

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS
LICENCIATURA EN GEOLOGÍA**

SEMINARIO



**PROSPECCIÓN DE ORO ALUVIONAL
EN EL CAUCE DE LOS RÍOS HUALFÍN Y SECO.
LOCALIDADES DE SAN FERNANDO Y EL EJE.
DEPARTAMENTO BELÉN. PROVINCIA DE
CATAMARCA**

Gutierrez, María José

Directora: Lic. Vergara, Ernestina Trinidad

Mayo 2018

**Prospección de oro aluvional
en el cauce de los ríos Hualfín y Seco. Localidades de San Fernando y El Eje.
Departamento Belén. Provincia de Catamarca**

Gutierrez, María José - MUN° 405

Trabajo Final de Grado presentado como requisito para obtener el título de
Licenciada en Geología

Director/a:

Lic. Vergara, Ernestina Trinidad

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. GENERALIDADES	6
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
1.2. OBJETIVOS.....	9
1.2.1. GENERALES	9
1.2.2. ESPECÍFICOS.....	9
1.3. MARCO GEOGRÁFICO	10
1.3.1. OROGRAFÍA	10
1.3.2. HIDROGRAFÍA	10
1.3.3. CLIMA.....	12
1.3.4. FLORA Y FAUNA.....	13
1.4. CARACTERÍSTICAS SOCIO-CULTURALES	14
1.5. MARCO GEOLÓGICO.....	15
1.5.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	15
1.5.2. GEOLOGÍA LOCAL	15
ESTRATIGRAFÍA	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	24
3.1. TRABAJOS DE GABINETE.....	25
3.1.1. CONFECCIÓN DE CARTORAFÍA.....	25
3.1.2. DISEÑO DEL PLAN DE MUESTREO	25
3.1.3. CRITERIO DE MUESTREO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	26
3.2. TRABAJOS DE CAMPO.....	29
MUESTREO DEL RÍO HUALFÍN	29

MUESTREO DEL RÍO SECO.....	30
MUESTREO DEL RÍO SAN FERNANDO.....	32
3.3. TOMA Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	32
3.4. RELIZACIÓN DE BATEO	34
3.5. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS	36
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO	36
SECADO DE LAS MUESTRAS.....	36
CUARTEO MECÁNICO DE LAS MUESTRAS	36
ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	40
4.1. GEOLOGÍA LOCAL.....	41
4.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	41
4.3. CARACTERIZACIÓN DEL RÍO HUALFÍN	42
4.4. CARACTERIZACIÓN DEL RÍO SECO	45
4.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL	47
4.6. PROSPECCIÓN DEL ALUVIÓN	49
ALUVIÓN RÍO SECO	49
ALUVIÓN RÍO HUALFÍN.....	49
4.7. RESULTADOS DE CAMPO.....	50
4.8. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL LABORATORIO	50
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS.....	58

DEDICATORIA

A mi Mamá, Mercedes por regalarme sus valores, y con todo su esfuerzo cariño y confianza me ayudó y alentó a progresar y lograr mis objetivos.

A mi Papá, José que con su trabajo y esfuerzo me dio la posibilidad de formarme como profesional.

A mis hermanas, Patricia y Karen, incondicionales en todo momento, quienes jamás me dejaron caer y fueron tan pacientes conmigo, ayudándome y acompañándome en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen que fueron mis guías y protectores en mi camino. A mis Padres y hermanas, por su constante apoyo y por brindarme las herramientas para formarme como persona y poder cumplir con mi meta.

A la Licenciada Trinidad Vergara por su predisposición, constancia, paciencia y sabiduría, quien supo guiarme y encaminarme en la realización de mi trabajo.

A la Secretaría de Estado de Minería y al Ingeniero Rodolfo Micone por brindarme la posibilidad de realizar mi trabajo final en dicho organismo.

A la Ingeniera María Inés Ulla, ex Directora de Minería, por su confianza y apoyo en el desarrollo de mis actividades.

A los Licenciados, Agustina Lencina, Exequiel Barrionuevo y María Almaráz, quienes tuvieron a gentileza de corregir mi trabajo y aconsejarme para culminar con el mismo.

A mis compañeros de trabajo por el apoyo en el proceso y en especial a mi amigo Marcos Astorga, por brindarme su apoyo y ayuda en el trabajo de campo y gabinete.

A mis amigos y compañeros de la carrera Licenciatura en Geología por recorrer juntos este camino de formación.

Al Laboratorio Tratamiento Mecánico de Minerales del Instituto de Investigaciones Mineras (IDIM) de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, a la Ingeniera Teresita Regalado por permitirme realizar el tratamiento de las muestras minerales en dichas instalaciones; y al Señor Lucero que me ayudó en el procesamiento.

A la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, quien abrió sus puertas y proporcionó los medios e instrumentos para formarme a lo largo de esta carrera. A los profesores que me brindaron sus conocimientos y experiencias.

RESUMEN

La provincia de Catamarca presenta un gran desarrollo productivo minero, particularmente en yacimientos vetiformes y diseminados de oro, plata y cobre. En relación a la presencia de oro en depósitos aluvionales, se tiene conocimiento de su existencia por el antecedente de lavado rudimentario en cercanías a diferentes distritos mineros auríferos. Siendo los trabajos de prospección escasos o poco difundidos, no obstante existen áreas geológicamente favorables para su concentración.

El estudio de este trabajo, se encuentra ubicado en el cauce de los ríos Hualfín y Seco comprendido entre las localidades de San Fernando y El Eje en el departamento Belén. Es un sector considerado de interés por los antecedentes históricos, aunque dispersos, sumado a las óptimas condiciones climáticas que han favorecido la intervención de los procesos de meteorización y erosión en un ambiente geomorfológico adecuado. En general, estas variables influyeron en la formación de depósitos de placeres o depósitos aluvionales.

Este trabajo se realizó con el objeto de conocer el contenido en oro en las arenas de los tramos de los ríos mencionados, y determinar el potencial del mineral en aluviones. Se plantea una tarea metodológica de investigación prospectiva descriptiva, con el relevamiento geológico según localización en coordenadas geográficas, muestreos de sedimentos y análisis químicos correspondientes. Las tareas se desarrollaron en tres etapas, en gabinete, de campo y laboratorio. En gabinete se efectuaron tareas de recopilación y análisis tanto bibliográfico como de datos geológicos, que sirvieron de base para la elaboración de cartografía local. Las tareas de reconocimiento en el terreno, se basaron en la localización, delimitación y levantamiento de muestras, y la utilización de la técnica de lavado en plato. En el laboratorio mecánico se prepararon las muestras mediante los procedimientos específicos para el análisis químico que realizó el laboratorio de destino. En base a los resultados de estos análisis se confirmó la presencia de oro (Au) en la antigua labor realizada en el río Seco cuya muestra tiene el código RS-11, y en nuevos sectores del tramo estudiado que correspondieron a las muestras de codificación RH-03 y RH-05 para el Río Hualfín.

No se observó oro a simple vista o con lupa de mano mediante la aplicación de la técnica de bateo.

Se recomienda a empresas o particulares interesados en futuros trabajos, realizar una prospección detallada, utilizando barridos con métodos geofísicos, que complementen las técnicas de apoyo geológico-minero más convenientes.

Se espera que el presente trabajo en tareas conjuntas, a propuesta y financiado por la Secretaría de Estado de Minería, sirva de base para futuras investigaciones.

Palabras Claves: Aluvión, Prospección, Albardón, Oro.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN



1.1. GENERALIDADES

En el departamento Belén, la minería es la actividad económica más relevante, y se ubican importantes depósitos de oro como los del distrito minero Culampajá, Vicuña Pampa, Alto de las Minas, entre otros y yacimientos tales como Bajo de la Alumbraera, Bajo El Durazno, Farallón Negro-Alto de la Blenda.

Estos yacimientos auríferos se encuentran en los sectores altos de la cuenca del río Belén, donde se origina la mayor erosión del sistema fluvial, que junto a la meteorización fueron condiciones necesarias para el aporte y la formación de placeres. La mencionada cuenca tiene como colector principal al río Belén.

El presente trabajo propone la realización de estudios de prospección con la toma de muestras y análisis de la mineralización que actualmente se encuentra en las arenas de los ríos Hualfín y Seco ubicados entre las localidades de San Fernando y El Eje.

El objetivo es aportar información geológico-minera de la zona de estudio, a través de tareas de prospección, tomando como variables condicionantes la presencia/ausencia de oro, las condiciones de mineralización de las áreas circundantes, los factores climáticos y geomorfológicos, resultados del relevamiento en campo, recolección de muestras, envío de estas muestras al laboratorio y análisis de resultados.

