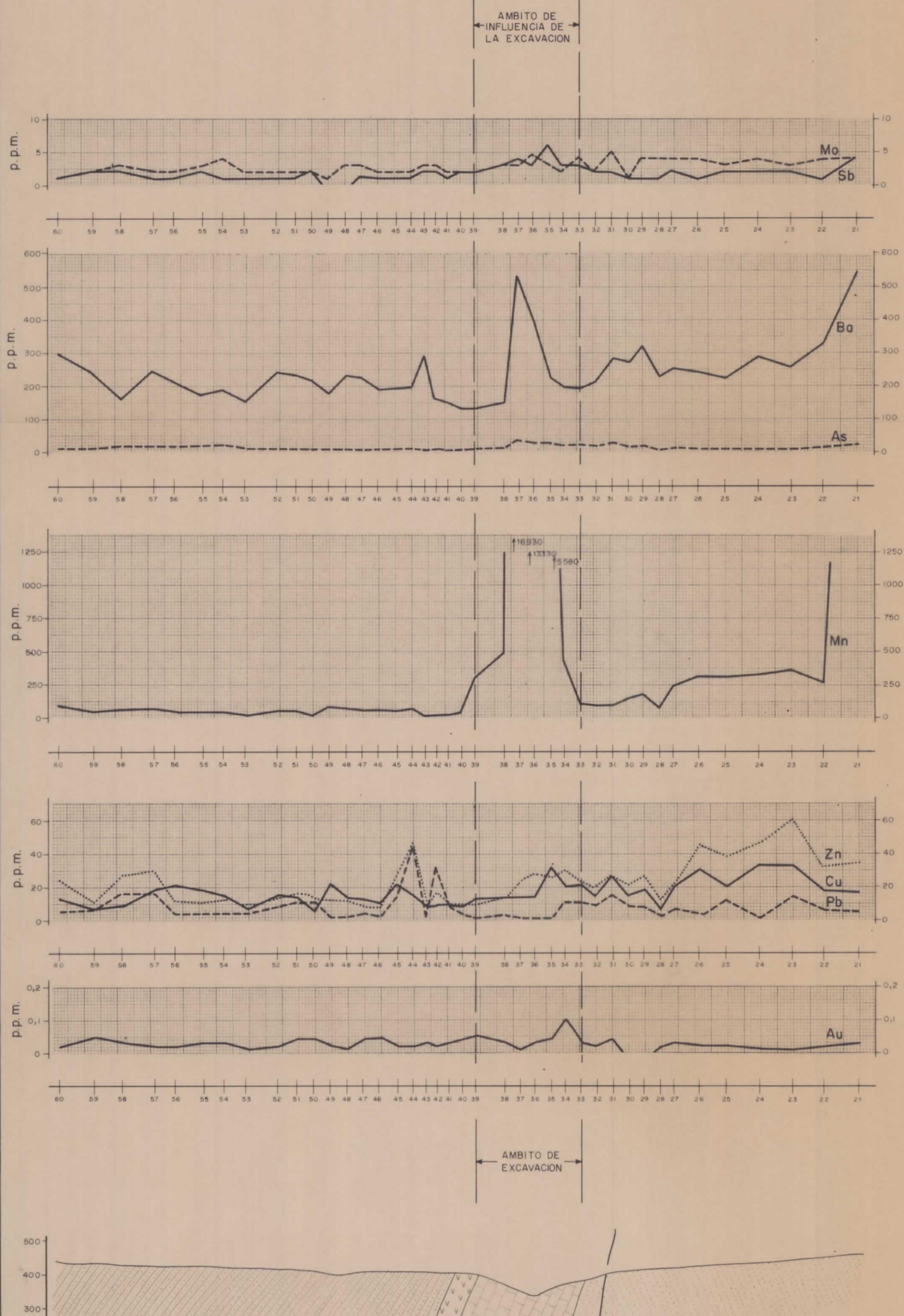
IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS.

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
N.V-41	0,03	10	8	9	27	-1	2	148	-5	1	0,2	2	-0,1
N.V-42	0,02	10	30	17	18	-1	6	158	-5	2	0,1	3	0,1
N.V-43	0,03	9	3	9	13	-1	3	290	-5	2	0,1	3	0,1
N.V-44	0,02	15	46	45	65	-1	9	192	-5	1	0,3	2	0,1
N.V-45	0,02	22	13	24	55	-1	8	194	-5	1	0,4	2	0,1
N.V-46	0,04	10	2	8	58	-1	5	190	-5	1	0,1	2	-0,1
N.V-47	0,04	13	4	9	55	-1	3	222	-5	1	0,3	3	0,1
N.V-48	0,01	14	2	12	61	-1	7	230	-5	-1	0,1	3	0,1
N.V-49	0,02	22	2	12	79	-1	9	176	-5	-1	0,1	1	0,1
N.V-50	0,04	6	11	13	18	-1	3	215	-5	2	0,1	2	0,1
N.V-51	0,04	14	11	16	53	-1	7	230	-5	1	0,1	2	0,1
N.V-52	0,02	15	9	14	48	-1	8	240	-5	1	0,1	2	0,1
N.V-53	0,01	7	5	9	19	-1	8	150	-5	1	0,1	2	0,1
N.V-54	0,03	15	5	13	42	-1	18	186	-5	1	0,1	4	0,1
N.V-55	0,03	18	4	10	44	-1	15	172	-5	2	0,1	3	0,1
N.V-56	0,02	21	4	12	43	-1	13	210	-5	1	0,1	2	0,1
N.V-57	0,02	19	16	30	67	-1	13	240	6	1	0,2	2	-0,1
N.V-58	0,03	9	17	26	64	-1	14	162	-5	2	0,2	3	-0,1
N.V-59	0,05	7	6	11	48	-1	6	238	9	2	0,2	2	0,2
N.V-60	0,02	13	5	24	83	-1	8	295	-5	1	0,1		0,2

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección

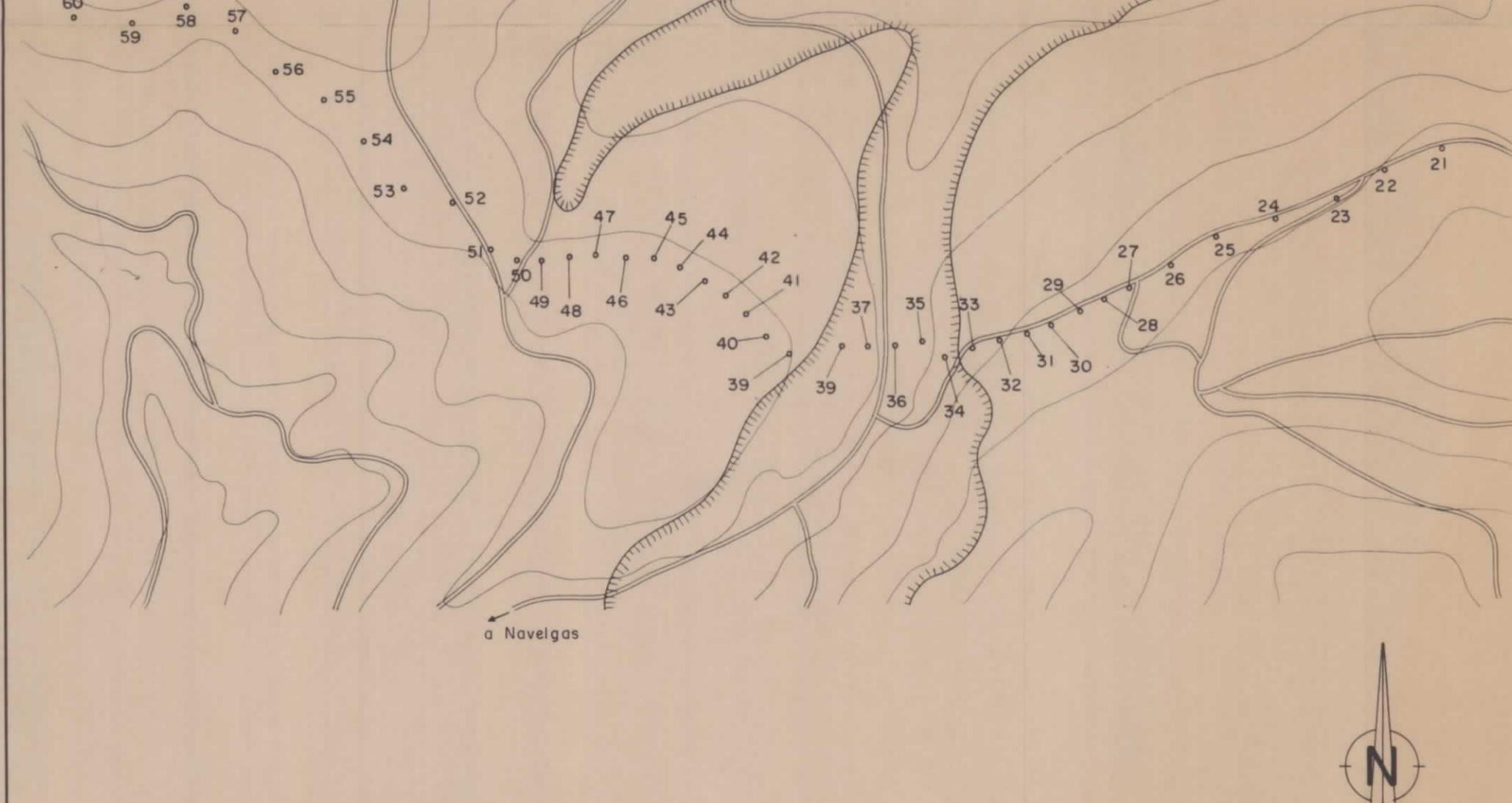
AMBITO DE INFLUENCIA DE LA EXCAVACION



-LEYENDA-

	Serie de los Cobos
	Calizas de Vegadeo
	Interestratificados volcánicos
	Cuarcita de Cández

ESCALA GRAFICA



SECTOR: NAVELGAS 11153 M. 45
GEOQUIMICA DE SUELOS



Los puntos de toma de muestra estaban distanciados 50 m. en los extremos de la línea, en tanto en la parte central el espaciamiento era de 25 m.

Las muestras se tomaron en todos los casos sobre el horizonte C del suelo. No obstante, debe advertirse que frecuentemente el desarrollo del suelo es incompleto, encontrándose los horizontes B y C unidos por falta de evolución. En la toma de la muestra se suprimió la fracción más gruesa, tamizándose los fragmentos de roca.

La numeración correspondiente es NV-21 a 60, y los resultados analíticos se incluyen en el cuadro 4.1.2.6.S..

En base a los resultados obtenidos, se puede considerar:

- El Au se encuentra muy disperso a todo lo largo del perfil, con un fondo ligeramente más bajo sobre materiales de Cámbrico inferior. Este hecho puede deberse a contaminación por trabajos antiguos o bien a afectación por los depósitos terciarios, hoy día denudados, allí existentes anteriormente. Sobre la zona de excavación se marca una muy leve anomalía.
- Los valores de Cu-Pb-Zn presentan valores de fondo bajos, dentro de los límites regionales normales, levemente más altos sobre la fm. Cándana, pero sin interés indicativo. No se les ve relación relación aparente con el Au.
- El Mn tiene un valor de fondo bajo, con una fuerte anomalía sobre la zona de excavación. Ello puede deberse a concentraciones supergénicas en esta zona deprimida de contenidos de fondo procedentes de las dolomías.
- El Ba, en contenidos irregulares y variables a lo largo del perfil, presenta una inflexión al alza en la zona de excavación pero correspondiendo en todo caso a un menor valor de Au (relación regresiva?).
- El As, presente con valores de fondo muy bajos a lo largo del perfil, manifiesta una tendencia a aumentar sobre las dolomías, sin que ello deba tomarse como criterio prospectivo para el oro, en base a los datos disponibles.
- Asimismo, Sb y Mo se encuentran con valores de fondo bajos, levemente más altos sobre la zona de excavación para ambos y sobre la fm. Cándana para el Mo. No obstante, al igual que para el As, no tiene valor como criterio prospectivo para Au por las diferencias mínimas existentes.
- Bi, Ag, Hg y Te tienen valores muy bajos, por debajo de los límites de detección, y carecen de interés.
- Sólo puede considerarse como elemento válido para prospección de oro el propio Au.

Mineralometría

A lo largo del Río Navelgas se han tomado cuatro muestras sobre materiales depositados en borde de lecho vivo del río, formados por arenas y fracción grava no muy abundante. Tres de las muestras fueron tomadas aguas abajo de la barra de caliza, en tanto la cuarta lo fué por encima de ésta, a fin de comprobar la continuidad de presencia de oro en los sedimentos o no.

La amplia tradición de prospectores de oro en este río ya señala la presencia de oro a todo lo largo de él, siendo objeto de búsqueda para su beneficio. Los tamaños recuperados en estos trabajos suelen ser inferiores a 200-300 μ , si bien ocasionalmente se han encontrado placas o dendritas de varios mm. y, muy esporádicamente, en tamaño del orden de 1-2 cm.

En las muestras situadas aguas abajo de las dolomías, sobre un volumen inicial de 10 l. se ha realizado concentración a límite en batea y separación por medios densos de las colas. Se ha detectado sobre un fondo de cuarzo y fragmentos de roca (carbonatos) la presencia de: ilmenita, feldespato K, círcón, turmalina, rutilo, epidota, apatito, así como opacos de alteración. Se han recuperado fragmentos o gránulos de oro, de tamaño máximo 40-50 μ , tamaño más frecuente 10-30 μ , en las tres muestras en número de 4, 3 y 4, de más cercana a más lejana de las dolomías.

La muestra tomada aguas arriba ha dado resultado negativo.

4.2. - ZONA CANTABRICA (PLANO N° 5)

4.2.1. - CONSIDERACIONES GENERALES

El conocimiento actual sobre el área señala la existencia de un número muy bajo de indicios de mineralizaciones de oro, respecto a las referenciadas para la Zona Astur Occidental Leonesa. La concentración de éstos indicios indica un ámbito de afectación muy reducido, comprendiendo el entorno de Carlés-Arcellana-Godán y las Sierras de Courio y Begega. En la vertiente oriental de esta última existen una serie de excavaciones o "fanas" que aparentemente pueden corresponder a registros o explotaciones de época romana, si bien su grado de conocimiento es nulo.

La proximidad existente aquí entre los distintos indicios considerados, así como la relación entre ellos, hace que los aspectos relativos, a antecedentes y contexto geológico puedan analizarse conjuntamente para los puntos estudiados (La Grueba, Antoñana, Begega-El Valle).

Es significativo el hecho de que existan en este área una serie de apuntamientos de granitoídes en batolitos de reducidas dimensiones, que constituyen el único caso de rocas intrusivas dentro de la Zona Cantábrica. La composición petrológica es muy variada, encontrándose de granodioritas a leucogabros. Por otra parte, existe una última relación de proximidad entre los diferentes indicios de oro y las intrusiones, hasta el punto de que algunas explotaciones antiguas se enclavan directamente sobre éstas, lo que induce a pensar en una posible asociación genética.

Los intrusivos indicados afectan a materiales de distintas litologías (areniscas, calizas, pizarras) y de edades que abarcan desde el Cámbrico Inferior al Devónico.

4.2.1.1. - Situación

Los sectores considerados dentro de la Zona Cantábrica se encuentran a lo largo de las Sierras de Begega y Courio, dentro de la H.M.T.N. 1: 50.000 51-Belmonte. Las coordenadas extremas son:

Lambert
Geográficas 388, 30/392, 800-967, 700/973
6° 18" / 6° 14' 20" Longitud O Greenwich
43° 17' 20" / 43° 20' 5" Latitud N

4.2.1.2.- Antecedentes

La existencia de antiguas excavaciones en este área es conocida de antiguo, describiendo PAILLETTE (1852) los trabajos existentes así como los materiales en que se sitúan. SCHULTZ (1858) menciona las características de la zona y cita los diversos trabajos allí existentes, todos ellos atribuidos a los romanos. Por esta época ya se consideran como explotaciones las cortas de Ablaneda (Arcellana), Carlés (para cobre) y Begega.