Las actividades de campo se realizaron durante el mes de junio del año 2017, de acuerdo con el cronograma propuesto por la Dirección Provincial de Minería, fecha que oportunamente coincidió con los meses en los cuales el periodo lluvioso y crecida de los ríos cesa, lo que facilita la recolección de muestras.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio dista 350 km aproximadamente de la ciudad Capital de San Fernando del Valle de Catamarca. Para acceder desde dicha ciudad, se lo hace a través de la RN 38, hasta la ciudad de Chumbicha, departamento Capayán. Luego se empalma con la RN 60, ingresando por Quebrada de la Cébila. Se continúa por ésta pasando por las localidades de Mazán, Aimogasta (Provincia de La Rioja), hasta Cerro Negro donde empalma con la RN 40. Siguiendo la misma ruta se atraviesa las localidades de Londres, Belén, San Fernando y El Eje (Figura 1).

También se puede acceder a la zona de investigación por el Norte desde la ciudad de Santa María, por RN 40.

Es posible ingresar al área de trabajo en vehículo de tracción simple, a través de huellas precarias que conectan la RN 40 con los pueblos de El Eje y San Fernando y caseríos aledaños, resultando fácil su acceso ya que el tramo de interés se encuentra paralelo a dicha ruta (Figura 2).

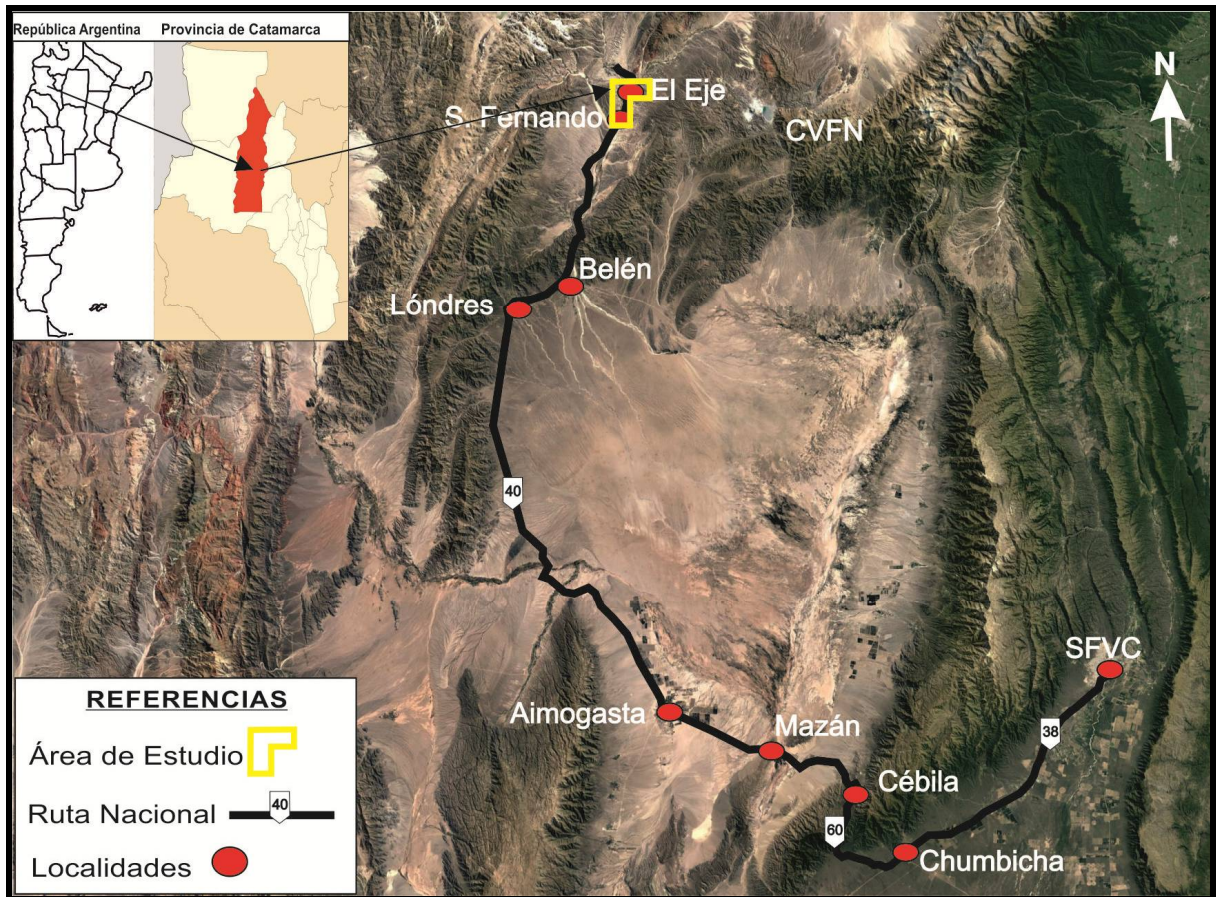


Figura 1: Ubicación y rutas de acceso. Imagen Landsat/Copérnicus 2018 obtenida de Google Earth Pro.
Elaboración propia

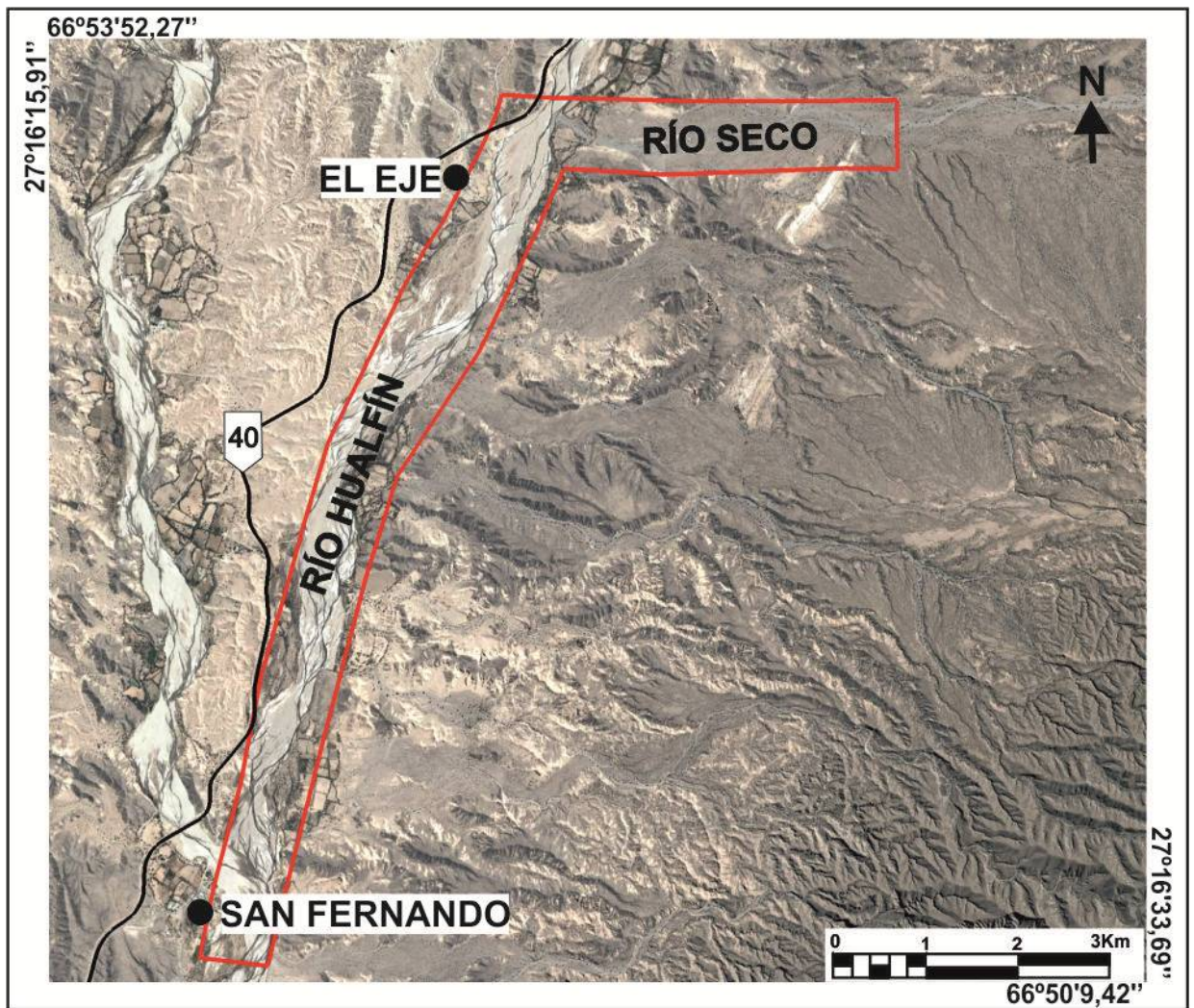


Figura 2: Área de estudio ampliada del tramo de los ríos Hualfín y Seco. Imagen obtenida de Google Earth Pro 2017. Elaboración propia.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERALES

Determinar la existencia o no, de oro aluvional en el cauce del río Hualfín y en la confluencia con el río Seco, a partir de muestreos de sedimentos de corriente, concentración y análisis químico de los mismos, que aporte a la Secretaría de Estado de Minería de Catamarca información relevante y puedan servir de base para futuros estudios de exploración minera.