Trabajos más recientes, realizados a fines del siglo XIX y principios del actual, se situaron dentro de las antiguas excavaciones o en su entorno, teniendo como objetivo la prospección y explotación en su caso de mineralizaciones de cobre (Begega). Posteriormente, hacia 1940-50 se llevaron a cabo labores para beneficiar el arsénico presente en el skarn de Carlés. Todas estas actividades han sido muy puntuales en el tiempo y no han representado un desarrollo minero en el área, por lo que ésta, al menos en lo que respecta a épocas más recientes, cabe considerarla como inexplotada.

Más próximo en el tiempo es el creciente interés de la región para la investigación de posibles yacimientos auríferos, asociada a la revalorización del oro y al conocimiento de las posibilidades de Salave y otros puntos. Esto conlleva una reactivación de las prospecciones a nivel regional, concretada en esta zona en diversos puntos. Así, en 1976 Gold Fields Española, S.A. investiga con carácter exploratorio diversas cortas, en las que realiza cartografías y desmuestres en geoquímica de suelos y rocas. Con posterioridad a estos trabajos, y en áreas o sectores concretos (Arcellana, Carlés), se intensifican las prospecciones, haciéndose sondeos evaluatorios de los contenidos en oro de las probables masas mineralizadas.

En 1976 el I.G.M.E. lleva a cabo un proyecto de "Investigación minera en el Sur de Salas (Oviedo)", en el cual se estudiaron seis áreas de entorno de apófisis graníticas. Se localizaron vías mineralizaciones, en relación genética con intrusiones graníticas, de As, Cu, Au, así como otras de Fe sinesedimentario.

Con posterioridad a los trabajos indicados, se han desarrollado proyectos de investigación centrados en correlaciones multielementales mediante geoquímicas de suelos y estudios previos metalogénicos.

4.2.1.3.- Contexto Geológico

La Zona Cantábrica está caracterizada, a diferencia de la Astur Occidental Leonesa, por la presencia de una serie estratigráfica que abarca del Cámbrico al Carbonífero. En la Sierra del Courio-Begega la estructura presente es un anticlinal con núcleo, en la parte Sur, de Cámbrico Inferior y siendo los materiales más recientes que afloran del Ordovícico Inferior, en el área considerada. No se tiene aquí en cuenta el resto de la columna estratigráfica local por no hallarse incluida o afectada por mineralizaciones en los sectores estudiados.

Areniscas de La Herrería (Cámbrico Inferior)

Es una formación esencialmente detritica, formada por areniscas más o menos feldespáticas, de grano bastante grueso, frecuentemente de color rosado característico, alternando con niveles pelíticos. Aunque la formación es bastante uniforme, se distinguen en líneas generales tres tramos, aflorando en el área aquí estudiada el superior, formado por areniscas de grano grueso.

En la parte más alta de la formación se presenta de manera progresiva un aumento en la participación de carbonatos como cemento de las areniscas, pasando a intercalaciones dolomíticas y con un tránsito gradual a la Formación Láncara suprayacente, constituida totalmente por calizas y dolomías.

Calizas de Láncara (Cámbrico Inferior-Medio)

Formación carbonatada en la que se distinguen dos miembros. El inferior está constituido por dolomías con laminaciones de algas, en la parte más baja, y calizas con dolomitización secundaria en la parte alta. El miembro superior consta de calizas rojas nodulosas con abundante fauna.

A todo lo largo del anticlinal de Begega, en los escasos afloramientos de esta formación, es muy aparente la intensa dolomitización secundaria con pérdida de la estructura original. Asimismo, existe una fuerte silicificación, con formación incluso de jasperoides por sustitución total de la roca carbonatada.

Pizarras y areniscas de Oville (Cámbrico Medio-Superior)

Consiste en una alternancia de pizarras, areniscas y areniscas cuarcíticas, con niveles tobáceos y lavas que comprenden desde términos basálticos a traquíticos interestratificados. La parte inferior de la serie es predominantemente pizarrosa, de color verde, con alta participación de material volcánico.

Cuarcita (Ordovícico Inferior)

La parte superior de la serie estratigráfica en el área

considerada lo forma un nivel de cuarcita blanca, bastante masiva, a veces algo feldespáticas, con muy escasos interestratos pizarrosos.

Estructuras

El área estudiada viene conformada por la existencia de un anticinal de eje N-30°E, con fuertes oscilaciones en pendiente del eje. El núcleo está ocupado por La Herrería, en la parte Sur (Boinás), en tanto hacia el Norte son las Calizas de Láncara o los tramos inferiores de Oville los que se encuentran.

La dirección indicada para el eje anticinal se corresponde con un alineamiento general regional de fracturas, observables en imagen de satélite a escala 1: 200.000, y que mantienen su regularidad direccional tanto en la Zona Cantábrica como en la Astur Occidental Leonesa. Si bien este sistema no es cartografiable por la dificultad de afloramiento en campo, se correlaciona con la fracturación visible a escala de afloramiento en Begega-El Valle. Por otra parte, los apuntamientos graníticos de Boinás, Santa Marina y Villaverde, incluso Carlés, presentan una alineación que corresponde con la señalada, siendo su encajamiento tardihercínico.

Remarcables asimismo a escala de afloramiento son los sistemas de fracturación o diaclasación N-110-120° y N-340-360°, subverticales.

Rocas ígneas

Se ha indicado anteriormente la presencia de intrusivos de distinto carácter en el área, marcándose aparentemente una relativa tendencia a enclaves más ácidos en el Sur y más básicos hacia el Norte.

Aunque no se ha estudiado en detalle, por quedar fuera del ámbito considerado la apófisis de Boinás está constituido por un granito muy porfídico, con fenocristales de cuarzo de formas redondeadas y plagioclasas en alteración incipiente; la mesostasis es de grano fino, formada por cuarzo y feldespato potásico, siendo la plagioclasa escasa. La biotita es relativamente abundante.

La apófisis alargada de Villaverde-Pontigo está formada por granodioritas anfibólicas compuestas por cuarzo alotriomorfo, ortosa, plagioclasa, biotita y escasa hornblenda; accesoriamente, piroxenos monoclinicos (diopsido).

El intrusivo de El Courio, más septentrional de los aquí considerados, está constituido por un granogabro a sienogabro con textura hidrotermal granular, ocasionalmente porfídica, teniendo como minerales principales plagioclasa, (andesina a labradorita), piroxeno monoclinico, feldespato potásico y biotita; como accesorios aparecen cuarzo, piroxenos, esfena, círcón y apatito.

El conjunto de estos granitoides corresponde a una serie

calcoalcalina postectónica, de edad hercínica tardía, y asociados en su emplazamiento a fracturas profundas.

4.2.2.- SECTOR ANTOÑANA-COURIO (PLANOS 6-7)

Corresponde al más septentrional de los considerados en este área, y en él se encuentran tres cortas independizadas:

- Alto de la Brueba, situada al Norte.
- Millera, en la parte central.
- Antoñana, al Sur del sector.

si bien toda la ladera occidental y noroccidental de la Sierra de Begega presenta indicios de haber sido objeto de lavado superficial de los coluviones.

Todo el sector se encuentra sobre el flanco E del anticlinal de Begega-Courio, con núcleo de dolomías de la formación Láncara, si bien las excavaciones de explotación se sitúan en todos los casos sobre materiales del Oville (areniscas, areniscas cuarcíticas y pizarras).

En el extremo nororiental del sector se encuentra la apófisis de granogabro o sienogabro de Courio, sobre la que se implanta, en parte, la corte de la Brueba, en tanto en el resto del sector no se ha evidenciado la presencia de rocas intrusivas.

4.2.2.1.- Corte de La Grueba

Situada sobre el alto de su mismo nombre, al Sur del vértice Courio, presenta una disposición alargada según un eje O-E, en cuya dirección tiene 600 m. de longitud por una anchura máxima de 200 m. y una profundidad de excavación límite de 125 m. con promedio de 75 m. Estas magnitudes permiten estimar el volumen excavado en 5.600.000 m³. Las paredes de la explotación están bastante verticalizadas, presentando la mayor profundización en la zona central.

Su emplazamiento responde a las coordenadas:

Lambert	392,400-972,900
Geográficas	6° 14' 40" Longitud O Greenwich
	43° 20' 04" Latitud N

Desmuestres de roca realizados hacia 1976 han dado valores máximos en análisis de 1,1 gr/t. de Au, 160 ppm de Cu, 1000 ppm de As, 95 ppm de Pb y 130 ppm de Zn para la arenisca. En lo que respecta a la brecha de fractura, que se describe más adelante, se han obtenido valores medios de 6,35 gr/t. Au, 525 ppm de Cu, 0,44% de As, 144 ppm de Pb, 92 ppm de Zn, y 66 gr/t. Ag.

No se han encontrado valores significativos de Mo a escala de prospección geoquímica de suelos, ya que los datos recogidos son inferiores a 2 ppm.

Reconocimiento de superficie

La corte se sitúa en su mayor parte sobre los términos superiores de la formación Oville, estando limitada por el SE por los niveles cuarcíticos blancos de la formación suprayacente, en la que es frecuente encontrar procesos de granitización sin que sea visible metamorfismo de contacto.

El borde oriental y nororiental está constituido por el intrusivo del Courio. En afloramiento es una roca de masiva a granuda, oscura, dura, con biotita formando ocasionalmente agregados y siendo muy abundante; ocasionalmente, se presentan puntos amarillentos brillantes, probablemente correspondientes a biotita parda. Dentro de la masa pueden encontrarse relictos de 10-20 cm. de cuarcita sin digerir. Existe una cierta zonación en la textura, de grano (BG-1/2/3/4/5/6/7/8/12), medio en la parte más externa y masiva en la zona central.

En la parte oriental, al borde de la carretera, se presenta una potente brecha orientada ONO-ESE (N-110°E), con diaclasación interna de dirección N-310° subvertical y con una potencia de caja de 6-8 m. El relleno está formado por una masa de cantos de cuarcita brechosos, englobados en un cemento-matriz de cuarzo masivo a granulado, frecuentemente roqueroso, manchado por

óxidos de hierro; toda esta masa se encuentra englobada a su vez por un gossan de limonita y hematites, conteniendo pirita, arsenopirita, malaquita y calcosina, más o menos frescos. (BG-9/10/20).

4.2.2.2. Estudios realizados

Petrografía

El conjunto de muestras estudiadas de la corte de La Grueba (clave petrográfica y geoquímica BG-1 a BG-20) comprende dos litologías muy diferentes. Por una parte, las rocas ígneas del intrusivo del Courio, y por otro lado rocas sedimentarias que corresponden a niveles cuarcíticos en ocasiones muy brechificados.

Las rocas ígneas son texturalmente subvolcánicas y deben corresponder a apófisis o pistones intrusivos de nivel alto (high level intrusion). En general, no están alteradas aunque hay que citar que se observan procesos de transformación magmática a tardimagmática de las paragénesis típicamente primarias. Estas rocas se clasifican como leucogabros, son bipiroxénicas con biotita y/o anfíbol cristalizados en una fase más tardía.

Solamente en la muestra BG-8, de naturaleza más ácida (con cuarzo y feldespato K), se observan procesos de cloritización y sericitación hidrotermal, pero no muestra ninguna anomalía geoquímica de interés.

Dentro de las rocas correspondientes a los niveles cuarcíticos o composiciones silíceas, solamente se destaca la muestra BG-20 que petrográficamente es una roca silícea con textura granoblástica-xenoblástica, caracterizada por cuarzos plumosos con abundantes inclusiones fluidas y bastante irrequigranular. Presenta una porosidad importante de carácter secundario, originada por lixiviación parcial o total de materiales de tipo goethítico-limonítico; esta porosidad es similar a los tipos "cavern" o "vug" (clasificación de Choquette y Pray) pero no puede afirmarse que no sea una "fabric" no selectiva ya que, en efecto, las zonas cavernosas de tamaño irregular son zonas de disolución preferencial de aparentes óxidos-hidróxidos de Fe. No hay evidencias texturales o mineralógicas de que se trate de sulfuros o de carbonatos. Dentro de la masa silícea aparecen minerales micáceos, círcón y opacos. Esta muestra corresponde a la que ha presentado anomalías geoquímicas más importantes, especialmente en el caso del oro y plata (20 p.p.m. Au y 1040 p.p.m. de Ag).

Las alteraciones hidrotermales observadas corresponden a:

- Sericitación de plagioclásas.
- Cloritización de biotitas.

En lo que respecta a la brecha cuarzosa, parece que han existido varias fases de constitución.

Microscopia de reflexión

Se han estudiado en microscopia de reflexión muestras correspondientes al intrusivo (BG-1) y a la brecha de fractura (BG-9/10/20).

- **Gabro piroxénico porfídico (BG-1).** - Presenta como opacos:

- Ilmenita idiomorfa, aparece como inclusión en fenocristales de silicatos o en la pasta afanítica, pareciendo un mineral precoz.
- Pirita, a veces reemplazada por Marcasita, con aspecto de ser tardía.
- Calcopirita en finas partículas dispersas.

No se ha observado la presencia de oro.

- **Brecha de cuarzo (BG-9/10/20), con óxidos de hierro y arcillosos en huecos, presenta inclusiones de:**

- Pirita, a veces reemplazada por óxidos, ocasionalmente con inclusiones de Cubanita y Calcopirita.
- Sulfuros de Cu: Calcopirita, Bornita, Calcocita y Covellita.

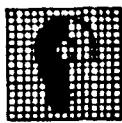
Se han visto cantidades significativas de oro, con partículas de hasta 10 micras, así como abundantes partículas de tamaño ≤ 1 micra de alta reflectividad que puede ser oro, en ocasiones ligadas a la pirita y a los óxidos que la reemplazan, así como el cuarzo. Dado el carácter textural de las muestras, resultan difíciles de pulir por lo que puede haberse lavado parte del oro asociado a los huecos y óxidos, y sus contenidos reales ser superiores a los visibles. Esto parecen confirmarlo los datos analíticos, con valores respectivos de 4,60 ppm, 4,65 ppm, 20,40 ppm. para BG-9/10/20.

Los colores visibles para estas partículas son bastante blanquecinas, raramente amarillos típicos del oro, posiblemente debido a aleaciones.

El estudio de inclusiones fluidas de la muestra BG-20 determina una población discontinua y bimodal, con dos intervalos de temperatura de homogeneización de 120-170°C y 180-210°C. Las salinidades correspondientes son relativamente bajas, inferiores al 8% en equivalente de ClNa.

Geoquímica de rocas

La geoquímica de rocas ha aportado unos resultados



CUADRO: 4.2.2.1

SECTOR: CORTA DE LA GRUEBA.