1.2.2. ESPECÍFICOS

- * Recolectar, organizar, procesar e interpretar los antecedentes y la información generada, para establecer zonas de concentración de oro aluvional en relación a diferentes unidades geomorfológicas.
- * Caracterizar el área de estudio que permita elaborar una cartografía geomorfológica a escala 1:30.000.
- * Reconstruir el área a partir de fotografías aéreas de los años 70 e imágenes satelitales actuales.
- * Realizar un relevamiento de campo y mapeo de las diferentes unidades geomorfológicas en la zona de estudio, que corrobore la mineralización de oro aluvional en la zona de estudio.
- * Analizar e interpretar en gabinete los datos recopilados en las instancias anteriores.
- * Realizar un muestreo de sedimentos de corriente, lavado al plato y posterior análisis químico en laboratorio y cuantificación del mismo.

1.3. MARCO GEOGRÁFICO

1.3.1. OROGRAFÍA

La cuenca del río Belén está limitada al Norte por la Sierra de Las Cuevas-Hualfín, al Noroeste por la Sierra de Culampajá y Sierra de Papachacra (fuera del área de la imagen), al Oeste por el Cerro El Durazno y, hacia el Este el Complejo Volcánico Farallón Negro y Cerro Pampa. Otras sierras de importancia son la Sierra de Fiambalá al Suroeste y la Sierra de Belén hacia el Sur (Figura 3).

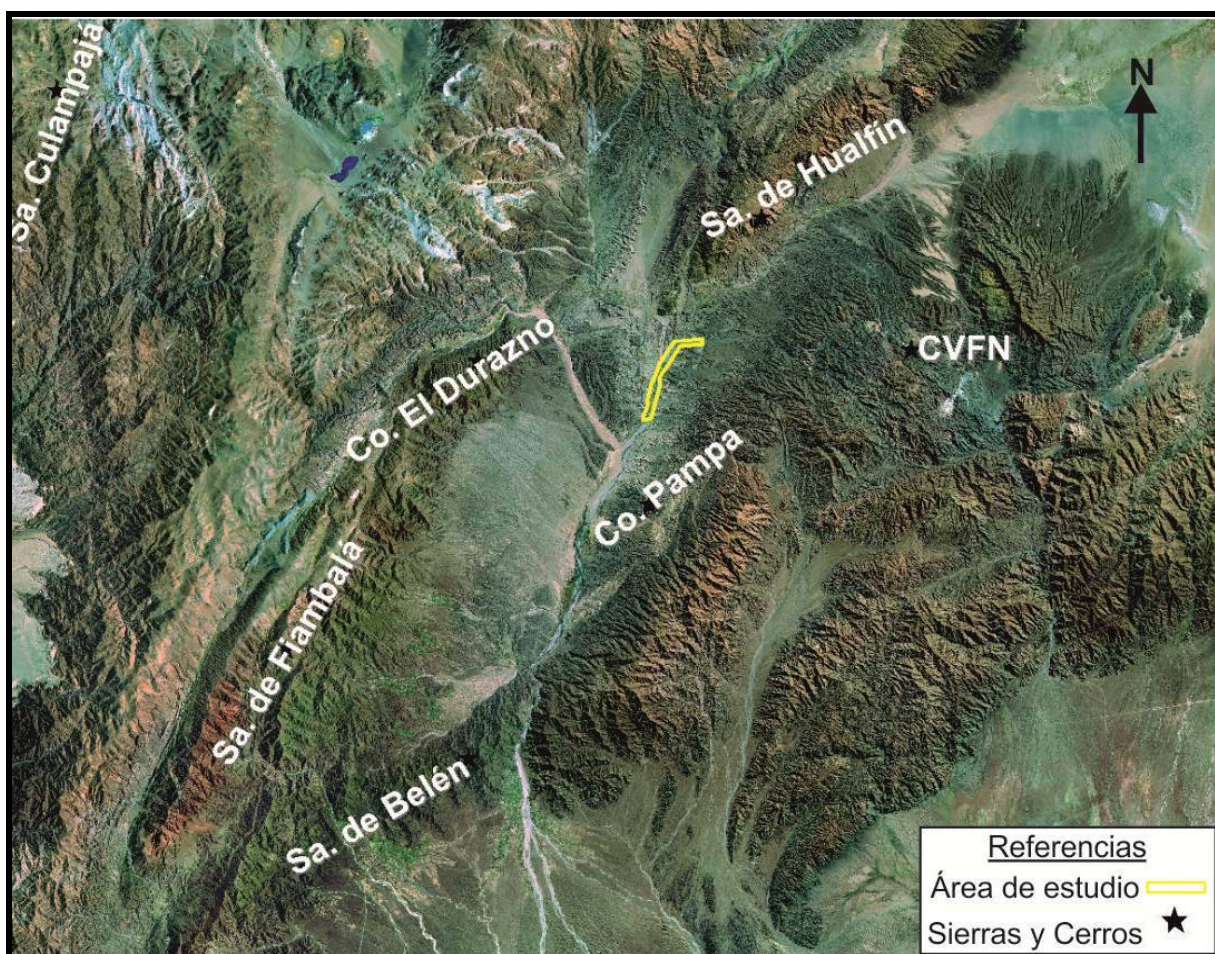


Figura 3: Área de estudio y delimitación de sierras y cerros circundantes. Imagen Satelital 2766 iii-Belén, obtenida de MapInfo.

1.3.2. HIDROGRAFÍA

La principal cuenca del área de estudio es la correspondiente al río Belén que tiene como colector principal al río homónimo, que en su nacimiento toma el nombre de río Las Cuevas, en su paso por la localidad Los Nacimientos recibe el nombre de esta localidad, entre

Hualfín y San Fernando se denomina río Hualfín para luego continuar como río Belén hacia el sur.

La subcuenca de Corral Quemado, compuesta por los ríos Papachacra, Culampajá, entre otros, que se unen por su margen derecha (mirando aguas abajo) a través del río San Fernando, aporta un caudal importante al cauce principal (Figura 4).

El aporte más importante hacia el río Belén, desde el Oeste, lo hace el río Seco, que nace en inmediaciones del Complejo Volcánico Farallón Negro.

La región de los valles intermontanos posee un importante volumen de precipitaciones y desarrolla acuíferos de buen potencial hídrico en diversas cuencas rellenas con depósitos cuaternarios. Las cuencas mayores de esta región son de origen principalmente tectónico, en respuesta a los esfuerzos compresivos.

Los cauces de aguas superficiales y la precipitación pluvial, constituyen las únicas fuentes de recarga de los acuíferos.

Los recursos superficiales se encuentran en parte comprometidos para el abastecimiento de agua potable a la comunidad y para riego.

Los productos utilizados, derivados o remanentes de las actividades económicas (mineras, industriales, agrícolas, aguas servidas u otras) deben ser correctamente manejados y dispuestos, teniendo presente la variable vulnerabilidad de los sistemas acuíferos de estas cuencas y considerando la buena calidad de las aguas naturales.

Las calidades de agua no presentan restricciones para uso minero-industrial.