IMINSA

GEOQUIMICA DE ROCAS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
BG- 1	-0,01	33	34	70	165	-1	16	710	-5	-1	0,2	9	-0,1
BG- 2	-0,01	36	10	59	214	-1	13	720	-5	1	0,2	8	-0,1
BG- 3	-0,01	32	34	431	198	-1	16	760	-5	-1	0,1	8	-0,1
BG- 4	0,02	39	21	54	175	-1	19	680	-5	-1	0,1	8	-0,1
BG- 5	0,02	27	23	59	125	-1	4	710	-5	-1	-0,1	8	0,1
BG- 6	-0,01	22	5	83	180	-1	8	665	-5	-1	0,1	8	0,1
BG- 7	-0,01	30	228	217	339	-1	85	280	-5	22	0,4	6	0,3
BG- 8	-0,01	18	17	69	435	-1	36	915	-5	-1	0,1	8	0,1
BG- 9	4,60	447	89	215	110	-1	2.050	50	-5	1.700	0,8	6	0,2
BG-10	4,65	169	52	69	38	-1	600	234	-5	170	0,6	8	0,2
BG-11	0,75	74	25	62	64	-1	300	244	-5	60	0,2	4	-0,1
BG-12	0,03	23	11	65	202	-1	21	800	-5	3	0,1	8	-0,1
BG-15	-0,01	21	30	21	35	-1	85	178	-5	-1	-0,1	4	0,2
BG-16	-0,01	22	19	60	41	-1	170	340	-5	49	0,1	4	0,3
BG-17	-0,01	15	17	19	10	-1	24	270	-5	4	0,2	4	-0,1
BG-18	-0,01	18	21	56	39	-1	180	293	-5	88	0,2	5	0,2
BG-19	-0,01	27	30	81	67	-1	280	370	5	85	0,4	4	0,3
BG-20	20,40	109	347	55	45	1.440	1.050	38	13	750	206	8	0,2

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección

analíticos que se recogen en el cuadro 4.2.2.1., acerca de los cuales se puede considerar:

- El oro guarda una estrecha relación de afinidad con la fractura con relleno brechoso y de cuarzo, con abundancia de óxidos de hierro. Es aquí donde se han obtenido los valores más altos (4,60; 4,65; 20,40 ppm) con un valor de 0,75 ppm. en la cuarcita encajante próxima a la brecha. Parece marcarse una relación clara unívoca genética de carácter estructural, con una diseminación irregular afectando al encajante de la fractura.
- Existe una clara diferenciación de contenido de fondo geoquímico entre el leuco-cuarzogabro y la serie areniscosa encajante para determinados elementos. Así, Mn, Ba y Mo presentan valores más altos en las rocas gabroicas, en tanto As y Sb son singularmente más altos en las rocas detriticas.
- Existe una muy marcada relación entre el oro y cobre, arsénico y antimoniio en cuanto a magnitud de contenidos, sin que eso represente proporcionalidad o posibilidad de correlación entre valores de unos y otros elementos.
- Plata y bismuto, al igual que en otros puntos, se presentan por debajo de los niveles de detección, a excepción de una muestra de la fractura mineralizada, en que los valores respectivos son relativamente altos.
- El Hg presenta una fuerte anomalía en la muestra 20 (206 p.p.m.) pareciendo estar asociado a la mineralización con oro.
- No son asimilables o relacionables con Au, ni con el resto de los elementos, los contenidos geoquímicos de Pb, Zn, Mn, Ba, Mo y Te.
- El As se presenta con valores geoquímicos muy altos respecto a otras zonas, pero en concordancia con contenidos de áreas próximas.

Geoquímica de suelos

Debido a la amplitud de excavación realizada y la irregularidad de la misma, lo que ha producido una indudable contaminación por laboreo, se ha considerado conveniente no realizar perfil de geoquímica de suelos ya que los resultados del mismo serían de dudosa fiabilidad y las interpretaciones muy posiblemente erróneas.

Mineralometría

Por hallarse situada la corta en la parte más alta del relieve, con dos vertientes, se han tomado dos muestras una en cada ladera. Sobre la vertiente que da al valle del Río Narcea (occidental) la muestra fué cogida entre la corta y Millera, sobre sedimento de cauce vivo-depósito antiguo del arroyo, en tanto en la vertiente sobre el Río Pigueña (oriental) donde no existe curso continuo de agua se tomó sobre acumulación terrosa-arcillosa sobre

cauce vivo. En ambos casos, el contenido en materiales arcillosos era muy alto, con lo que el volumen inicial (10 l.) no se llevó a concentración extrema. Las colas de batea se sometieron a separación por medios densos, apreciándose una gran abundancia de micas pardas (broncita).

Se han detectado, sobre un fondo de fragmentos de roca y cuarzo, presencia de apatito y sulfuros escasos. Aparecen asimismo fragmentos muy pequeños muy reflectantes, amarillos a blanquecinos, de tamaño muy pequeño para ser identificados al binocular. Análisis sobre muestra total de estas muestras han dado valores de 0,56 y 3,34 ppm, por lo que puede suponerse que dichos puntos correspondan a gránulos de oro en tamaño muy fino.

4.2.2.3.- Corte de Millera

Esta pequeña excavación -máximo 350 m. x 200 m. y 20 m. de profundidad-, (coordenadas geográficas 6°15'30" longitud O Greenwich, 43°20'04" latitud N), de forma muy irregular, se sitúa en un contexto litológico constituido por cuarcitas o areniscas cuarcíticas o limolíticas, blancas o con impregnación de óxidos de hierro superficial o penetrativa (BG-13/14), con caolinita dispersa o formando láminas interestratificadas de 1 mm. de espesor. Aparentemente, la excavación corresponde a una profundización en el lavado del coluvión de la ladera, llegando a afectar el sustrato rocoso en el surco principal.

En el reconocimiento de campo no se han observado elementos de carácter estructural (fracturas) o petrológico (intrusivos) que permitan justificar esta labor, por lo que no se han realizado estudios de detalle excepto láminas delgadas y análisis multielemental.

Estudios realizados

Fotografía

Se han estudiado dos muestras (BG-13/14) de las rocas en que se encuentra implantada la excavación, correspondientes a:

- Cuarcita, con cuarzo como principal, con textura granoblástica, y que parece proceder de una arenisca bastante pura que ha sufrido recristalización en metamorfismo de bajo grado y fracturación cataclástica.
- Limolita, bandeada, con niveles de silicificación (calcedonia) de probable origen tardío, que pueden corresponder a una silicificación intensa en materiales sedimentarios de naturaleza limolítica o arcillosa.

A excepción de esta posible silicificación, no se observan procesos de alteración hidrotermal.

Geoquímica de rocas

En los reconocimientos de campo realizados se aprecia el escaso valor significativo de los materiales aquí aflorantes, por lo que el número de muestras tomado es reducido. Los contenidos geoquímicos de las mismas no tienen un carácter de interés, con valores bajos en general para todos los elementos, a excepción relativa del Mo, sin que tenga mayor trascendencia.

	BG-13	BG-14
Au	-0,01	-0,01
Cu	15	15
Pb	50	5
Zn	82	23
Mn	134	121
Ag	-1	-1
As	20	3
Ba	72	90
Bi	-5	-5
Sb	3	1
Hg	-0,1	-0,1
Mo	9	9
Te	-0,1	-0,1

4.2.2.4.- Corte de Antoñana

Esta excavación se emplaza toda ella dentro de los términos areniscosos de la formación Oville, estando conformada por dos sectores orientados sensiblemente SO-NE a SSO-NNE en cuyo sentido tiene unos 700 m., con anchura máxima de 170-200 m. y profundidad de 50-75 m. Al Sur de la excavación principal se sitúa una trinchera o surco lineal de 550 m. de longitud sobre la línea de máxima pendiente de la ladera, que probablemente corresponda a un trabajo de registro o reconocimiento de prueba, penetrando en el sustrato.

Tiene por coordenadas del punto central:

Lambert	390,800-972,000
Geográficas	6°16'00" longitud O greenwich
	43°19'30" latitud N

No se dispone de datos sobre actividades anteriores recientes en este punto.

Reconocimiento de superficie

Como se ha indicado, la corte está implantada sobre los términos del Oville, siendo el recubrimiento superficial de coluvión reducido.

La zona central de la excavación, al menos en su parte septentrional visible, corresponde a una brecha de dirección N-40°, subvertical, de potencia variable de 3-6 m. constituida por cantes irregulares, y de tamaño variable, de cuarcita o arenisca cuarcítica englobados en un cemento cuarzoso con hematites, limonita y goethita (BG-23/24/25/28). Esta brecha presenta superficialmente un aspecto de gossan fuertemente oxidado.

El entorno de esta brecha de fractura está formado por areniscas pardas a beiges, pizarras finas verdes a grisáceas y areniscas cuarcíticas a cuarcitas blancas o ligeramente teñidas por óxidos de hierro superficiales a penetrativos (BG-26/27/29). Son frecuentes los puntos de óxidos de hierro, de tamaño inferior a 1 mm., correspondientes a relictos de oxidación de pirita (BG-21/22/30).

No se ha observado la presencia de rocas intrusivas aflorantes.

Estudios realizados

Petrografía

Las muestras de la corte de Antoñana (clave petrográfica y geoquímica BG-21 a BG-30) corresponden a formaciones detríticas

areníticas (Formación Oville) con diferentes grados de brechificación.

Petrográficamente, corresponden de rocas cuarcíticas a areniscas con matriz arcillosa-cheroidea, no ofreciendo ningún interés especial. Sólo cabe destacar la presencia de procesos secundarios de silicificación asociados a zonas de fractura (BG-21, 22 y 23) y una fracturación-brechificación posterior. El relleno de estas fracturas más tardías es siempre a base de productos goethítico-limoníticos.

No se ha detectado ningún tipo de alteración hidrotermal, a excepción de una silicificación ligada a fracturas, siendo los únicos procesos observados:

- 1º Fracturación.
- 2º Granoblastización.

Geoquímicamente, tampoco muestran anomalía alguna respecto a elementos de interés.

Microscopía de reflexión

Se ha estudiado una muestra correspondiente a la brecha de fractura que ocupa la zona central de la excavación (BG-25), así como una del encajante (BG-21). Esta última, definida como una arenisca arcillosa con microfracturación y silicificación, presenta como ópacos de Ti Rutilo y Leucoxeno, con óxidos de hierro abundantes en fracturas o seudomórficos de Pírita, esta última dispersa o incluida en cuarzo; se han visto partículas finas (<1 micra), alguna de 3-4 micras, más frecuentes en relación con óxidos de Fe, en zonas de fractura, de alta reflectividad y que probablemente correspondan a oro, ya que analíticamente se han determinado 0,30 ppm..

La brecha de cuarzo, con cementos de óxidos de hierro, presenta algún Rutilo y escasos cristales de Pírita. Son visibles finas partículas, no superiores a 1 micra, presentes tanto en los óxidos como en el cuarzo.

Geoquímica de rocas

Las muestras recogidas para geoquímica de rocas han sido analizadas multielementalmente, incluyéndose los resultados en el cuadro 4.2.2.3-R. Respecto a los mismos, puede señalarse:

- Los valores más altos de Au obtenidos en análisis corresponden a dos muestras de arenisca o cuarcita del encajante de la brecha de fractura (BG-21/22), teniendo ésta valores por debajo del límite de detección o muy bajos.
- Con carácter general, los valores de los distintos elementos considerados tienen una gran dispersión, sin que se aprecie ningún tipo de posible relación, y tanto menos correlación.



CUADRO : 4.2.2.3-R **SECTOR :** CORTA DE ANTONANA.

IMINSA

GEOQUIMICA DE ROCAS (PPM)

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección.

entre unos y otros.

- Asimismo, no se constata ninguna asociación entre el oro y cualquier otro de los elementos considerados, siendo éste el único significativo respecto a sí mismo, a excepción del Hg.
- En general, los contenidos geoquímicos de los distintos elementos son muy dispersos, con fluctuaciones que pueden llegar a considerarse como anomalías para alguno de ellos, pero sin que ello represente significación prospectiva.
- El arsénico tiene un contenido de fondo considerablemente alto para el conjunto de las muestras, si bien se presenta en aparente regresión respecto al oro.
- El antimonio, sin guardar relación de orden de magnitud con el oro, manifiesta un contenido de fondo geoquímico considerablemente alto en general, sin que el número de datos disponibles permita realizar una cualificación de estos datos.

Geoquímica de suelos

Se ha llevado a cabo una toma de muestras de suelos para geoquímica multielemental, realizando una sección en dos tramos a fin de evitar los recubrimientos de coluvión y las áreas excavadas, por las posibles contaminaciones existentes. La dirección de los perfiles es sensiblemente NO-SE.

En general, el horizonte B está mal desarrollado o es inexistente, presentándose los horizontes A y C unidos y con poco espesor.

Las muestras se han tomado con espaciamiento de 25 m., teniendo la numeración BG-101 a BG-130.

Los resultados analíticos se incluyen en el cuadro 4.2.2.3-S.

Los resultados analíticos obtenidos, si bien limitados por el reducido número de muestras, permiten considerar:

- El Au presenta una anomalía muy marcada fuera del ámbito de prolongación de la excavación (BG-19), a la que corresponde un valor igualmente más alto de Sb. No se ha contrastado en campo dicha anomalía.
- Para el resto de puntos, el Au se encuentra con valores bajos, presentando algunos datos más altos en la zona de probable extensión de la corta.

No se aprecia relación de correspondencia del oro con otros elementos químicos de los considerados, perdiéndose la que presentaba en litogeoquímica con el Hg.



IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS (PPM)

MUESTRA	Au	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
BG-101	0,02	12	25	24	20	-1	8	104	-5	2	0,2	2	0,1
BG-102	0,03	11	26	33	13	-1	6	130	5	2	0,1	2	-,1
BG-102	-0,01	8	17	14	13	-1	3	106	-5	1	-0,1	2	-0,1
BG-104	0,01	116	32	37	49	-1	360	170	-5	28	0,2	3	0,1
BG-105	0,02	20	22	48	52	-1	37	178	-5	5	0,1	2	-0,1
BG-106	0,02	13	19	41	31	-1	28	180	-5	3	0,5	2	-0,1
BG-107	0,01	9	14	28	18	-1	20	108	-5	2	0,4	2	-0,1
BG-108	0,03	10	20	30	24	-1	17	135	-5	2	0,2	3	-0,1
BG-109	0,5	60	59	45	48	-1	23	226	-5	13	0,5	3	-0,1
BG-110	0,04	16	50	38	14	-1	18	138	-5	11	-0,1	2	0,1
BG-111	0,06	10	38	41	25	-1	15	62	12	1	0,9	2	0,1
BG-112	0,06	24	236	100	53	-1	69	122	9	17	0,3	2	0,1
BG-113	0,09	13	24	23	20	-1	158	232	-5	16	0,2	2	0,1
BG-114	0,17	16	29	32	27	-1	139	178	-5	15	-0,1	2	0,1
BG-115	0,02	12	37	29	36	-1	110	335	-5	11	-0,1	2	0,1
BC-116	0,07	15	39	21	47	-1	145	212	6	7	0,1	2	0,1
BG-117	0,06	8	17	14	16	1	100	250	-5	3	-0,1	2	0,1
BG-118	0,02	15	11	19	28	-1	210	226	-5	3	-0,1	2	-0,1
BG-119	0,66	15	12	24	28	-1	180	300	-5	5	-0,1	3	-0,1
BG-120	-0,01	14	6	22	19	-1	150	190	-5	3	-0,1	3	-0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección



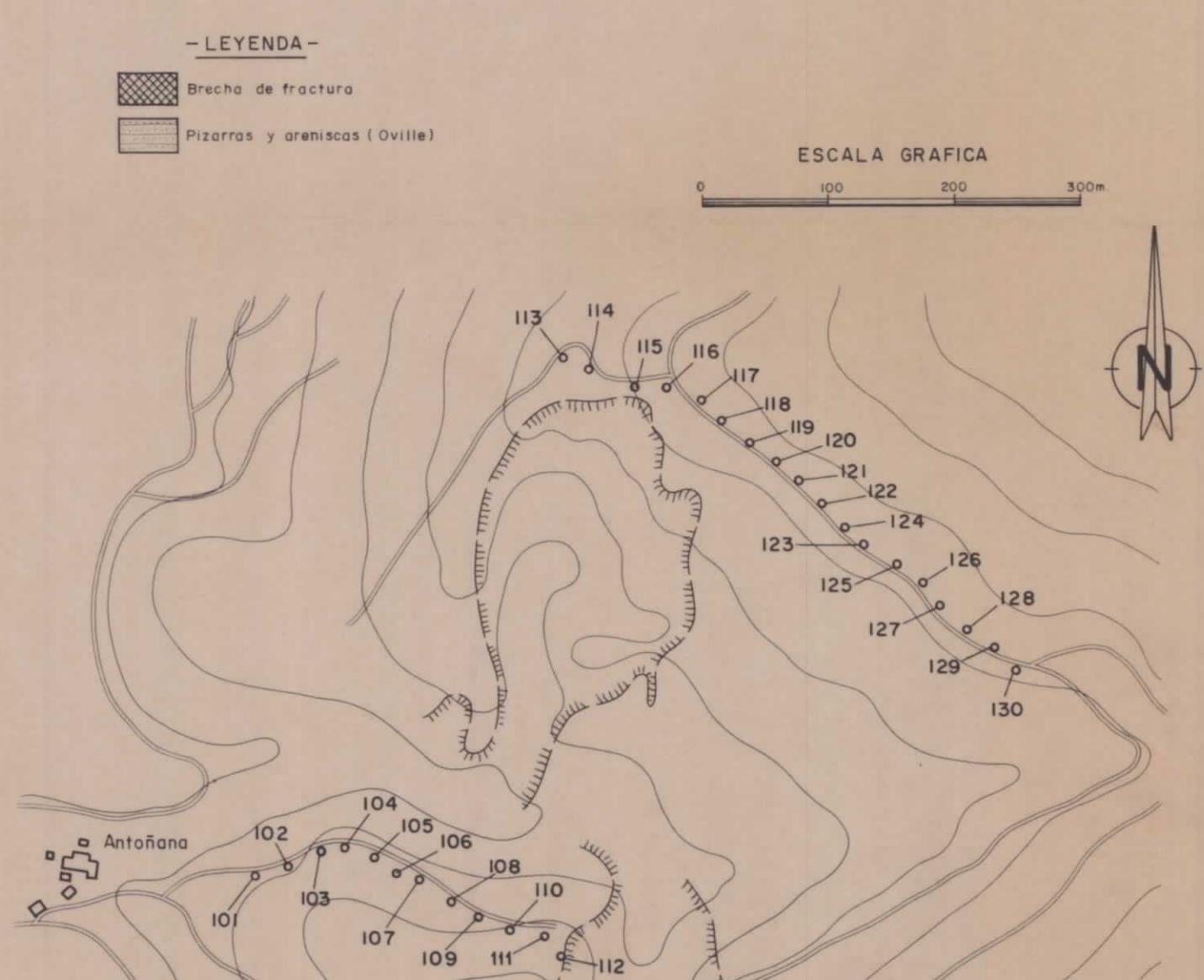
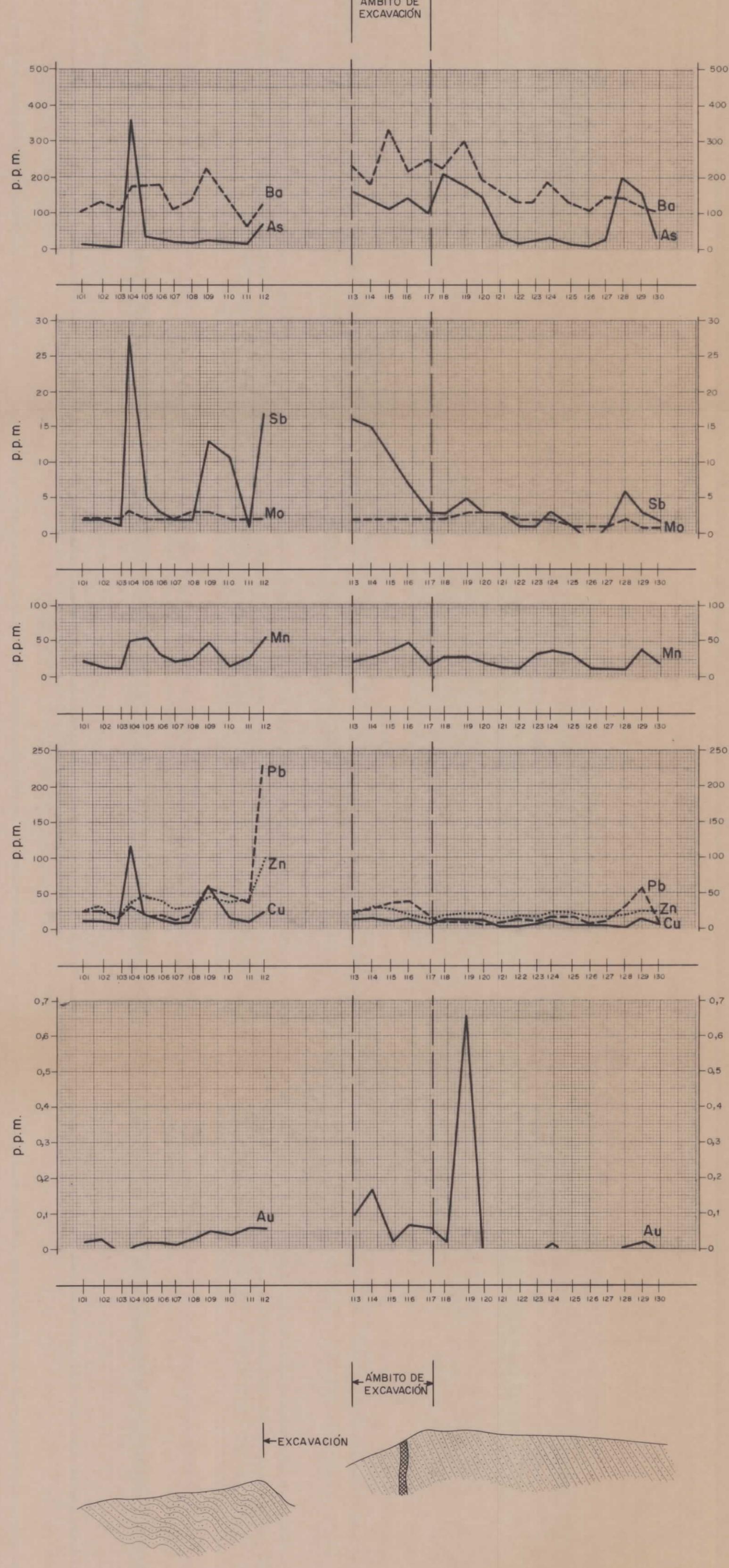
CUADRO: 4.2.2.3-S

SECTOR: CORTA DE ANTOÑANA

IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección.



- Se marcan dos anomalías puntuales multielementales en:

104 = Cu-Sb-As
109 = Cu-Sb-Ba

que no guardan correspondencia con valores anómalos de Au.

- El As presenta en general valores de fondo levemente altos, con bastante variabilidad, si bien parece tener cierta tendencia a coincidir en máximos anómalos con otros elementos (104/118-119/128-129).

- El Sb presenta valores bajos de fondo, si bien hay un número de valores anómalos superior a otras zonas.

- Pb y Zn se encuentran en contenidos de fondo normales, si bien en el límite occidental de la corteza manifiestan una fuerte elevación.

- El Mn se encuentra con valores bajos y uniformes.

- Los elementos Ag, Bi y Te se presentan con valores cercanos o inferiores a los límites de detección, por lo que no cabe considerarlos de interés.

- En base al número de datos disponible, no puede establecerse ninguna relación, a priori, válida multielemental como guía prospectiva del oro.

Mineralometría

Se han tomado dos muestras a lo largo del arroyo o río Carrales, en el tramo comprendido entre la corteza y el abrevadero sobre la pista de Antoñana a Millera. El material (10 l.) se cogió sobre el lecho vivo del río, con depósito de arenas heterométricas a más finas y calibradas en cola.

Las muestras se han llevado a concentración límite en batea y separación por medios densos de las colas. Se ha identificado, sobre un fondo de cuarzo y fragmentos de roca, la presencia de círcón, turmalina, apatito y ópacos de oxidación de sulfuros (?). Con carácter muy puntual, se han desarrollado gránulos amarillentos a blanquecinos, brillantes, de tamaño inferior a 20 micras, que podrían corresponder a partículas de oro. Ocasionalmente, sobre fragmentos de ópacos de alteración se observan asimismo puntos de alta reflectividad.

4.2.3.- SECTOR BEGEGA-EL VALLE (PLANOS 8-9)

Es el más meridional de los yacimientos estudiados, si bien al suroeste de él aún se sitúa la explotación de Boinás, siendo de los más antiguos referenciados (PAILLETTÉ, 1852; SCHULTZ, 1858).

Se sitúa en las coordenadas:

Lambert	388,400-968
Geográficas	6°17'45" Longitud O Greenwich
	43°17'25" Latitud N

La excavación, de forma irregular, se extiende a lo largo de 1.000 m. en sentido SO-NE con una anchura máxima de 300-250 m. y profundidad muy variable de 20-30 m. Dentro de este hueco, la zona más intensamente lavada presenta un aspecto ruiforme constituido por los restos de un Karst desarrollado sobre las dolomías de la formación Láncara, que ocupan la parte central formando un núcleo anticinal de dirección N-40-50°. Aparentemente, y al igual que sucedía en Navelgas, la actividad se centró en el lavado de las arcillas de relleno de las cavidades Kársticas.

A época más reciente corresponden las cuatro escombreras emplazadas dentro de la corta y la galería aún accesible. Las informaciones recogidas señalan que estas labores tenían como objetivo el aprovechamiento de minerales de cobre, relacionados aparentemente con zonas de fracturación.

No se dispone de información respecto a que se haya llevado a cabo algún tipo de actividad investigadora en los últimos años.

Debe señalarse aquí que una gran parte de la superficie de la zona está cubierta por depósitos continentales terciarios, constituidos por conglomerados heterométricos, arcillas y calizas blancas.

4.2.3.1.- Reconocimiento de superficie

El entorno de la excavación en su parte E está constituido por pizarras y areniscas, blancas a grises, con manchas irregulares y dispersas de óxidos de hierro, de la formación Oville, constituyendo el flanco suroriental del anticinal de Begega. Esta estructura presenta aquí una fuerte inclinación de su eje hacia el Norte, con lo que las dolomías quedan limitadas en una terminación perianticinal.

Dentro de esta serie detrítica, al NE de la corta, se

encuentra un pequeño afloramiento de una brecha de cantes cuarcíticos englobados en un cemento de óxidos de hierro (limonita, hematites), de dirección N-70° y potencia irregular del orden de 2 m. (BG-31). Su aspecto es muy similar a las brechas de las cortas de Antoñana y La Grueba.

La zona central de la excavación está situada sobre dolomías beiges, claras, de grano muy fino a sacaroideas, ankeríticas a veces, con manchas irregulares de óxidos de hierro que pueden formar agrupaciones puntuales dentro de la masa; pirolusita dendrítica dispuesta en películas sobre superficies de discontinuidad. (BG-32/34/35/36/38/39/40). En algún caso, dentro de dolomías grises, finas, se aprecia la presencia de puntos de pirita, ocasionalmente en oxidación incipiente. (BG-42).

En zonas de fractura la dolomía puede adoptar un aspecto brechoso a microbrechoso, aglutinándose los cantes en una pasta cuarzosa (BG-33/37).

La silicificación es muy irregular de unos puntos a otros, si bien parece desarrollarse más intensamente en la proximidad de zonas de fracturación, donde llega a constituir un relleno de potencia variable.

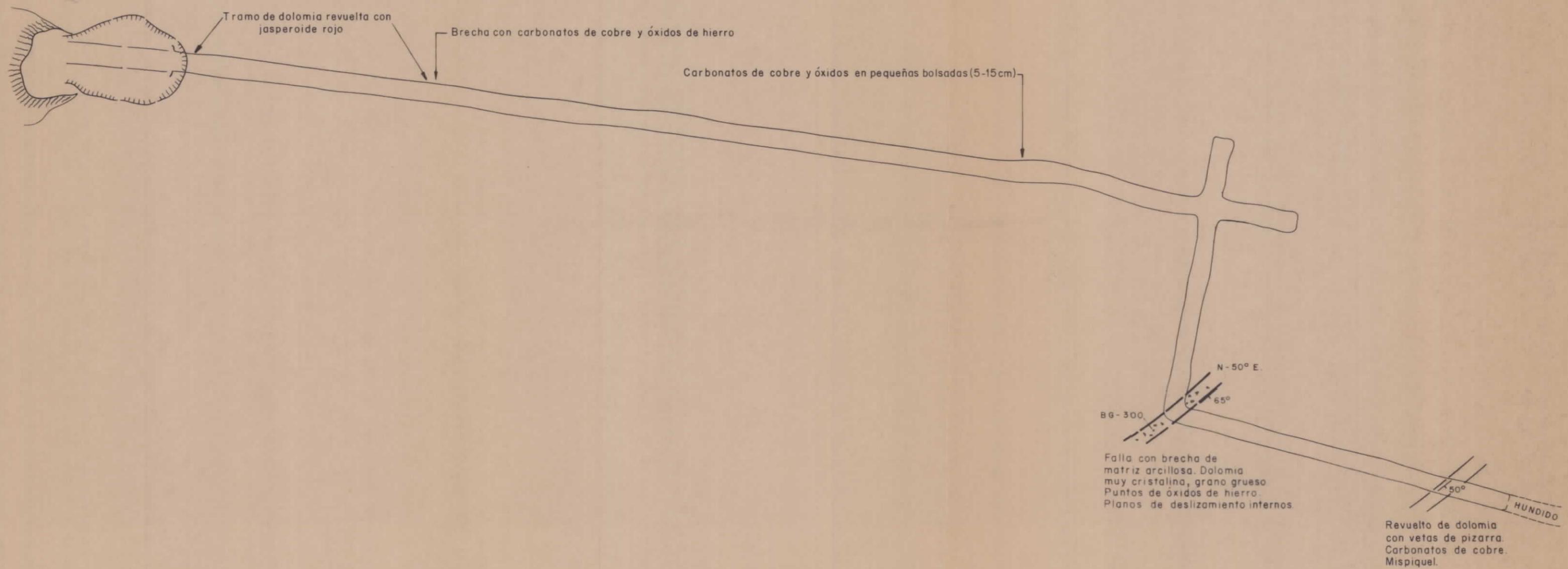
El aspecto más destacable, ya indicado, lo constituye el desarrollo del Karst con una disposición reticulada debido a la existencia de, al menos, dos sistemas de fracturas: N-40-50° y N-350-10°. Son estas fracturas, con relleno de brecha dolomítica y cuarzo, las que canalizan la karstifican debido a su mayor permeabilidad.

El sistema N-40-50° presenta ocasionalmente asociada a relleno de brecha (BG-48). A este sistema corresponde una fractura situada en la zona central de la corte encajada en dolomía beige a oscura, con silicificación muy irregular (BG-43/46). La caja de fractura es de 2-2,50 m. de potencia y está ocupada por una brecha dolomítica envuelta en cuarzo. Las salbandas de la brecha presentan un elevado contenido en óxidos de hierro y manganeso (BG-44/45); como especies minerales, pirolusita, pirita, arsenopirita, calcopirita, calcosina.

A este mismo sistema pertenece la fractura que delimitada la excavación por el SE, vertical, y en la que se encuentra una costra de dolomía oscura, fuertemente recristalizada y silicificada, con sulfuros dispersos o en agregados irregulares (BG-49/50).

El sistema N-350-10° tiene menor desarrollo que el anterior, hallándose asimismo silicificado (BG-47).

La galería de la mina de El Valle tiene una dirección N-115°. La serie observable es dolomítica, monótona, buzando al SE. El primer tramo presenta un revuelto de dolomía con jasperoide rojo, estando el resto del transversal general en dolomía con zonas irregulares y de reducidas dimensiones de brechas cuarzosas con



MINA EL VALLE - BEGEGA (BELMONTE)

Escala 1:200

carbonatos de cobre y óxidos de hierro en costras o pequeñas bolsadas. En la rama Sur se llega a cortar una fractura con brecha arcillosa y óxidos de hierro, sin que sean visibles sulfuros. Siguiendo hacia el E, se atraviesa una zona revuelta con manchas de carbonatos de cobre y arsenopirita.

En los reconocimientos efectuados no se ha observado la presencia de rocas intrusivas.

4.2.3.2.- Estudios realizados

Petrografía

Las muestras estudiadas pertenecientes a la corta (clave petrográfica y geoquímica BG-31 a BG-50) corresponden a litologías cuarcíticas o silíceas y a litologías carbonatadas, fundamentalmente dolomíticas, que han sufrido procesos importantes de recristalización, fracturación y brechificación y mineralización.

El grupo de composición carbonatada (más ampliamente representado en el conjunto de láminas estudiadas) muestra una gran variedad, clasificándose como dolomías recristalizadas, calizas brechoides o dolomías deformadas y limonitizadas. Si bien los procesos de recristalización y deformación observados varían mucho de unas láminas a otras, sobre todo en lo que se refiere al tamaño de los cristales (texturas microesparíticas a esparíticas bien desarrolladas), en general se pueden establecer la siguiente secuencia de procesos.