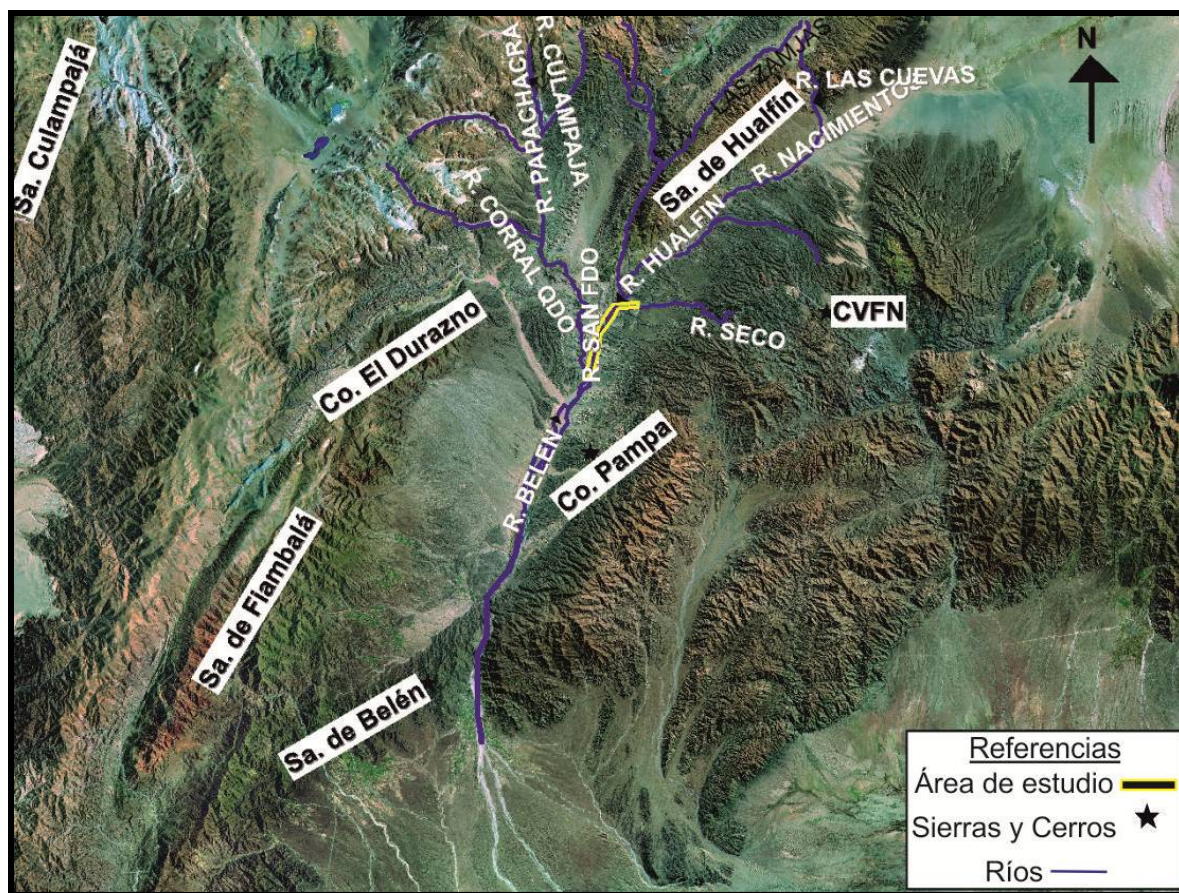


Figura 4: Red hidrográfica en relación a sierras y cerros del área de estudio. Imagen Satelital 2766 iii-Belén, obtenida de MapInfo.

1.3.3. CLIMA

El clima de Belén, es cálido, clasificado como árido de sierras y bolsones. Las precipitaciones son escasas y estacionales, concentrándose en verano entre los meses de diciembre a marzo. En invierno se producen nevadas en la zona occidental.

De acuerdo con los datos de la estación meteorológica Los Nacimientos (Belén), la precipitación total anual de la región hasta el año 2010 alcanzó los 157 mm/año y la media anual es de 13,08 mm/año, Dirección de Hidrología y Evaluación de los Recursos Hídricos, perteneciente al CAPE (Centro Administrativo del Poder Ejecutivo), (Anexo 1).

Las heladas son frecuentes durante los meses de septiembre a marzo y casi diarias entre abril a agosto.

La temperatura media anual es de 24° C aproximadamente. La región se caracteriza por presentar una gran amplitud térmica diaria (oscilaciones entre día y noche), como así también estacionales, con inviernos helados y verano muy caluroso. Otra característica es la excesiva falta de humedad en el aire.

1.3.4. FLORA Y FAUNA

La vegetación está conformada en su mayor parte por arbustos leñosos y espinosos de poco follaje. Las plantas arbustivas están representadas por la jarilla (*Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*), el retamo (*Bulnesia retama*) o la pichanilla (*Senna aphylla*), brea (*Tessaria absinthioides*), mastuerzos (*Coronopus didymus*), etc., plantas de porte no muy importante, acompañadas de algunas de porte arbóreo como el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), tusca (*Acacia aroma*), entre otras (Figura 5).

La fauna incluye zorros (*Vulpes vulpes*), liebres (*Lepus*), chinchilla o vizcacha de cerro (*Lagidium ahuacense*), pumas o león americano (*Puma*), cabras (*Capra aegagrus hircus*), ovejas (*Ovis orientalis*) y una variedad de aves tales como loros (*Psittacoidea*), zorzal (*Turdus philomelos*), perdices (*Perdix*), palomas (*Columba livia*), entre otros (Relevamiento de Flora y Fauna de Farallón Negro y zona de influencia. SMGA 2009- IIA Minas Alto de la Blenda-Farallón Negro).



Figura 5: Flora del área de estudio. a y b. Algarrobos (*Prosopis alba*), c. Jarilla (*Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*), d. Pichanilla (*Senna aphylla*).

1.4. CARACTERÍSTICAS SOCIO-CULTURALES

La Jurisdicción de San Fernando, situada a 1828 m.s.n.m. con 900 habitantes (Censo, 2010), está conformada por las localidades de La Capellanía, La Villa y El Eje.

La Capellanía debe su nombre a una reliquia religiosa perteneciente a la familia Leguizamón.

La Villa: es el lugar en donde se asentaron los primeros habitantes de la localidad de San Fernando.

El Eje: localidad ubicada estratégicamente entre la RN 40 y la RP 36. Es la puerta de acceso al Valle de Hualfín y a la puna catamarqueña.

La Jurisdicción de San Fernando cuenta con destacamento policial, municipalidad, posta sanitaria, escuela primaria, iglesia, cabañas con bar/comedor, cabinas telefónicas, WIFI, antena de telefonía celular, gomería y estación de servicio. Además posee sus caminos asfaltados, agua potable y luz. Tanto hospital, correo y cajero se encuentran en la localidad de Hualfín.

En cuanto a los recursos culturales, las habilidades transmitidas de una generación a otra, se manifiestan en la gran diversidad de prendas y tejidos artesanales. También la elaboración de vinos es una actividad tradicional cuya producción la integran vinos y licores.

Se destaca la denominada Cultura Belén, que significa uno de los atractivos turísticos más sobresaliente. Se pueden apreciar diversas fortalezas como el Pucará del Eje, Las Lomadas de Palo Blanco y San Fernando.

1.5. MARCO GEOLÓGICO

1.5.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La región de estudio se enmarca dentro de las Hojas Geológicas Andalgalá y Capillitas (González Bonorino, 1947) y de la Hoja Belén- 2004 (versión preliminar a validar).

El área de estudio, dentro del departamento Belén, pertenece a la provincia geológica Sierras Pampeanas que presenta un sistema de montañas en bloque, limitadas por fallas inversas de alto ángulo; éstos son cordones orientados en dirección Norte-Sur, e integran un complejo de rocas graníticas y metamórficas que conforman el Basamento Cristalino de edad precámbrica a paleozoica inferior (González Bonorino, 1947).

Las unidades litológicas más antiguas constituyen el basamento, donde intervienen rocas metamórficas y graníticas de edad Precámbrica a Paleozoica inferior. Así se identifican los esquistos, gneises y migmatitas de la Formación Loma Corral, Formación Suncho y Formación Famabalasto.

Sobre una peneplanicie pre-cenozoica, labrada en el basamento, se depositan sedimentitas de probable edad Cretácica a Paleógeno y las secuencia neógena del Grupo Santa María. El vulcanismo neógeno está representado en su mayor parte por el Complejo Volcánico Farallón Negro (CVFN) de acuerdo con González Bonorino *op cit*, (1947).

Regionalmente los depósitos cuaternarios se han depositado principalmente en dos grandes cuencas intermontanas: el Campo del Arenal y el Bolsón de Pipanaco. En menor proporción hay depósitos ubicados en algunos valles. En las partes altas de la sierra del Aconquija se observan rasgos de actividad glacial cuaternaria (Hoja Belén- 2004).

1.5.2. GEOLOGÍA LOCAL

Hacia el límite del Mioceno superior-Plioceno, aproximadamente 5,5 millones de años, habría ocurrido el rápido levantamiento de las Sierras Pampeanas, probablemente a partir de la reactivación de fallas en el Basamento Cristalino. Hacia esta época se habría registrado el levantamiento de la sierra del Aconquija, formando así una barrera climática y tornando a la región al oeste de dicha sierra con un clima semiárido, similar al actual. También durante este período se habría producido una fuerte disección y erosión del CVFN. El actual nivel de erosión se encuentra por debajo del piso de la caldera, por lo cual afloran numerosos cuerpos intrusivos, entre los que se destacan, unidades diferentes de domos subvolcánicos, un cuerpo plutónico situado en el centro de la caldera, constituido por Monzonita Alto de la Blenda, varios cuerpos porfíricos como por ejemplo el de Bajo de La Alumbrera y gran sistemas de diques que los acompañan (González Bonorino *op cit*, 1947).