- 1º Brechificación.
- 2º Recristalización.

Y, por último, otra etapa de fracturación menos importante y a veces algo de silicificación incipiente (BG-39/BG-45). Ligados a la etapa de fracturación se observa relleno por óxidos de Fe y cuarzo (BG-46-47-48 y 49).

Geoquímicamente, cabe destacar algunas anomalías positivas como las que se observan en las muestras BG-43, BG-44, BG-45 con contenidos muy elevados en Cu, As y Zn, pero principalmente en el primer elemento citado. A este respecto la muestra BG-44 se caracteriza por un 20% de cobre. Petrográficamente, se trata de una roca muy rica en sulfuros y cuarzo, los minerales opacos aparecen en masas compactas y constituyendo una especie de red entre zonas o clastos de composición cuarcítica y textura granoblástica. Del estudio petrográfico parece deducirse un reemplazamiento de sílice por los minerales opacos, posiblemente asociado a un proceso de brechificación. Por último, existe también algo de recristalización de cuarzo que a su vez engloba algunos granos de sulfuro.

Microscopía de reflexión

Se han estudiado en microscopía de reflexión muestras tanto de la roca carbonatada (BG-36/42/43/46/49) como de roca silicificada o fracturas con cuarzo (BG-40/44/45/300). Como minerales opacos se han detectado:

- **Rutilo e Ilmenita**, dispersos y puntuales.
- **Pirita**, en pequeñas partículas, a veces reemplazada por Goetita o Marcasita pseudomorfa, o sustituida por óxidos de hierro. En algún caso se ha observado Pirita framoidal, coincidiendo con Carlin donde aparece oro no visible ligado a este mineral.
- **Calcopirita**, aislada en pequeñas partículas o agrupada. Puede estar parcial o totalmente sustituida por Calcocita, Covellita y Cobre gris. Ocasionalmente, se encuentra Cuprita reemplazando a Calcocita, así como Cubanita arcillosa. Pueden desarrollarse películas o costras de Malaquita irregulares.
- **Óxidos de hierro** en relleno de fracturas o reemplazando a pirita
- **Aisladamente**, se ha detectado Estannita y Magnetita.
- El oro se presenta en partículas incluidas generalmente en cuarzo, a veces en fisuras o superficies intercristalinas de carbonatos. Aparentemente, se haya asociada a la venida de cuarzo, y en las fracturas a los óxidos de hierro. Se han visto partículas de tamaño máximo 5 micras, siendo las más frecuentes las de 1 micra, ocasionalmente 2 micras, con alta reflectividad.

Se puede resumir que es frecuente observar posibles indicios de oro, rara vez en cantidades importantes como oro visible. Presentan colores bastante blanquecinos, rara vez el amarillo típico de oro, lo que indicaría posibles aleaciones. El oro visible es muy raro, siendo lo más frecuente que oscile en torno a 1μ .

Geoguímica de rocas

Los valores analíticos de la litogeocuímica realizada sobre muestras de esta zona están contenidos en el cuadro 4.2.3.2-R, pudiendo indicarse respecto a los mismos:

- El Au se presenta con valores altos únicamente en aquellas muestras que corresponden a zonas de fractura o al relleno de éstas (BG-44-45-49-50). No se marca ningún contenido geoquímico en las dolomías en que encajan estas fracturas.
- Se aprecia una clara relación directa de contenidos entre Au y Cu, As, Hg, Bi y Sb, insinuándose asimismo ligeramente para el Zn. No obstante, no existe correlación lineal de valores.



IMINSA

GEOQUIMICA DE ROCAS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
BG-31	-0,01	123	15	103	144	1	650	116	-5	34	0,4	9	-0,1
BG-32	-0,01	12	1	23	1.698	-1	23	188	-5	4	0,2	5	0,1
BG-33	-0,01	460	12	95	4.150	-1	109	270	7	12	0,2	6	0,2
BG-34	-0,01	67	9	39	1.065	-1	93	190	-5	4	0,1	6	0,1
BG-35	-0,01	73	5	39	1.876	-1	21	212	6	4	0,1	6	-0,1
BG-36	-0,01	16	-1	19	318	-1	14	201	-5	1	-0,1	5	0,1
BG-37	0,01	21	-1	18	1.612	-1	38	180	-5	3	0,1	5	-0,1
BG-38	-0,01	13	-1	16	808	1	83	140	5	1	-0,1	4	-0,1
BG-39	-0,01	19	1	22	1.511	1	130	142	-5	4	0,2	7	-0,1
BG-40	-0,01	29	-1	18	1.156	1	143	120	5	9	0,22	9	-0,1
BG-41	-0,01	11	1	33	643	-1	5	1280	8	4	0,2	8	-0,01
BG-42	-0,01	30	-1	80	1.705	-1	14	410	-5	7	0,4	6	0,1
BG-43	0,01	3.715	15	130	4.090	1	93	365	-5	480	0,9	6	-0,1
BG-44	1,08	200.000	230	585	43	190	4.000	21	545	1.500	36,0	6	-0,1
BG-45	0,24	8.700	6	595	309	3	1.150	55	18	220	2,5	2	-0,1
BG-46	-0,01	420	5	96	2.341	1	130	225	-5	15	0,7	5	-0,1
BG-47	-0,01	90	5	25	1.708	-1	20	220	-5	7	0,5	6	0,1
BG-48	-0,01	373	3	70	6.370	1	125	340	-5	13	0,5	7	0,1
BG-49	0,02	176	8	55	2.293	-1	48	410	-5	7	0,6	6	0,1
BG-50	0,02	74	3	55	3.830	-1	45	485	-5	18	0,3	7	0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección

- Los valores de cobre son altos, en tanto los de antimonio y molibdeno son muy bajos.
- El arsénico presenta valores altos, si bien ésto se halla en consonancia con el resto de mineralizaciones e indicios de esta zona.
- El Bi se presenta intimamente asociado a la mineralización filoniana, junto con el oro, cobre y arsénico, al igual que ocurre hacia el Norte (Carlés).
- El Ba parece presentar una regresión respecto al Au, debida probablemente a no hallarse como constituyente en el relleno de las fracturas.
- El Te, al igual que en las otras zonas, no tiene ningún significado geoquímico respecto al oro o a los otros elementos considerados.
- El Mn se presenta en contenidos generalmente altos, lo que guarda relación con el paquete de dolomías que presentan siempre fondos geoquímicos altos para este elemento.

Geoguímica de suelos

Se ha realizado una toma de muestras de suelos para geoquímica multielemental, mediante una sección situada en la parte más alta del collado de Begega. Debido a la existencia de depósitos terciarios hacia el Oeste, la sección consta de dos tramos para evitar hacer la toma sobre dichos materiales, estando todo el perfil levantado sobre sustrato de la formación Oville.

Los suelos están mal desarrollados, con el horizonte B prácticamente inexistente, y confundiéndose en muchos casos los horizontes A y C. Los espesores son reducidos, del orden de 10-20 cm.

La numeración de muestras es BG-51 a BG-80, teniendo espaciamiento de 25 m..

Los resultados analíticos obtenidos se incluyen en el cuadro 4.2.3.2-6.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir:

- El Au se presenta prácticamente a todo lo largo del perfil, marcando valores ligeramente más altos que el fondo en el área que correspondería a la prolongación de la excavación.
- Cu, As y Sb presentan una coincidencia de anomalía con el Au (BG-70), situada dentro del Ámbito de influencia de la excavación, en tanto en el punto 59 lo hacen junto con Mn, marcándose Au, en posición coincidente con la prolongación de la brecha de cemento hematítico del punto 31. (Cu 123 ppm/As 650 ppm/Sb 34



CUADRO: 4.2.3.2-S

SECTOR: CORTA DE BEGEGA-EL VALLE.

IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS (PPM)

MUESTRA	Au.	Cu	Pb	Zn	Mn	Ag	As	Ba	Bi	Sb	Hg	Mo	Te
BG-51	0,03	24	6	53	289	1	120	300	7	4	0,3	4	0,1
BG-52	0,02	20	14	37	117	-1	52	210	-5	3	0,3	5	-0,1
BG-53	0,02	33	14	60	226	-1	69	255	-5	6	0,5	5	0,1
BG-54	0,03	27	11	34	185	-1	39	196	-5	5	0,5	3	0,1
BG-55	0,04	43	19	47	105	-1	170	255	-5	8	0,1	4	-0,1
BG-56	0,03	52	14	54	198	8	142	245	-5	7	0,1	5	-0,1
BG-57	0,02	72	23	42	106	1	280	230	-5	8	0,2	4	0,1
BG-58	0,03	48	104	117	421	-1	180	290	-5	8	0,3	3	0,1
BG-59	0,03	144	14	75	899	-1	600	280	-5	10	0,3	5	0,1
BG-60	0,02	23	13	22	286	-1	119	250	-5	4	0,3	3	-0,1
BG-61	0,02	160	7	43	89	-1	320	255	-5	5	0,1	2	-0,1
BG-62	0,04	64	5	25	78	-1	330	365	-5	7	0,3	4	-0,1
BG-63	0,02	34	13	52	114	-1	140	268	-5	4	-0,1	2	0,1
BG-64	0,03	72	12	48	97	-1	320	310	-5	5	0,1	3	-0,1
BG-65	0,03	28	23	88	268	-1	118	242	-5	3	-0,1	2	0,1
BG-66	0,05	29	18	47	196	-1	153	205	-5	5	0,1	2	-0,1
BG-67	0,01	77	23	61	175	-1	160	260	-5	9	0,1	3	-0,1
BG-68	0,03	122	23	39	162	-1	313	330	-5	12	0,1	5	0,1
BG-69	0,03	156	33	51	147	-1	362	325	-5	12	-0,1	5	-0,1
BG-70	0,09	295	28	30	39	-1	750	550	-5	48	0,5	4	-0,1

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección



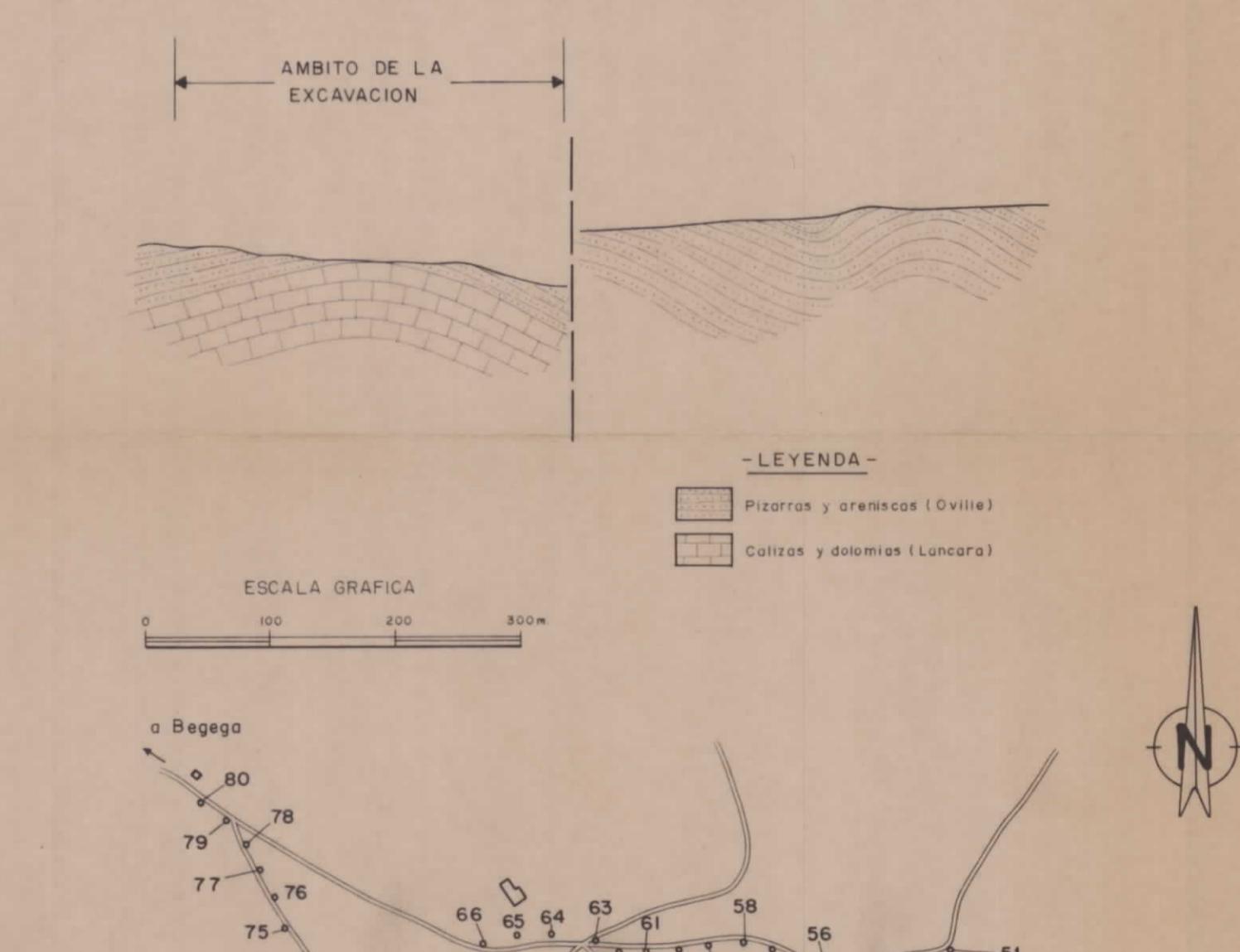
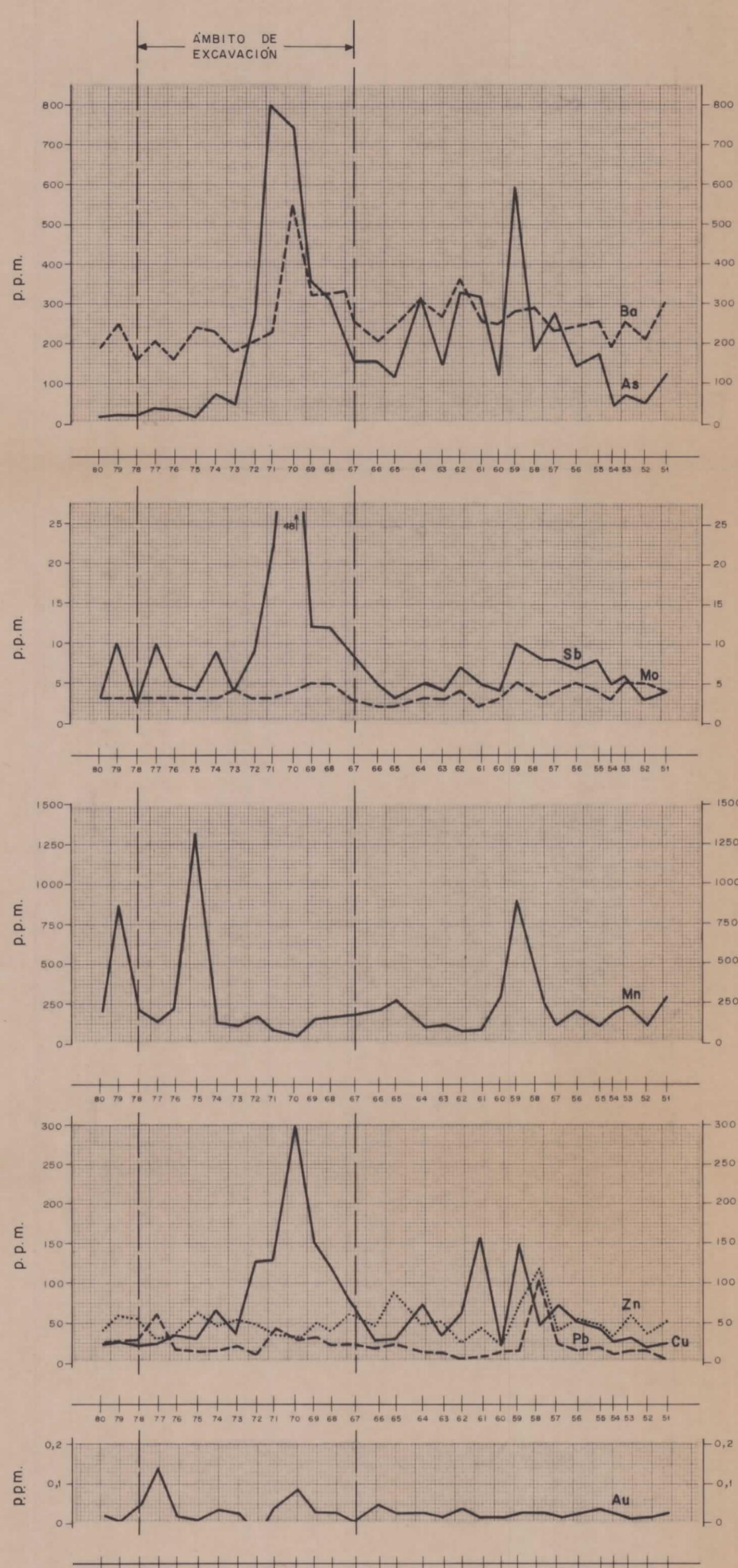
CUADRO: 4.2.3.2-S

SECTOR: CORTA DE BEGEGA-EL VALLE.