Durante el Plioceno inferior, hace 5,3 millones de años a 3,6 millones de años, habría continuado el proceso de levantamiento y erosión de los bloques de basamento, con la formación de glaciares, exposición y enriquecimiento supergénico local de los depósitos

hidrotermales (Bossi y Muruaga, 2009).

ESTRATIGRAFÍA

NEÓGENO

COMPLEJO VOLCÁNICO FARALLÓN NEGRO (CVFN)

El Complejo Volcánico Farallón Negro, es de edad Mioceno superior, entre 8 a 6 millones de años. Este distrito es conocido por los yacimientos vetiformes de oro, plata, manganeso y por sus pórfidos de cobre y oro diseminado.

El centro eruptivo puede ser caracterizado como un aparato volcánico denudado, que aún conserva en la periferia partes del viejo cono piroclástico.

De acuerdo con la interpretación en las actualizaciones de Bossi y Muruaga (1999) y la guía propuesta por Montenegro y Morales (2004) se han distinguido las siguientes unidades para el área de estudio.

Conglomerados y brechas volcánicas, surgencias y flujos piroclásticos: se puede distinguir la brecha morada central en la cual se han intruído la mayoría de los cuerpos ígneos.

Andesitas, dacitas y monzonitas: entre ellas destacan, Andesitas de la Chilca, Monzonita de Alto de la Blenda que es el cuerpo ígneo de mayor extensión (6,72 km²) y el único que tiene rasgos plutónicos bien definidos y la Dacita de Macho Muerto; forman domos intrusivos endógenos y diques globosos con estructuras en rosario.

De acuerdo con Llambías (1972), la mineralización del distrito se divide en dos clases: diseminada y vetiformes. La mineralización diseminada es del tipo cobre porfírico, presentando zonas de alteración hidrotermal ampliamente desarrolladas y se observan en los Bajos de La Alumbra, El Durazno, Las Pampitas, San Lucas, etc. La mineralización vetiforme consiste en filones de cuarzo y carbonatos, que contienen minerales de Au, Ag, y Mn, representadas por las vetas de Farallón Negro, Los Viscos, Alto de la Blenda, Macho Muerto, Santo Domingo, La Josefa y Morro Bola. Los depósitos corresponden al tipo epitermal de baja sulfuración, o tipo adularia-sericita, formado en un ambiente epizonal.

GRUPO SANTA MARÍA

Los textos científicos propuestos por Bossi *et al* (2009), incluyen dentro de la antigua denominación de Calchaquense a las Formaciones Hualfín y Las Arcas; y dentro del Araucanense a las Formaciones Chiquimil, Andalhula y Corral Quemado.

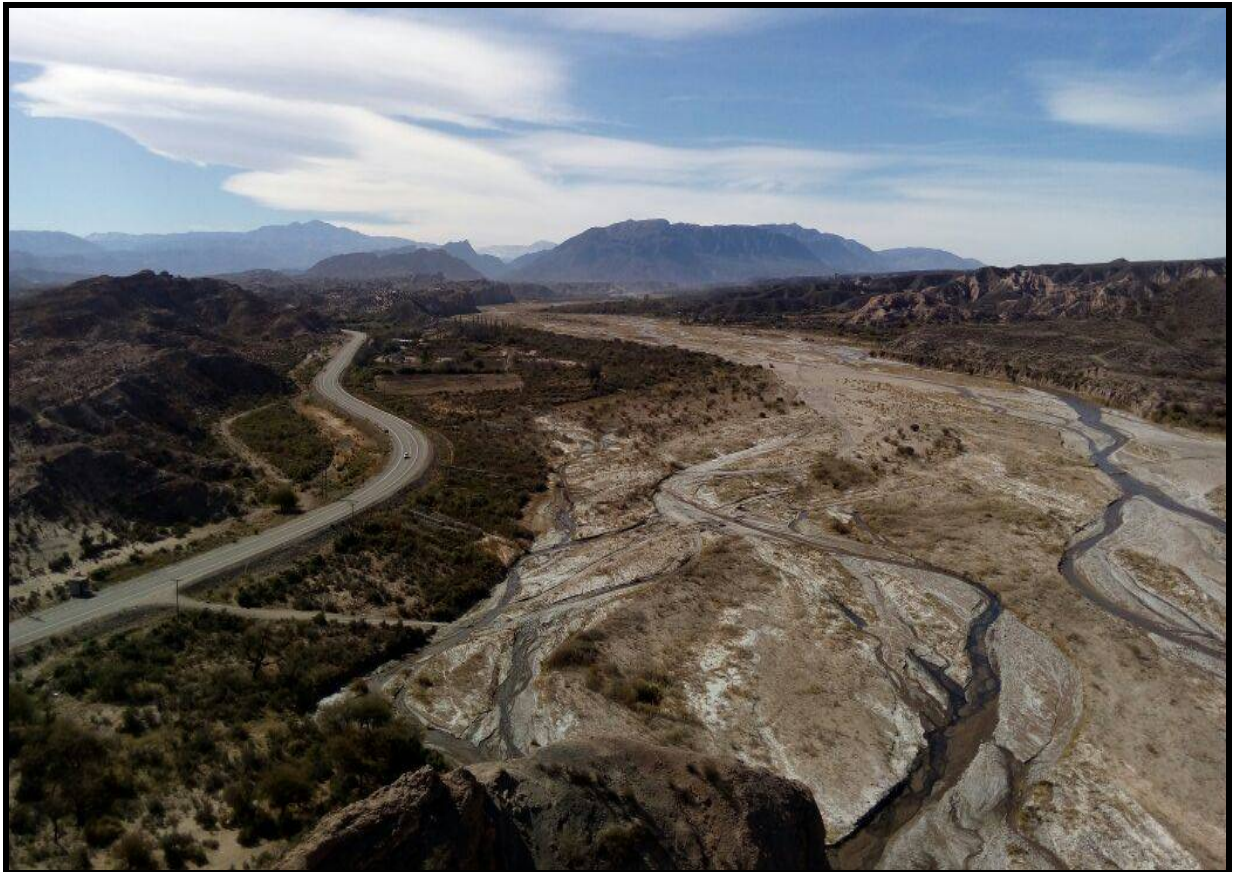
Ocurre, con gran desarrollo en el faldeo occidental del cerro Pampa, hasta la Puerta de San José en la sierra de Belén. También aflora al Norte del cerro Pampa y se manifiesta saltuariamente a ambos lados del río Los Nacimientos entre Farallón Negro y la sierra de Hualfín y entre ésta y la sierra de Las Cuevas.

CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios corresponden a acumulaciones de pie de monte, que se han depositado en toda la cuenca.

A demás de estos fanglomerados (sedimentos poco seleccionados), existen los depósitos fluviales correspondientes al drenaje estable de los valles, como el del río Belén (Los Nacimientos, Hualfín, entre otros) y sus afluentes. Estos últimos depósitos se distinguen en general de los de pie de monte por su mejor estratificación y selección de sus componentes, y su menor diferenciación granulométrica en el sentido de la corriente. El grado de redondez de sus rodados es también mayor.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO



2.1. ANTECEDENTES

La provincia de Catamarca presenta áreas de interés minero en zonas adyacentes a yacimientos vetiformes y diseminados de oro, plata y cobre. Se trata de aluviones compuestos principalmente por arenas y gravas con presencia de estos metales pesados, entre los cuales se destaca el oro por su valor económico y contenido.

Las áreas de interés se encuentran en los distritos mineros Culampajá, Alto de las Minas, Vicuña Pampa, Yanquenco, distrito Farallón Negro (área El Eje - San Fernando), distrito Alumbraera-Atajo (área Amanao-Vis Vis), entre otras.

Las empresas que actualmente están explotando recursos de cobre y oro han realizado exploraciones preliminares en los aluviones mencionados, pero no pudo accederse a los datos y resultados obtenidos. Los datos existentes, solo corresponden a informaciones verbales realizadas por profesionales.