IMINSA

GEOQUIMICA DE SUELOS.

El signo (-) significa que es menor que el límite de detección.



ppm/Mn de concentración supergénica). Esto sirve de comprobación, en este caso, del mantenimiento de anomalías de la litogeocímica en los suelos.

- El As se encuentra con valores de fondo altos, con oscilaciones puntuales marcadas.
- Asimismo, el Sb tiene valores de fondo más altos que en otras zonas, con máximos coincidentes con los del As.
- Pb-Zn tienen valores muy variables y sin aparente relación con Au, y siempre dentro de contenidos de fondo normales.
- El Mn se dispone con valores dispersos, en general y no significativos.
- Ag, Bi y Te se presentan con valores por debajo de los límites de detección, careciendo de interés a efectos prospectivos.
- La asociación Cu-As-Sb-Au puede considerarse como idónea para prospección geoquímica de suelos en este área.

Mineralometría

Sobre el fondo del valle recorrido por el arroyo de Begega se han tomado muestras en tres puntos aguas abajo del camino de El Valle a Begega, a lo largo de un tramo de unos 400 m. En los tres puntos los materiales existentes eran en principio no favorables, por hallarse constituido el fondo del valle por acumulación de materiales arenosos terciarios y arrastres de terrenos de cultivo, presentando el cauce del río depósitos más arcillosos que arenosos, con alto contenido en materia orgánica. Las tres muestras se han bateado al extremo, hasta quedar colar de finos, detectándose fragmentos de roca y cuarzo, con algún rutilo aislado o ópacos de oxidación. No se han visto partículas que pudieran ser asimilables a oro, sin que este resultado negativo pueda considerarse como excluyente del método.

5.- CONCLUSIONES

Los estudios realizados en los puntos considerados han aportado una serie de informaciones, o conclusiones previas, que se han expuesto en los apartados anteriores y para cada uno de los yacimientos estudiados. Por ello, en este apartado se recogerán con carácter general las conclusiones para cada uno de los métodos prospectivos utilizados.

Debe señalarse como primera limitación el reducido número de muestras manejado, lo que hace que para los estudios petrográficos, de reflexión y litogeoquímicos los datos disponibles sean insuficientes para poder extraer conclusiones válidas. En este sentido, indicar que en proyectos como el aquí realizado sería precisa una superior concentración de muestras para cada zona, incluyendo muestras de profundidad para poder analizar adecuadamente la variación espacial de los posibles procesos hidrotermales relacionados con el ámbito mineralizador o mineralizado.

IMAGEN LANDSAT

Los resultados obtenidos en la interpretación de imagen Landsat han sido los siguientes:

- Identificación de grandes lineaciones no cartografiadas anteriormente, que corresponden, probablemente, tanto a contactos litológicos como estructurales. En la mayoría de los casos es difícil distinguirlas, por lo que se habla de lineaciones en general.

- Las características espectrales de los diferentes materiales en la mezcla de bandas no han sido suficientes para identificar los procesos relacionados con la constitución de mineralizaciones de oro, principalmente las alteraciones hidrotermales de distinto tipo asociadas a zonas favorables. Por tal motivo, se han comparado indicios de situación conocida y puede hablarse de una correspondencia a priori con algunas lineaciones de carácter estructural. En todo caso, habría que profundizar en el estudio a nivel de tectónica global regional, habida cuenta de la probable relación con fracturas profundas.

Considerando el carácter experimental que tenía en este proyecto el estudio de imágenes Landsat, y en base a los resultados obtenidos en el mismo, puede concluirse:

- Debido a las características metalogénicas de los yacimientos auríferos de Asturias, no pueden considerarse los factores litológicos como adecuados para su detección, ya que aquéllos no guardan relación de afinidad específica con litologías definidas.
- Los procesos de alteración hidrotermal asociados, al menos espacialmente, a este tipo de mineralizaciones no presentan un contraste en la visualización de imagen que permita utilizar este criterio como guía de prospección.
- La determinación de alineaciones estructurales relacionadas, en principio, con ámbitos mineralizados o susceptibles de serlo, se ve facilitado por la visualización de imagen. De hecho, se ha determinado ampliamente la presencia en la región de dos sistemas de fracturación, N-40°E y N-120°E, no reseñados anteriormente en las cartografías disponibles, si bien si lo habían sido en imágenes Landsat anteriores por parte del IGME, en fase previa de estudio.
- La aplicación de la técnica aquí utilizada no puede hacerse con abstracción del conocimiento geológico regional. Las posibilidades que ofrece esta herramienta de trabajo requieren, para obtener un rendimiento adecuado, de un apoyo intenso de trabajo en campo y contraste de las interpretaciones que se vayan extrayendo. Su uso indiscriminado y sin fijación de objetivos definidos en investigación minera puede aportar resultados aleatorios.
- La aportación concreta a este proyecto ha sido la de confirmar a

gran escala una serie de datos de observación o conocimiento (sistemas de fracturas) de los que se tenía constancia en los trabajos de partida. Como se indica en el punto anterior, es una herramienta más de utilización e información, pero siempre como apoyo y en absoluto como definitoria.

TRABAJOS DE CAMPO

El soporte inicial de desarrollo del proyecto ha sido la cartografía geológico-minera a escala 1: 5.000 para el detalle de los yacimientos, y para Begega-Courio a 1:18.000/20.000 para interrelación entre los puntos considerados.

Las especiales características topográficas y climáticas de la región favorecen el desarrollo de suelos y depósitos coluvionares en las laderas y fondos de los valles, cubriendose en gran parte los materiales rocosos del sustrato y dificultándose las posibilidades de observación. En estas condiciones, no resulta aconsejable acudir a hacer cartografías interpretativas desde un principio, debiendo estimarse como más adecuado el levantamiento de una cartografía de afloramientos en detalle. Este sistema ha permitido prácticamente considerar a cada uno de éstos como una estación de toma de datos respecto a:

- Litología y procesos de alteración.
- Estructuras, principalmente de fractura y características
- Minerales presentes (morfología y textura)

completándose en su caso con toma de muestra.

El análisis estructural de la red de fracturación ha permitido confirmar, a escala regional, la presencia de los sistemas de fracturación N-40°E (como punto medio del abanico 20-60°) y N-110°E, con los que las mineralizaciones auríferas se encuentran asociadas, al menos a nivel de yacimiento, ya que el oro se presenta con una mayor afinidad en los rellenos de cuarzo de estas fracturas.

La posición de algunos apuntamientos intrusivos se halla en relación asimismo con estos sistemas. Así, los intrusivos de Boinás-Villaverde-Carlés se disponen sobre una alineación N-40°E, en tanto la banda Navelgas-Pola de Allande corresponde a una fractura de esta misma dirección. En muchos casos, la intersección de los dos sistemas indicados puede determinar una zona favorable para la mineralización.

PETROGRAFIA

La definición de los procesos hidrotermales asociados a la mineralización de oro permite reducir o centrar las zonas favorables a efectos de prospección. En el caso de Asturias, donde los stocks

intrusivos que pueden guardar relación teletermal con la aurificación pueden no hallarse aflorantes, la determinación de las alteraciones hidrotermales y su sucesión es un indicador válido de las posibilidades de una zona, y el estudio de éstos puede considerarse como una guía útil de prospección.

Debe hacerse la indicación de que una adecuada interpretación debe basarse en el uso de un elevado número de muestras para cada zona, a fin de estudiar variaciones laterales, dispersiones y geometría de procesos. Asimismo, el estudio de muestras de distintas profundidades facilita el análisis de la evolución en vertical de los procesos inherentes.

Las características petrográficas de las distintas zonas han sido:

Abaniella: se encuentran dos tipos de rocas:

- Rocas ígneas, de composición gabroica, con tendencias texturales diabásicas, a veces algo doleríticas. Los procesos de alteración más importantes corresponden a sericitización, cloritización y carbonatización, con sulfuros asociados en los dos últimos casos. Puede considerarse la probabilidad de que estas rocas ígneas se hayan emplazado en su posición actual con los procesos de alteración ya incorporados en su anterior posición en profundidad. La paragénesis de la alteración corresponde a asociación propilitica.
- Rocas silíceas, caracterizadas porque el carácter silíceo viene marcado por procesos de silicificación ligados a brechificación, sobre rocas anteriores de naturaleza carbonatada. La secuencia de procesos es:

1º Silicificación de carbonatos.

2º Recristalización parcial (granoblastización).

3º Fracturación/brechificación con relleno mineral.

Navelgas: con tres tipos básicos litológicos.

- Rocas pelíticas, compuestas por metapelitas nodulosas con escapolita, ésta muy abundante, procedentes probablemente de materiales cineríticos dado el tamaño fino y la homogeneidad de la matriz.
- Rocas carbonatadas, de composición dolomítica, fuertemente recristalizadas (probablemente de origen térmico), con brechificación y/o fracturación e introducción de óxidos de hierro.
- Rocas silíceas, contienen feldespatos y han sufrido fracturación con relleno de sílice, mostrando a veces carácter milonítico.

Solamente se ha observado cloritización sobre las rocas pelíticas como proceso de alteración hidrotermal, por lo que establecer una relación con intrusivos no aflorantes no es factible a escala del conocimiento actual.

La Grueba: con rocas ígneas y sedimentarias:

- Rocas ígneas, de texturas subvolcánicas y que deben corresponder a apófisis de nivel alto. Existen procesos de transformación magmática de las paragénesis primarias. Se clasifican como leucogabros. No presentan en general alteraciones, a excepción de sericitización de plagioclasas y cloritización de biotitas.
- Rocas sedimentarias, constituidas por cuarcitas a areniscas cuarcíticas.

Dentro de este contexto se destaca la presencia de una roca silícea de textura granoblástica-xenoblástica, ligada a una fractura, posiblemente con varias fases de constitución, a la que se asocian anomalías geoquímicas de oro y plata.

Antoñana, con rocas cuarcíticas a areniscas con matriz arcillosa-cheroidea, presentándose procesos secundarios de silicificación asociados a zonas de fractura. No se ha detectado, a nivel de las muestras estudiadas, ningún tipo de alteración hidrotermal a excepción de la silicificación ligada a fracturación/granoblastización.

Begega, con rocas de dos tipos:

- Carbonatadas, formadas por dolomías recristalizadas, calizas brechoides o dolomías deformadas. Los únicos procesos de alteración presentes son:
 - Brechificación.
 - Recristalización.
- Siliceas, presentes normalmente en rellenos de fractura, con sulfuros en masas compactas a dispersos entre clastos cuarcíticos con textura granoblástica o reemplazando a la sílice.

En general, y como queda señalado, los únicos procesos comunes a todos los puntos estudiados son la fracturación/brechificación/silicificación, a los que se asocia en todos los casos la presencia de oro, aunque el desarrollo de los mismos pueda ser muy variable. Esto no implica que, en profundidad o en zonas más próximas a posibles focos, los procesos de alteración hidrotermal no sean más amplios.

MICROSCOPIA DE REFLEXION

Abaniella

Las conclusiones aquí son similares a las anteriores. El oro visible es escaso, entendiendo como oro visible el que supere las 2-3 micras y sea fácil de caracterizar con el microscopio de reflexión utilizado. En cambio, es frecuente relativamente la

presencia de finas partículas de posible oro (alta reflectividad) observadas en la mayoría de las muestras.

En los tres casos, los sulfuros -cuando están presentes- no parecen estar relacionados con oro visible. Este suele presentarse en poros o huecos (en carbonatos o en cuarzo), con frecuencia ligado a zonas de fracturas, o también en óxidos de Fe secundarios. Es posible que, en ocasiones, alguna de esas partículas se hayan insertado en dichos huecos durante las fases de pulido, pero en otros muchos casos parecen encajadas en su lugar original.

Navelgas

En relación con las muestras estudiadas cabe decir que son muy semejantes. La abundancia de minerales de Ti podría apoyar la hipótesis de un origen volcánico de estos materiales (cineritas?), que habrían sufrido luego metamorfismo.

En cuanto a su posible riqueza en oro visible, la muestra 11 parece ser la que presentaría un mayor interés, debido sin duda a las fracturas de tensión llenas con cuarzo, sulfuros y algún filosilicato -ómicas?-, y en relación con las cuales se observan puntos de alta reflectividad con mayor importancia cuantitativa que en las restantes.

Begegar-Courcio

En las muestras estudiadas, en general es frecuente que se observen posibles indicios de oro, rara vez en cantidades importantes, al menos como oro visible. Casi siempre las partículas de alta reflectividad que podrían ser de oro son de tamaño $\leq 1\mu$. Predominan colores bastante blanquecinos, y rara vez son amarillo típico de oro (aleaciones posibles).

Las muestras 8 y 10 parecen tener un mayor contenido. De hecho en una de ellas se vió una partícula de 10 micras.

En general cabe decir que existe un fondo relativamente elevado de oro, considerando que las finas partículas lo fuesen. No parecen existir valores especialmente altos en la mayoría de las muestras. En cualquier caso, el oro visible y de buen tamaño ($>10\mu$), es muy raro, siendo lo normal que oscile en torno a 1μ .

De los estudios microscópicos de reflexión, se deduce:

- El carácter de gran finura del oro, que debería tenerse en cuenta tanto de cara a las fases de análisis, como de cara a los problemas de recuperación (y, consiguientemente, de valoración).
- La existencia bastante sistemática de ciertos minerales (por ejemplo, sulfuros varios de Cu y Fe) que, por tratarse de muestras de zonas más o menos inmediatas o dominios auríferos podrían tener cierta significación para caracterizar procesos "hidrotermales" de posible afinidad genética con el oro. También deberían tenerse en

cuenta a la hora de interpretar ciertas anomalías geoquímicas de algunos elementos -entre ellos el Cu-, y de entender mejor su significado práctico de cara a la prospección geoquímica.

- El intento de utilización de inclusiones fluidas, dada la falta de presupuesto, no ha sido abordado de forma sistemática. Sólo se ha intentado en un número escaso de muestras (provenientes unas de un punto de Abaniella y las otras de otro punto de Begega).

El resultado obtenido hace pensar en la existencia de diferencias sensibles de temperaturas, que podrían justificarse en base a diferentes niveles (diferentes profundidades) de mineralización, y en su caso a una hipotética diferencia de profundidad del posible intrusivo asociado.

Los resultados apuntan a una mayor profundidad del proceso de Abaniella (mayores temperaturas) que en Begega. Este hecho, dentro de su carácter provisional -por ser un estudio con datos insuficientes en número-, concordaría con los datos de campo de que se dispone.