Como antecedente del área de estudio, durante el año 1992 la Dirección Provincial de Minería realizó una inspección de campo de áreas auríferas de Catamarca. La misma se ejecutó en el marco del proyecto "Evaluación del oro aluvial de la provincia", en donde se hizo un reconocimiento de los prospectos de oro conocidos en Catamarca y evaluación de cada región para posibles depósitos de oro aluvial/coluvial. Los resultados de la inspección fueron positivos, encontrándose oro en algunos ríos en diversas proporciones (Heape, 1992).

Para caracterizar a los aluviones se ha tomado como marco de referencia para el presente trabajo el concepto propuesto por Cadavid Mejía (1998, citado por Aguagallo y Enriquez, 2016) quien los define como *"aquellos depósitos minerales compuestos de materiales sueltos o cementados como rocas, arenas, arcillas, etc., que ocupan el lecho antiguo o actual de los ríos o de los valles o de sus flancos y en ocasiones por fenómenos geológicos, las crestas o las mesetas de las montañas"*. Estos depósitos no necesariamente, tienen que tener minerales valiosos; si los tienen se llaman *placeres*.

Los depósitos aluviales más importantes son originados por la meteorización o alteración de pequeñas vetas o de depositaciones diseminadas de cuarzos o calcitas, o de algunas rocas sedimentarias. Muy pocos están asociados a la alteración de una gran veta madre. El oro liberado de las numerosas y pequeñas concentraciones llega a las corrientes principales a través de gran cantidad de otros cursos secundarios.

Se considera como *placer* a *"un depósito de arena, grava u otros materiales residuales o detríticos que contienen uno o más minerales de valor, los cuales se han acumulado por procesos de meteorización y concentración mecánica"* (Cadavid Mejía, 1998; citado por Aguagallo y Enriquez, 2016).

Los placeres auríferos pueden concentrarse, en cualquier área donde el oro esté presente en vetas grandes o el mineral se presenta diseminado en las rocas. También, pueden formarse placeres en las vecindades de depósitos de cobre, ya que el oro puede estar asociado a él.

Diversos autores clasifican los depósitos de placeres continentales de acuerdo a distintas características, tal es así que Brooks (1913, citado por Álvarez, 1986) se basa en la posición en la que quedaron actualmente emplazados dentro del continente; Macdonald (1993 citado por Álvarez, 1986) según el ambiente de depositación, en marinos, transicionales y continentales, y finalmente Jenkins (1946, citado por Wells, J., 1973) los clasifica basándose en las condiciones de deposición en placeres residuales, eluviales, de terraza, de avenida, de desierto y fluviales.

Este trabajo hace referencia a la clasificación de placeres de Jenkins (*op.cit*, 1946), quien define diferentes tipos a saber

- Placeres residuales: son en esencia, una concentración de oro (u otro mineral pesado) en o cerca del punto de desprendimiento de la roca madre. En éstos, el enriquecimiento es el resultado de la eliminación del material sin valor económico más bien que de la concentración de valores incorporados desde una fuente externa.
- Placeres eluviales: generalmente representan un estado de transición entre un placer residual y uno aluvial. Característicamente, se encuentran en forma de capas irregulares de fragmentos de roca descompuesta y detritus superficiales que cubren la ladera de una sierra al pie de una veta u otra fuente de mineral valioso.
- Placeres de terraza: se forman generalmente de los remanentes de depósitos formados durante una etapa anterior en el desarrollo de una corriente y que han sido dejados colgados conforme la corriente socavó el lecho.
- Placeres de avenida: por lo general, el oro finamente dividido viaja largas distancias bajo condiciones de avenidas. Este oro, en su mayoría consiste en partículas muy pequeñas, lo cual está probado que no posee importancia económica.
- Placeres de desierto: estos se presentan en regiones áridas donde la erosión y el transporte de los detritos depende en gran medida de corrientes que nacen y crecen en muy corto tiempo y se precipitan por quebradas y lechos secos después de las lluvias del verano.
- Placeres fluviales, de corriente o aluviales: se forman en redes de canales que tienen en sus cabeceras vertientes y gradientes pronunciadas, las cuales amplían y aplanan en las partes inferiores con extensas capas de grava y otros sedimentos por donde corre el canal activo. Algunos depósitos están relacionados a los sistemas actuales de drenaje; en otros, las partículas minerales tienen una larga historia de cambios ambientales. Los placeres antiguos poseen ahora profundas disecciones, forman terrazas en niveles altos o quedan como relictos completamente aislados de los sistemas fluviales presentes.

Descripción de los placeres fluviales, de corriente o aluviales

Se ha tomado este tipo de placer dentro de las clasificaciones citadas, ya que es la que tiene mayor similitud con la zona de estudio. Macdonald *op.cit* (1983) presenta a este modelo y lo divide en tres secciones:

- Un área fuente en la cual se levantan los canales de drenaje.
- Un área de transferencia o transporte en la que la cantidad de sedimentos que entran es cercanamente similar a la que sale y en ella se forman los mayores depósitos.
- Una zona de amplia depositación, la cual actúa principalmente como bodega de materiales para procesarlos subsecuentemente en otro ambiente (Figura 6).

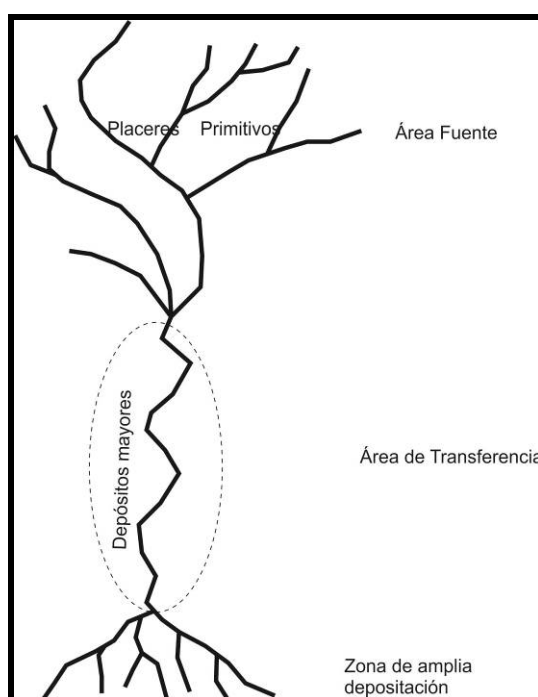


Figura 6: Modelo de placer fluvial según Macdonald, (1983).

El *área fuente* de los depósitos fluviales se define como el lugar donde los sedimentos auríferos se incorporan a las partes superiores de las corrientes, como mezclas heterogéneas de rocas, parcialmente alteradas. Los canales fluviales son particularmente estrechos y labrados profundamente y, poseen gradientes fuertes en los cuales son comunes los rápidos y saltos de agua.

El oro más pesado y más grueso, se asienta más rápidamente que sus sedimentos y se puede ir hasta el fondo del *bed rock* (lecho rocoso). El oro fino y laminar será transportado lejos de su fuente. Esta distancia que recorre el oro fino, ha sido calculada por algunos geólogos en 40 km, Emery y Noaks (1983, citado por Álvarez, 1986) consideran una transportabilidad de hasta 15 km de su fuente, Wells (1969, citado por Álvarez, 1986) plantea grandes distancias y cita una longitud de 250 km para ríos de Estados Unidos; este

oro no puede recuperarse con los equipos tradicionales de concentración por gravedad. La transportabilidad mencionada da a entender que las concentraciones de oro, de diversos tamaños, que se encuentran a lo largo de un río o de un depósito aluvial, no provienen de una sola fuente en las cabeceras de río, sino que han recibido aportes de varios afluentes secundarios en su recorrido.

En este tipo de depósitos, las concentraciones en las partes altas o cabeceras de las corrientes, tienen muchas variaciones con el tiempo, es decir, hay épocas de erosión y de depositación continuas. Cualquier alteración del lecho del río por crecientes fuertes o por la mano del hombre o por otro fenómeno, arrastra lo depositado en un tiempo y lo concentra en otra parte.

En el *área de transporte*, numerosas corrientes pequeñas contribuyen a la erosión de una gran área de procedencia y cuando se unen a niveles bajos, no solamente amplían sus canales sino que también aumentan el transporte de sedimentos. Las pendientes disminuyen fuera del área fuente y cuando el valle se amplía y existe libertad de movimiento lateral, incipientes meandros son cortados en las pendientes para formar bancos de arena. La erosión vertical es menos rápida que en las cabeceras y se alcanza una situación de equilibrio entre la depositación de los sedimentos y la movilización de los mismos, la cual es modificada únicamente durante periodos de creciente o inundación. Los mayores depósitos se forman en donde las corrientes cambian su tránsito de las montañas a grandes valles o a llanuras uniéndose a otras corrientes para formar ríos. La carga de los sedimentos es depositada abruptamente cuando las corrientes se ensanchan en las zonas de pendientes más suaves, pierden capacidad de arrastre y los sistemas de canales se vuelven trenzados (anastomosados), como sucede con grandes corrientes de montaña. Las unidades de depositación toman la forma de abanicos aluviales, barras trenzadas y llanuras de inundación; algunos meandros se desarrollan en la parte interna de las curvas. Pequeñas islas aparecen en las partes más amplias como albardones de mitad de corriente.

Los depósitos aluviales reciben diversos nombres según el tipo de concentración que hagan. Entre estos se pueden mencionar las terrazas, las cuales son de varios tipos, las concentraciones en barras (rifles) naturales de lechos de ríos; las depresiones (huecos) de los lechos; las partes internas de las curvas o meandros, los remolinos, la confluencia de corrientes, las concentraciones que ocurren por pérdida súbita de velocidad y pendientes, tal como ocurren a la entrada y salida de un estrecho de la corriente; las concentraciones por pérdida de velocidad, debido a la carga de sedimentos en el lecho, o por la presencia de rocas y por último, las concentraciones que pueden ocurrir después de las crecientes, llamados depósitos de llanura de inundación.

La *zona de gran depositación* corresponde a la parte final del modelo fluvial. Los sedimentos son de grano fino y la depositación se efectúa por acreción vertical sobre amplias áreas, en especial durante épocas de inundación. Cuando las corrientes tienen flujo normal transportan en suspensión únicamente las partículas más pequeñas, pero cuando crecen y destruyen sus orillas, cargan grandes cantidades de lodo, limo y arena fina, los cuales depositan cuando el agua baja.

Los procesos fundamentales que rigen el movimiento y depositación de sedimentos en corrientes de agua más importantes son los siguientes:

Erosión en el lecho: la erosión en el lecho de la corriente se presenta solamente cuando el flujo tiene la capacidad para transportar más material que el que está siendo suministrado, y por otra parte, la depositación empezará cuando la corriente se encuentre sobrecargada o cuando su velocidad disminuye suficientemente. Depósitos temporales o semipermanentes se forman con frecuencia donde la velocidad se reduce localmente, como a lo largo de las orillas interiores de las curvas u otras obstrucciones del canal.

Transporte de material: de una manera general se puede establecer que las corrientes realizan la mayor parte de su transporte mientras están crecidas y depositan cuando vuelven a su estado normal. En general, el material grueso, que es transportado por la corriente, se mueve intermitentemente y mucho del material más grueso podría permanecer en reposo por breves periodos de tiempo.

Solamente durante condiciones extremas de aumento de caudal de las corrientes, la carga de materiales de su cauce puede ser transportada y agitada suficientemente para permitir movimiento hacia debajo de partículas de oro. Estos fenómenos ocurren muy especialmente durante periodos regionales de cambio climático, los cuales se presentan separados muchos años o siglos. Sin embargo la limpieza del cauce o el movimiento de la totalidad del material de la corriente, excepto los grandes bloques, es esencial para la formación de un típico placer de corriente. La concentración del oro sobre la roca del cauce, no será posible sin limpiar el canal o sin una agitación general de la carga del mismo.

Clima: el clima de hoy y las condiciones actuales de las corrientes pueden tener poca o ninguna semejanza a aquellas que controlaron la formación de un placer dado.

Para Smirnov (s.f.) las mejores condiciones hidrográficas para la formación de los placeres se manifiestan en los ríos con distribución irregular de la masa de agua durante el año debido a lo cual, la alteración de grandes y pequeñas cantidades de agua hace variar mucho la velocidad de la corriente durante, contribuyendo al lavado del material fluvial y a la formación de yacimientos de placeres.

En las formaciones de clima húmedo al erosionarse la corteza de meteorización arcillosa, pueden formarse placeres fluviales o aluviales en abundancia; así como también placeres eluviales y de playa o marinos.

En las formaciones de clima árido seco, al transformarse la corteza de meteorización bauxítica, se forman preferentemente placeres fluviales y eólicos o de desierto; pueden encontrarse también placeres de playa o marinos.

En los yacimientos aluviales se observa una propensión de los placeres a determinadas facies de sedimentos fluviales.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA



3.1. TRABAJOS DE GABINETE

Para el reconocimiento de los depósitos de placeres aluvionales, se consideró apropiado realizar un mapeo cartográfico con herramientas y software disponibles, previo a las tareas de campo, con el fin de tener un conocimiento integral del área de trabajo. El mapa resultante fue complementado con las observaciones de campo, que permitieron la descripción de los aluvionales de los ríos Hualfín y Seco. Para la confección de la cartografía se usaron como herramientas la fotointerpretación, y la digitalización a través del software MapInfo.

3.1.1. CONFECCIÓN DE CARTORAFÍA

La primer tarea realizada en gabinete fue la elaboración de la cartografía geomorfológica y la delimitación de áreas factibles de prospección aluvional, para lo cual se utilizaron como base interpretativa, las fotografías aéreas 2767-404-14 a 21 y 2767-405-28 a 31 a escala 1:50.000 pertenecientes al Servicio Geológico Minero Nacional relevadas en el marco del Plan NOA (1970).

El procedimiento de reconstrucción del área de prospección, en conjunto con la fotointerpretación y el procesamiento de imágenes satelitales mediante el software MapInfo permitieron obtener la cartografía geomorfológica final del área (Anexo 4).

La base bibliográfica correspondiente al mapa geológico de Bossi y Muruaga (2009) y el software MapInfo disponible permitieron confeccionar, editar y digitalizar una carta geológica a escala 1: 30.000, en la que se pudieron volcar los aspectos geológicos regionales donde se enmarca la zona de estudio (Anexo 2).

3.1.2. DISEÑO DEL PLAN DE MUESTREO

El muestreo consiste en tomar una pequeña porción de un material de tal manera que la misma sea representativa del conjunto (Baxter, C. y Parks, R., citado por McKinstry, 1970).

Los puntos de muestreo de sedimentos se decidieron en función de su representatividad y también en base a las posibilidades de acceso a los puntos de muestreo.

Para la realización del muestreo de sedimentos en los ríos Hualfín y Seco, se definió un muestreo selectivo, para lo cual se procedió a seleccionar tramos de los cursos de los ríos que fueran representativos y que tengan asociación con los lugares de mayor concentración de minerales pesados tales como se expresó en el marco teórico. A partir de la definición de los puntos se recogieron muestras puntuales, es decir, tomadas en un tiempo y lugar específicos.

Las características del terreno hicieron que se use una malla irregular de muestreo, que permitió tomar muestras en zonas donde se observó presencia de gravas aluviales y sedimentos recientes.

3.1.3. CRITERIO DE MUESTREO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Durante la campaña se recolectaron un total de 15 muestras distribuidas a lo largo de los ríos Hualfín y Seco; los lugares fueron seleccionados según reconocimiento de áreas favorables para la acumulación de minerales pesados.

Los resultados de la reconstrucción de los ríos mediante el uso de la fotografía aérea y las imágenes satelitales (Anexo 3), sumado a la fotointerpretación y al procesamiento de imágenes en el software MapInfo permitieron definir como áreas de importancia para muestrear, las acumulaciones dejadas por las variaciones en el curso del río Hualfín, así como los albardones, las playas de inundación, la intersección de los cauces de ambos ríos y en el río Seco en donde se realizó el bateo preliminar realizado en el río Hualfín en el año 1992 por Heape, J.

Las muestras tomadas se mencionan en la Tabla 1 con su codificación correspondiente. Los puntos de muestreo, con sus coordenadas geográficas y observaciones se detallan en la Tabla 2.

Los puntos de muestreo sobre los ríos, se detallan en una imagen satelital de *Google Earth*, en la Figura 7.

Secuencia de Muestreo	ID muestra	Secuencia de Muestreo	ID muestra
1	RH-01	9	RS-09 C1
2	RH-02	10	RS-10 C1
3	RH-03	11	RS-11 C2
4	RH-04	12	RS-12 C2
5	RH-05	13	RS-13 C2
6	RH-06	14	RS-14 C2
7	RS-07 C1	15	RSF-15
8	RS-08 C1	--	--

Tabla 1: Identificación de las muestras en los ríos Hualfín y Seco.