GEOQUIMICA DE ROCAS

La litogeoquímica realizada en todos los yacimientos lo ha sido, en general, sobre las mismas muestras que han servido para los estudios petrográficos y de microscopía de reflexión, sobre las cuáles se analizaron Au-Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-As-Ba-Bi-Sb-Hg-Mo-Te, elementos considerados como más relacionados en mineralizaciones de oro. Acerca de los resultados obtenidos, se puede concluir:

Abaniella:

- El mayor contenido de oro guarda relación con muestras con alta densidad de vetillas de cuarzo.
- No se han detectado anomalías significativas de Ag-Bi-Sb-Te-Pb-Zn.
- Existe una cierta relación de variabilidad entre Cu y Mo, sin que sea una correlación lineal.
- Ba y Mn no tienen significado prospectivo.
- No se observa aparente relación del oro con el resto de los elementos, si bien el número de muestras disponible es insuficiente para llegar a hacer un análisis factorial.

Navelgas

- No se destaca ninguna asociación o relación geoquímica del oro con el resto de los elementos considerados.
- Los valores de Pb-Ag-Bi-Sb-Te son muy bajos y a no considerar.

- Cu-Zn-Mn-Ba presentan una gran variabilidad de contenidos, careciendo de significado para la prospección.
- El As se presenta en contenidos muy inferiores a los presentes en la Zona Cantábrica.
- Sólo puede considerarse a efectos prospectivos el oro.

La Grueba

- El oro se presenta en estrecha relación con la fractura allí existente, con ligera dispersión en el encajante.
- Mn-Ba-Mo se encuentran con valores más altos en las rocas gabroicas, en tanto As-Sb son más altos en las detríticas.
- Hay una relación entre Au-Cu, Sb-As en cuanto a magnitud de contenidos, así como anomalía de Hg sin que ello implique proporcionalidad de valores.
- No son relacionables con el oro los contenidos geoquímicos de Pb-Zn-Mn-Ba-Mo-Te.

Antoñana

- Los valores más altos de oro corresponden a dos muestras del encajante de la fractura.
- No se constata ninguna asociación entre el oro y cualquier otro de los elementos considerados, presentándose éstos normalmente con valores muy dispersos, careciendo por tanto de significado prospectivo.

Begega

- El oro se presenta con valores altos en las zonas de fractura o en el relleno de éstas. No se marcan anomalías geoquímicas de Au en las dolomías encajantes.
- Existe una relación directa de contenidos entre Au y Cu-As-Bi-Sb-Hg, sin que represente una correlación lineal de valores.
- En todos los casos, el oro y los elementos relacionados se encuentran siempre en las zonas de fractura.

GEOQUIMICA DE SUELOS

Sobre cuatro de las cinco zonas consideradas se han levantado perfiles de geoquímica de suelos, realizándose sobre las muestras análisis de los elementos Au-Cu-Pb-Zn-Mn-Ag-As-Ba Bi-Sb-Hg-Mo-Te. Los resultados obtenidos permiten concluir para las

distintas zonas:

Abaniella:

- Existen diferentes contenidos de fondo geoquímico según la naturaleza del sustrato.
- No se marcan anomalías de interés prospectivo para elementos distintos al Au.
- En base a los datos disponibles, y a expensas de un mayor contraste para la asociación Au-Cu-Mo, debe considerarse únicamente al oro como elemento válido para su prospección.

Navelgas:

- Del conjunto de los elementos analizados ninguno presenta interés significativo, bien por presentarse en valores muy bajos, bien por hacerlo en contenidos muy variables no correlacionables.
- El único elemento válido en principio como guía prospectiva de oro es él mismo.

Antoñana

- Se marcan anomalías multielementales de Cu-Sb-As y Cu-Sb-Ba sin relación con valores significativos de oro.
- El resto de elementos presenta un perfil multivariante sin interés prospectivo.
- En base al número de datos disponibles, no puede establecerse ninguna relación apriorística de otros elementos como guía prospectiva de oro.

Begega

- El Au se presenta en cierta coincidencia de anomalía con Cu-As-Sb.
- Existen valores de fondo altos para As, Sb y Cu.
- Pb-Zn-Mn-Ag-Bi-Te se encuentran con valores no significativos.
- Asociación Au-Cu-As-Sb puede considerarse como idónea, en principio, para geoquímica de suelos en esta zona.

MINERALOMETRIA

La tradición de bateadores de oro de los ríos asturianos se centra en la zona de los ríos Bárcena y Navelgas, en tanto para el resto no hay antecedentes de esta práctica.

A lo largo de la franja Navelgas-Pola de Allande, la banda aurífera es cortada transversalmente por los cursos de los ríos. La prospección a la batea es útil para detectar la presencia de oro, y de hecho las referencias disponibles así lo señalan, marcándose bien la situación de la mineralización ya que aguas arriba de la zona de cruce no se aprecian puntos de oro, salvo que existan focos de mineralización reducidos que producen una dispersión poco extensa comparada con la derivada de las labores romanas.

Realmente, la presencia de partículas de oro en los ríos es frecuente en casi todos los de la zona, sirviendo en principio para demostrar que las grandes excavaciones abiertas en las laderas estaban destinadas a la explotación de oro. Un método que se revela como útil es el bateado de muestras de suelos en el entorno de las labores y dentro de estas, revelándose la presencia de oro y permitiendo hacer una valoración cualitativa.

En el área de Begega-Courio se manifiestan unas condiciones levemente diferentes. En principio, la red hidrográfica instalada es incipiente, correspondiendo en su caso a zonas de cabecera de cursos a veces de carácter estacional. Por otra parte, los tamaños de las partículas de oro son aquí más pequeños que en la ZAOL, lo que implica una mayor dispersión pero con superiores dificultades de detección.

La fuerte alteración por oxidación supergénica de los minerales metálicos, presentes en las proximidades o en relación con el oro, hace que ya a nivel de yacimientos estos se hayan transformado. Su remoción y arrastre mecánico hasta la red hidrográfica conlleva un aumento del proceso de oxidación, y una consiguiente destrucción de la composición y textura primaria. Todo ello hace que no sea factible la identificación en bateas de minerales metálicos que puedan corresponder a la paragénesis de aurificación.

Las circunstancias indicadas hacen que la prospección a la batea sea un método prospectivo útil e indicativo para la determinación de la presencia de oro, en tanto la mineralometría de minerales metálicos no sea eficaz debido a la oxidación de éstos.

MAGNETOMETRÍA

Se han realizado dos perfiles magnetométricos, con estaciones de toma de datos cada 10 m. y emplazados sobre la misma línea que los perfiles geoquímicos, en Navelgas y Begega. En ambos casos, los resultados obtenidos marcan una clara tendencia a una "llanura magnética", por ausencia de anomalías significativas que representen factores de comportamiento que puedan ser considerados como elementos prospectivos, en relación con indicios confirmados de mineralización de oro.

Dentro de los estudios realizados se ha detectado, a nivel de indicio aislado y mínimo por su volumen, la presencia de granos de magnetita en una muestra en Begega y de pirrotita, asimismo aisladamente y en esta zona. Igualmente, y así se ha señalado, la presencia de minerales magnéticos o de masas de minerales en la banda Navelgas-Pola de Allande y su continuación es extraordinariamente escasa, hallándose generalmente los minerales metálicos como pequeñas partículas dispersas y siendo escasísimas las concentraciones locales, y de reducida dimensión en todo caso. Ello determina, ante la ausencia de elementos de significación o contraste, que la magnetometría a nivel de perfil, aún cuando sea con espaciamiento reducido de las estaciones, no sea un método prospectivo resolutivo o indicativo para mineralizaciones como las aquí contempladas, y en todo caso sus posibilidades de aplicación estarían condicionadas a la realización de una malla tupida de estaciones. No obstante, el valor de los resultados es relativo, por cuanto la no existencia de anomalía no lleva implícita la ausencia de mineralización.

Un caso distinto por su respuesta, dentro de la Zona Cantábrica, lo constituye Carlés. Aquí, el intrusivo al que se asocia la mineralización se emplaza entre calizas, margocalizas y margas devónicas, con litología de características diferentes a las del Cámbrico, desarrollándose un skarn en el entorno con magnetita; ello hace que la respuesta magnética sea del orden de variaciones para el skarn de 300-400 gammas, llegándose en algunos puntos a las 500.

La formación Láncara, presente más al Sur dentro de la zona estudiada, presenta unas condiciones litológicas en el momento de producirse las intrusiones no favorables para el desarrollo de skarn, ya que se encuentra totalmente dolomitizada epigenéticamente. Ello hace que la respuesta a la intrusión no lleve implícito un skarn magnético. Así, en los casos en que la intrusión está directamente en contacto con esta formación (Pontigo-Villaverde, Boinás) únicamente se llega a producir un skarn granatífero poco intenso.

Las circunstancias y resultados descritos hacen que la magnetometría como método de prospección deba considerarse como no idóneo, en todo caso requiriendo de una aplicación en malla y con expectativa de no obtener informaciones concluyentes.

En síntesis, los puntos más destacables para el conjunto de las mineralizaciones auríferas estudiadas son:

- El número de muestras a estudiar para una correcta definición de una mineralización y determinación de criterios prospectivos debe ser alto y, a ser posible, con datos en profundidad.
- Como criterio prospectivo debe descartarse el litológico o estratigráfico, ya que la mineralización guarda relación con los sistemas de fracturas y los procesos hidrotermales asociados a ellas.
- En lo que respecta a estos últimos, únicamente puede precisarse, la presencia de una silicificación, sin descartar otras alteraciones teletermales en diferentes posiciones respecto al foco de origen que las estudiadas.
- A efectos geoquímicos, existe una diferencia de elementos presentes entre la ZADL y Zona Cantábrica, encontrándose en esta última valores de fondo y mineralizaciones de Cu, Bi, As y Sb en relación proximal o genética con el oro, así como indicios de Hg en litogeoquímica, rompiéndose la relación en suelos.
- Con carácter general, el único elemento válido de prospección para oro es éste como tal.
- De confirmarse el tamaño inferior a 1 micra de las partículas de oro, a veces incluídas en cuarzo, debe tenerse en cuenta que un análisis por simple digestión ácida puede ser irresolutivo, con lo cual la eficacia y fiabilidad de los análisis de Au estarían superditados a que éstos se realizasen por fusión (fire assay).

En este sentido, se aconseja la conveniencia de realizar algunos estudios con microsonda y análisis por fusión sobre muestras ya estudiadas, con carácter inmediato, para contrastar las hipótesis sobre partículas finas.

6.- BIBLIOGRAFIA

No se mencionan trabajos de carácter geológico general sobre la zona.

- CONDE DE TORENO (1785).- "Discursos pronunciados en la Real Sociedad de Oviedo". Imprenta de Ibarra, 100 pp. Madrid.
- CORRETGE, L.G. (1969).- "El complejo ortoneisico de Pola de Allande (Asturias)". Bol. Geol. Min., t. LXXX, fasc. 4, pp. 289-306. Madrid.
- CORRETGE, L.G.; CARPIO, V. (1968).- "Los ortoneises básicos de Pola de Allande (Asturias)". Brev. Geol. Asturiana, año XII, nº 1, pp. 14-16. Oviedo.
- CORRETGE, L.G.; LUQUE, C.; SUAREZ, O. (1969).- "Los stocks de la zona de Belmonte-Salas". Publ. III Reunión Geol. del NW. Península ibérica.
- CHOQUETTE, P.W. e LLOYD C. PRAY (1970).- "Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates". Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 54, 207-50.

- DIAZ ASENJO, J. (1982).- "Estudio petrográfico, mineralógico y geoquímico del nivel carbonatado de la "Formación Cándana-Herrería" del Cámbrico Inferior, en el área de Muñalén-Ayones". Proyecto Fin Carrera, E.T.S. Ingenieros de Minas. Oviedo.
- FERNANDEZ SARASOLA, A. (1982).- "Investigación geoquímica y metalogénica sobre los indicios auríferos ligados a la granodiorita en el área de Begega". Trabajo Fin de Carrera, E.T.S. Ingenieros de Minas. Oviedo.
- IGME (1976).- "Investigación minera en el Sur de Salas (Oviedo)".
- - - - - (1985).- "Revisión de la hoja 1: 200.000 nº 9 Cangas del Narcea del Mapa Metalogenético de España". Inédito.
- - - - - (1985).- "Revisión de la zona asturiana de las hojas 1:200.000 nº 2 (Avilés) y 9 (Cangas del Narcea) del Mapa Metalogenético de España". Inédito.
- LLAVONA DIAZ, M.J. (1981).- "Estudio de los indicios auríferos asociados al afloramiento granodiorítico de Carlés (Salas)". Proyecto Fin de Carrera, E.T.S. Ingenieros de Minas. Oviedo.
- MEYER, C. J.J. HEMLEY (1967).- "Wall rock alteration: in geochemistry of hydrothermal ore deposits". H. L. Barnes (ed.) New York: Hal, Rinehart an Winston, pp.166-235.
- PAILLETTE, A. (1852).- "Investigaciones sobre la historia y condiciones de yacimiento de las minas de oro en el Norte de España". Bull. Soc. Geol. France, t.9. París. Revista Minera, v. IV, pp.450. Madrid.
- ROMAN ESCUDERO, J.C. (1982).- "Investigación geoquímica y metalogénica sobre los indicios auríferos ligados a la granodiorita en la zona de Godán (Salas)". Proyecto Fin de Carrera, E.T.S. Ingenieros de Minas. Oviedo.
- RUIZ, F. (1971).- "Geología del sector Norte del Anticlinorio del Narcea". Brev. Geol. Asturica, año XV, nº3, pp.39-46 Oviedo.
- - - - - (1975).- "Informe sobre los trabajos realizados en el P.I. "Virginia", nº 29.950". Inédito.
- SAENZ RIDRUEJO, C. VELEZ GONZALEZ, J. (1974).- "Contribución al estudio de la Minería primitiva del oro en el Noroeste de España". 1 vol. 190 pp. Madrid.

SCHULZ, G. (1858).- "Reseña geológica de la provincia de Oviedo". 1 vol., 181 pp. Madrid.

VAZQUEZ SANCHEZ, M. (1982).- "Contribución al estudio de los yacimientos auríferos de la zona de "Los Fornones" (Tineo)". Proyecto Fin de Carrera, E.T.S. Ingenieros de Minas. Oviedo.

ANEXO I.- INTERPRETACION IMAGENES LANDSAT

	INDICE	PAGINA
1.- INTRODUCCION		1
2.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA TECNOLOGIA APLICADA		5
2.1.- PROCESO DE IMAGEN		5
2.2.- RESPUESTA ESPECTRAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ROCAS		7
3.- ELABORACION DE RESULTADOS		9
3.1.- DATOS DE CAMPO: DESCRIPCION		9
3.2.- TRATAMIENTO DE LA ESCENA TM DE ASTURIAS		10
3.3.- COMPARACION ENTRE LOS DATOS DE CAMPO Y LOS OBTENIDOS MEDIANTE LA IMAGEN DE SATELITE		11

1.- INTRODUCCION

Entre las aplicaciones de la teledetección que tiene más utilidad están los estudios geológicos, especialmente para exploración de yacimientos minerales.

La interpretación geológica de imágenes que cubren extensas áreas facilita observar e interpretar la continuidad espacial de los diferentes tipos de rocas y estructuras. El esquema de fracturación y las fallas individuales se resaltan mediante operaciones de proceso de imagen adecuadas, de modo que se ponen de manifiesto las direcciones estructurales principales que condicionan la tectónica regional, así como las estructuras de detalle, asociadas en su caso a los distintos tipos de yacimientos.

La amplitud del área cubierta por una escena de satélite permite reconocimientos de la geología de una región, que sirven para orientar trabajos posteriores de campo más detallados y costosos.

En el presente proyecto se ha aplicado el procesado digital de las imágenes obtenidas mediante el satélite LANDSAT-5, al área de estudio, con el fin de cartografiar las estructuras relacionadas con los indicios auríferos de la zona.

Este satélite, puesto en órbita el 1 de Abril de 1984, constituye el quinto de una serie lanzados por la NASA dentro del programa de Observación de Recursos Terrestres que comenzó en 1972.

La característica fundamental del LANDSAT-5, que fotografía la misma superficie de terreno cada 16 días, es la incorporación del sensor Thematic Mapper (TM) que toma los datos de radiación en siete bandas espectrales diferentes, con 30 metros de poder de resolución. Es un sensor más perfeccionado que el sensor Multispectral Scanner (MSS), que con 4 bandas y 80 m. de resolución, ha dado un buen resultado hasta ahora en estudios geológicos de años anteriores.

La escena Thematic Mapper del LANDSAT-5 que se ha utilizado para cubrir el área de trabajo es la correspondiente a la órbita 203, línea 30, cuarto 1 (NW) de fecha 22 de Diciembre de 1984. Los datos se han recibido en cinta compatible de ordenador, grabados con una densidad de 1600 B.P.S..

Los objetivos del estudio han sido:

- Identificación y trazado de estructuras geológicas.
- Detección de características espectrales indicadores de mineralizaciones.

El Thematic Mapper (TM) tiene 7 bandas espectrales cuyas longitudes de onda son:

- Banda 1 : 0.45 - 0.52 μm.
- Banda 2 : 0.52 - 0,60 μm.
- Banda 3 : 0.63 - 0.69 μm.
- Banda 4 : 0.76 - 0.90 μm.
- Banda 5 : 1.55 - 1.75 μm.
- Banda 6 : 10.40 - 12.50 μm.
- Banda 7 : 2.08 - 2.35 μm.

La utilización idónea de cada una de las bandas TM es la siguiente:

Banda 1: Pertenece a la zona azul del visible. Sirve para penetrar las masas de agua, haciéndola útil para obtener cartografía de las aguas litorales hasta 20 m. de profundidad. También es útil para diferenciar entre suelos desnudos de vegetación, y para discriminar los árboles de hoja frondosa de coníferas. Asimismo, en ella se diferencian las arenas y las margas.

Banda 2: Entre la zona verde y roja del visible. Está diseñada para ver el estado de crecimiento de los vegetales y para discriminar algunas rocas como gabros, basaltos y doleritas.

Banda 3: Es una banda situada en la zona roja del visible que coincide con unas longitudes de onda de observación clorofílica, por lo que es útil para discriminar tipos de vegetación.

Banda 4: Situada en el infrarrojo cercano, es útil para cuantificar la cantidad total de biomasa y delimitar las masas de agua superficiales. En general, es una banda para detectar lavas ácidas.

Banda 5: Diferencia la nieve de las nubes. Es de gran utilidad para detectar minerales que contienen O-O, Si-O, Al-O-H y Mg-O-H.

Banda 6: Está situada en el infrarrojo térmico que sirve para detectar situaciones de stress en la vegetación, discriminar humedades del suelo y producir cartografía térmica. La resolución de esta banda en el TM es de 120 metros.

Banda 7: Es una banda que se ha seleccionado por su utilidad en la discriminación de tipo de rocas, ya que coincide con una zona de no emisión de radiación de la vegetación. También es útil para producir cartografía hidrotérmica.

Equipo informático utilizado

El proceso de imagen se ha desarrollado en un equipo compuesto por:

- Unidad de cálculo.
- Unidad de tratamiento de imagen.
- Unidad de transformación fotográfica.

La unidad de cálculo es un ordenador Z-80 con un procesador de 8 bits, 0,5 Megabyte de memoria central, 40 Mbytes de almacenamiento en disco, y unidad de cinta magnética.

La unidad de tratamiento de imagen, conectada a la de cálculo mediante un interface de alta velocidad de transferencia, ha sido un equipo KONTRON IBAS 2000, con un monitor en color de 512 líneas por 512 columnas.

La unidad de transformación fotográfica de precisión ha sido una Colour Film Recorder HoneyWell 3000, que graba sobre una película fotográfica con 256 niveles de intensidad para cada uno de los tres colores básicos.

Software empleado

El sistema operativo correspondiente a la unidad de cálculo se denomina CP/M. Tiene las instrucciones necesarias para introducir las imágenes a partir de las cintas magnéticas que contienen la información digitalizada. A partir de las instrucciones del sistema operativo, se introducen también los programas de la librería de proceso de imagen del sistema IPS/D.

Los menús de instrucciones de esta librería está estructurados en niveles de progresivo detalle, según siete módulos o temas básicos:

- Manejo de cintas.
- Visualización de imágenes.
- Clasificaciones.
- Correcciones geométricas.
- Contrastos y filtros.
- Análisis gráficos estadísticos.
- Utilidades de manejo de imágenes.

2.- FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA TECNOLOGIA APLICADA

2.1.- PROCESO DE IMAGEN

Una imagen digital es la representación de un objeto real mediante una matriz numérica bidimensional, en la que cada elemento de la matriz corresponde a una parte del área del objeto representado, y su valor numérico depende de la intensidad de luz que refleja ese área. Cada elemento de la matriz que forma la imagen digital se denomina pixel.

El proceso digital de imágenes es el conjunto de transformaciones numéricas realizadas con la matriz original para obtener representaciones más adecuadas de la imagen, conforme a los intereses de interpretación de las distintas aplicaciones.

Las transformaciones realizadas en las imágenes pretenden mejorar sus posibilidades de interpretación visual por medio de un proceso iterativo de prueba y error. Para este proceso se dispone de una serie de herramientas, cada una con un soporte matemático propio, que realizan las siguientes operaciones básicas.

- Resalte de contrastes (contrast enhancement).
- Detección de bordes (image contouring).
- Filtros espaciales (spatial filtering).
- Resaltos de color (colour enhancement).

Los resaltos de contrastes parten del análisis del histograma de frecuencias de intensidad de todos los pixel de una imagen. Las transformaciones pueden realizarse mediante proporcionalidades directas definidas entre límites ajustados a la distribución de frecuencias, o mediante funciones polinomiales, lineales o no, establecidas a partir del histograma o de la curva de distribución acumulada de frecuencias.

La detección de bordes de igual intensidad se realiza truncando bits significativos, de modo que los valores de reflectividad quedan escalonados en subintervalos o eliminados ciertos rangos de valores. Normalmente, esta operación debe completarse con un resalte de contrastes posterior.

Los filtros espaciales ajustan funciones determinísticas, normalmente series polinómicas de funciones sinuosoidales, para realizar transformaciones posteriores con el fin de aislar los distintos componentes de frecuencias espaciales que contiene la imagen. De este modo, pueden quedar separadas estructuras geológicas, redes de drenaje, esquemas de fracturación, etc., que influyen en la distribución espacial de los recursos naturales.

Por último, las operaciones con color pueden ser:

- Atribuciones de colores a los distintos niveles de gris para facilitar la capacidad de discriminación del ojo, creando imágenes en falso color.
- Composición de imágenes multiespectrales asignando un color básico a cada banda. También pueden atribuirse estos colores a los resultados de operaciones entre bandas espectrales.

Para identificar los distintos materiales a partir de la respuesta espectral que se obtiene en la imagen, se utilizan varios métodos:

- Cociente entre bandas, utilizado para identificar algunas rocas a partir de sus propiedades de contraste espectral.
- Transformación de componentes principales, que sirven para la distinción de materiales por medio de maximización de sus diferencias en cada banda.
- Escalonamiento de densidades. La composición de cocientes entre bandas y la mezcla de bandas, son operaciones utilizadas para conseguir contrastes de las características litológicas.

Las estructuras quedan definidas principalmente por los lineamientos. Para detectarlos se realizan varias operaciones de proceso de imagen, como filtros y residuos de filtrado, contraste de bordes, etc., anteriormente descritos.

2.2.- RESPUESTA ESPECTRAL DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ROCAS

Los estudios realizados en el laboratorio sobre las reflectancias espetrales de minerales y rocas, han demostrado que pueden ser perfectamente identificados entre las longitudes de onda de 0.4 a 2.5 μm .

Así, todos los minerales de hierro, como la goetita, hematites, lepidocrocita, etc., se identifican dentro del espectro electromagnético entre las longitudes de onda de las regiones ultravioleta, visible e infrarrojo cercano.

En la región del espectro correspondiente a la longitud de onda de 2.2 μm se encuentran minerales como la sericita, jarosita, alunita y minerales arcillosos que son característicos de rocas volcánicas alteradas hidrotermalmente.

En general, se puede decir que las longitudes de onda para la identificación de las características de reflectancia son las siguientes:

- 0.45 μm a 0.9 μm : longitudes de onda para detectar limonita.
- 2.1 μm a 2.5 μm : región para detectar minerales que contienen Al-O-H, Mg-O-H o radicales carbonato.
- 1.55 μm a 2.35 μm : longitudes de onda para detectar minerales que contienen C-O, Si-O, Al-O-H y Mg-O-H.

De acuerdo con estas características de reflectancia de los diferentes minerales, las rocas que los contienen quedan perfectamente identificadas ya que las diferentes rocas tienen distinta transmisión dependiendo de la longitud de onda. Así por ejemplo, si utilizamos las longitudes de onda entre 0.6 y 0.7 μm , la transmisión de los gabros y las peridotitas es similar; sin embargo existe diferencia cuando cogemos las longitudes de onda entre 0.9 y 1.2 μm .

Otro método utilizado para diferenciar materiales, y especialmente áreas con alteración hidrotermal, es el cociente entre bandas (cada banda corresponde a unas longitudes de onda). VICENT (1973), demostró que los cocientes de las bandas 4/5, 5/6 y 6/7 del sensor Multispectral Scanner (MSS), eran buenos para identificar esas alteraciones hidrotermales.

Numerosos trabajos realizados con las imágenes obtenidas por el sensor MSS de los satélites LANDSAT 1, 2 y 3, fueron estudios sobre discriminaciones litológicas. Sin embargo, estos mismos tipos

de estudios con el sensor Thematic Mapper (TM) del LANDSAT 4 y 5 dan mejores resultados, ya que la incorporación de la banda 7 comprendida entre unas longitudes de onda que eliminan parte de la vegetación, hacen más fácil la identificación de litologías. De todas formas, debido al escaso tiempo transcurrido desde el lanzamiento del LANDSAT-5, todavía no es posible disponer de una bibliografía sobre resultados comparativos.

3.- ELABORACION DE RESULTADOS

3.1.- DATOS DE CAMPO: DESCRIPCION

Una vez realizado el tratamiento digital de la imagen de satélite, es necesario contrastar los resultados en el campo.

Se efectuaron dos itinerarios dentro del área de trabajo:

1. Navelgas, al S de Luarca, dentro de las dolomías y calizas del Cámbrico Inferior-Medio.
2. Sierra del Courio, situada en las calizas y dolomías cámbricas y en cuarcitas ordovícicas.

El motivo de escoger estas áreas fué observar las cortas romanas que fueron supuestamente minas de oro. Estas grandes explotaciones a cielo abierto han removido centenares de metros cúbicos de material, provocando un cambio en la topografía. En ambas zonas el modo de explotación es idéntico a pesar de ser litologías diferentes.

Por lo general, las grandes estructuras no han sido identificadas en el terreno; esto es debido a dos motivos fundamentales: uno, la gran longitud que tienen las fracturas, a veces a escala kilométrica y su carácter probablemente profundo y otro al recubrimiento de vegetación que existe en toda la región asturiana.

Por último, se hizo un recorrido en el Precámbrico de la Sierra de Tineo. El objetivo fué observar la estructura circular que parece existir en la imagen de satélite. Sin embargo, este contraste en el campo no pudo tampoco observarse claramente, debido a gran recubrimiento de vegetación, y a la ausencia de elementos geológicos que explicasen la existencia de una tal forma.

3.2.- TRATAMIENTO DE LA ESCENA TM DE ASTURIAS

El proceso del tratamiento de la imagen, una vez visualizada en el monitor, ha sido el siguiente:

1. En primer lugar se hicieron 4 subescenas del cuarto de escena TM de 1.024 por 1.024 pixels (1.024 líneas por 1.024 columnas). Esta compresión es necesaria porque el monitor es de 512 por 512, con lo cual, el área que se puede visualizar es menor y por tanto, el número de subescenas hubiera sido mayor.
2. Una vez que el área de trabajo fué totalmente visualizada, se pasó al tratamiento de la imagen. Para ello, se realizó en primer lugar una ecualización o linearización del histograma de frecuencias, que transforma el agrupamiento de pixels en una determinada zona de intensidades (cada imagen contiene 255 niveles de intensidad), en una expansión de esos pixels hacia zonas de diferentes intensidades.
3. El siguiente paso en el tratamiento de la imagen ha sido encontrar mezcla de bandas adecuadas a los objetivos que persigue el trabajo, de identificación de estructuras geológicas y resalte de características espectrales indicadoras de mineralizaciones auríferas.

La mezcla de bandas consiste en sumar la intensidad de radiación de tres de ellas y asignar a cada una un color básico (rojo, verde y azul), para producir como resultado una imagen de falso color. Resaltan distintos contrastes.

El hecho de escoger una mezcla u otra, es debido a que cada banda es utilizada para discriminar diferentes tipos de rocas. Por tal motivo, al mezclar tres bandas

quedan más resaltadas unas u otras litologías. Generalmente, se utilizan las mezclas con infrarrojos porque dan mayor resolución.

Por último, se realizó una suma de procesos de normalización y ecualización.

La conclusión que se puede sacar, una vez visualizadas todas estas imágenes, es que en cualquiera de los procesos realizados quedan resaltados perfectamente las estructuras e incluso se observan diferencias de tonalidades correspondientes a cambios de composición litológica. Estas diferencias de color son debidas a las distintas reflectancias espectrales de minerales y rocas, tal y como se ha descrito en el apartado.

4. Otra herramienta del proceso de tratamiento de la imagen es el "zoom", que se utiliza para visualizar con mayor detalle el área en la que se trabaja.

3.3.- COMPARACION ENTRE LOS DATOS DE CAMPO Y LOS OBTENIDOS MEDIANTE LA IMAGEN DE SATELITE

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- Identificación de grandes lineaciones no cartografiadas anteriormente, que corresponden, probablemente, tanto a contactos litológicos como estructurales. En la mayoría de los casos es difícil distinguirlas, por lo que se habla de lineaciones en general.

- Las características espectrales de los diferentes materiales en la mezcla de bandas no han sido suficientes para identificar los procesos relacionados con la constitución de mineralizaciones de oro, principalmente las alteraciones hidrotermales de distinto tipo asociadas a zonas favorables. Por tal motivo, se han comparado indicios de situación conocida y puede hablarse de una correspondencia a priori con algunas lineaciones de carácter estructural. En todo caso, habría que profundizar en el estudio a nivel de tectónica global regional, habida cuenta de la probable relación con fracturas profundas.

Análisis crítico

Habida cuenta del carácter experimental que tenía en este proyecto el estudio de imágenes Landsat, y en base a los resultados obtenidos en el mismo, puede concluirse:

- Debido a las características metalogénicas de los yacimientos auríferos de Asturias, no pueden considerarse los factores litológicos como adecuados para su detección, ya que aquéllos no guardan relación de afinidad específica con litologías definidas.
- Los procesos de alteración hidrotermal asociados, al menos especialmente, a este tipo de mineralizaciones no presentan un contraste en la visualización de imagen que permita utilizar este criterio como guía de prospección.
- La determinación de alineaciones estructurales relacionadas, en principio, con ámbitos mineralizados o susceptibles de serlo, se ve facilitado por la visualización de imagen. De hecho, se ha determinado ampliamente la presencia en la región de dos sistemas de fracturación, N-40°E y N-120°E, no reseñados anteriormente en las cartografías disponibles, si bien si lo habían sido en imágenes Landsat anteriores por parte del IGME, en fase previa de estudio.
- La aplicación de la técnica aquí utilizada no puede hacerse con abstracción del conocimiento geológico regional. Las posibilidades que ofrece esta herramienta de trabajo requieren, para obtener un rendimiento adecuado, de un apoyo intenso de trabajo en campo y contraste de las interpretaciones que se vayan extrayendo. Su uso indiscriminado y sin fijación de objetivos definidos en investigación minera puede aportar resultados aleatorios.
- La aportación concreta a este proyecto ha sido la de confirmar a gran escala una serie de datos de observación o conocimiento (sistemas de fracturas) de los que se tenía constancia en los trabajos de partida. Como se indica en el punto anterior, es una herramienta más de utilización e información, pero siempre como apoyo y en absoluto como definitoria.