Muestras de Sedimentos				
ID Muestra	Latitud S	Longitud W	Altura (m.s.n.m)	Observaciones
RH-01	27°19'32,80"	66°53'40,10'	1685	Margen E del río Hualfín en San Fernando
RH-02	27°19'33,50"	66°53'35,00"	1690	Zona central del cauce en río Hualfín
RH-03	27°19'35,00"	66°53'30,10"	1686	Playa de inundación en río Hualfín
RH-04	27°17'55,00"	66°53'10,60"	1725	Curvatura del río Hualfín, intermedio entre las localidades SF y Eje
RH-05	27°17'17,74"	66°52'35,23"	1737	Albardón, río Hualfín
RH-06	27°16'19,32"	66°52'1,47"	1744	Confluencia ríos Hualfín-Seco
RS-07 C1	27°16'23,25"	66°51'19,10"	1762	Río Seco, piso de calicata, 25 cm espesor
RS-08 C1				Calicata, 60 cm espesor
RS-09 C1				Calicata, 30cm espesor
RS-10 C1				Calicata, 25 cm espesor
RS-11 C2	27°16'27,00"	66°51'17,46"	1796	Río Seco, en piso calicata, 55 cm espesor
RS-12 C2				Calicata 35 cm espesor
RS-13 C2				Calicata 20 cm espesor
RS-14 C2				Calicata 15 cm espesor
RSF-15	27°19'25,00"	66°54'16,00"	1704	Punto de control en confluencia ríos Hualfín-San Fernando

Tabla 2: Ubicación de las muestras de sedimentos en los ríos Hualfín y Seco.

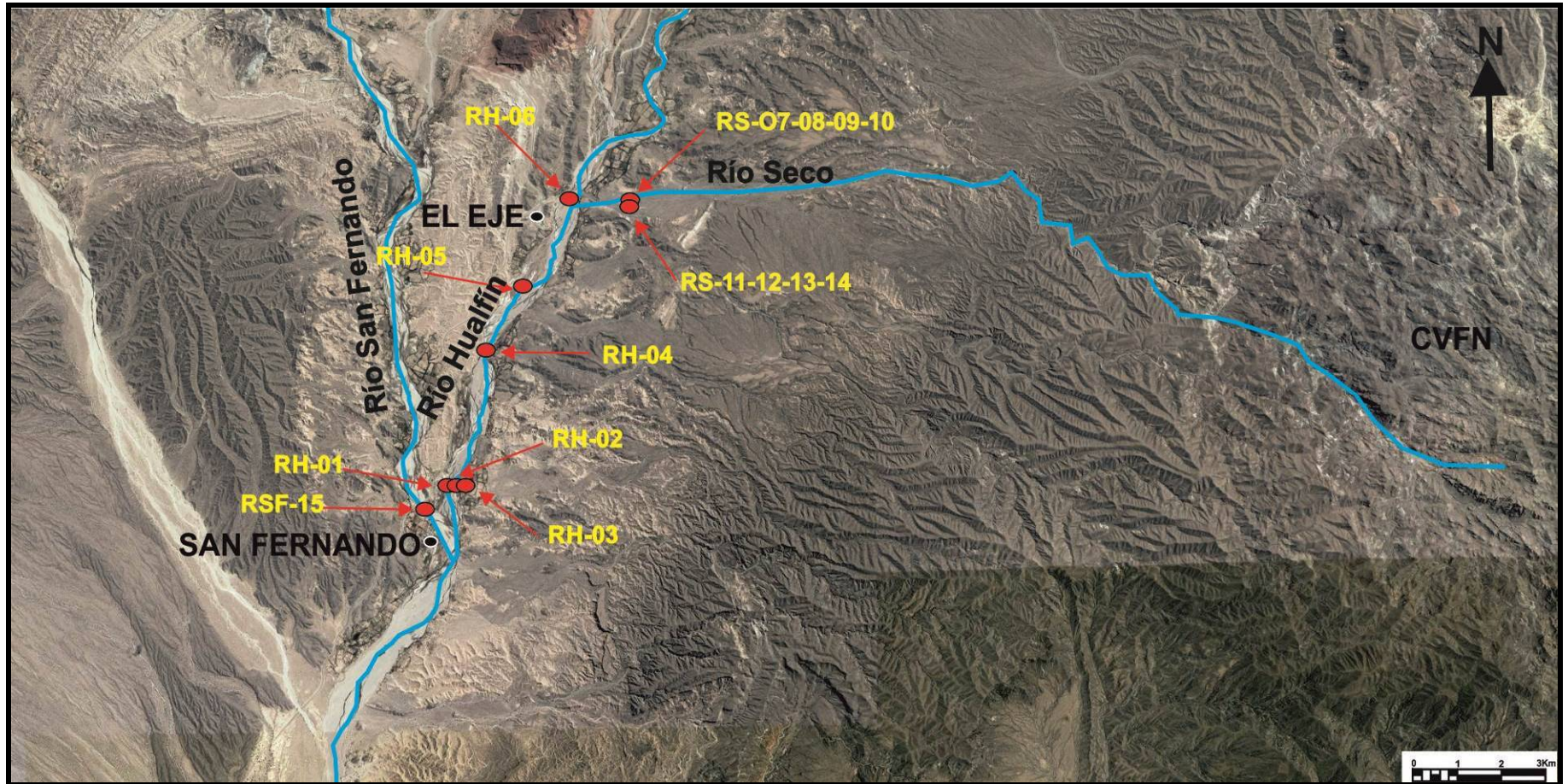


Figura 7: Representación de los puntos de muestreo en los río Hualfín y Seco. Sobre Imagen Satelital de Google Earth Pro 2017.

3.2. TRABAJOS DE CAMPO

El prospecto comprendió excavación en forma rudimentaria de pozos (pala de mano) para muestreo y análisis de los sedimentos de las corrientes activas.

Las excavaciones se realizaron para probar la existencia o no del oro aluvional y las variaciones en la sedimentación de los niveles superiores de los aluviones. En ningún caso se muestreó el *bed-rock* de la corriente actual.

El muestreo dio comienzo en el río Hualfín a la altura de la localidad de San Fernando y prosiguió aguas arriba hasta la confluencia con el río Seco en donde se tomaron las últimas muestras, también se realizó un muestreo sobre el río San Fernando, en cercanías de la confluencia con el río Hualfín (RSF-15). Este punto de muestreo se incorporó debido a los antecedentes verbales o a la información verbal sobre la existencia de mineralización de oro, que sería aportado por los yacimientos ubicados en las partes altas de la cuenca.

MUESTREO DEL RÍO HUALFÍN

El muestreo sobre este río se realizó a lo largo de 8 kilómetros, en el cual se tomaron 6 muestras en total distribuidas en el tramo del curso fluvial tomado para este trabajo.

El sector en donde se tomaron las muestras puede clasificarse de acuerdo al modelo de Macdonald *op.cit* (1983) como área de transferencia o transporte.

A continuación se describe cada pozo muestreado, los cuales se identifican con una codificación: siendo RH para río Hualfín.

RH01: el primer lugar muestreado fue a 200 m de la localidad de San Fernando, aguas arriba sobre el río Hualfín, en contacto con la formación Andalhuala. Se realizó un pozo de 70 cm de profundidad, en donde se llega al nivel freático. El material extraído está representado por arena de granulometría media a fina con escasos rodados mayores a 5 cm de diámetro.

RH02: este pozo está ubicado en el cauce activo del río Hualfín, alcanzando una profundidad de 90 cm. En la base hay presencia de rodados de hasta 20 cm de diámetro y gravillas. La zona central está representada por una estratificación paralela en donde alternan gravillas con arena de diferente granulometría y la parte superficial está cubierta por médanos.

RH03: pozo de 75 cm de profundidad. Nivel húmedo, arena limo-arcillosa con escasos rodados de entre 10 y 30 cm de diámetro. Ubicado en la margen izquierda (Este) del río Hualfín, en la llanura de inundación.

RH04: pozo de 150 cm de profundidad. Nivel arenoso con escasa magnetita, reducida proporción de rodados menores a 10 cm de diámetro; ubicado en la margen derecha del río Hualfín, en el sector convexo del meandro.

RH05: pozo de 100 cm de profundidad, compuesto de arena con niveles de magnetita, escasa gravilla y rodados de hasta 10 cm de diámetro. Ubicado en un albardón del río Hualfín.

RH06: pozo de 100 cm de profundidad por la presencia de agua. Nivel arenoso con magnetita, y hacia la superficie presencia de rodados mayores a 30 cm de diámetro. Ubicado en el río Hualfín en confluencia con el río Seco.

MUESTREO DEL RÍO SECO

El río fue muestreado aproximadamente a un kilómetro aguas arriba de la confluencia con el río Hualfín. Se realizaron dos calicatas en el curso activo, describiéndose dos perfiles (Figura 8 y Figura 9); estas muestras encuadran dentro del modelo citado por Macdonald *op. cit* (1983) para su modelo de placer fluvial referido al sector área de transporte.

Descripción Calicata N° 1:

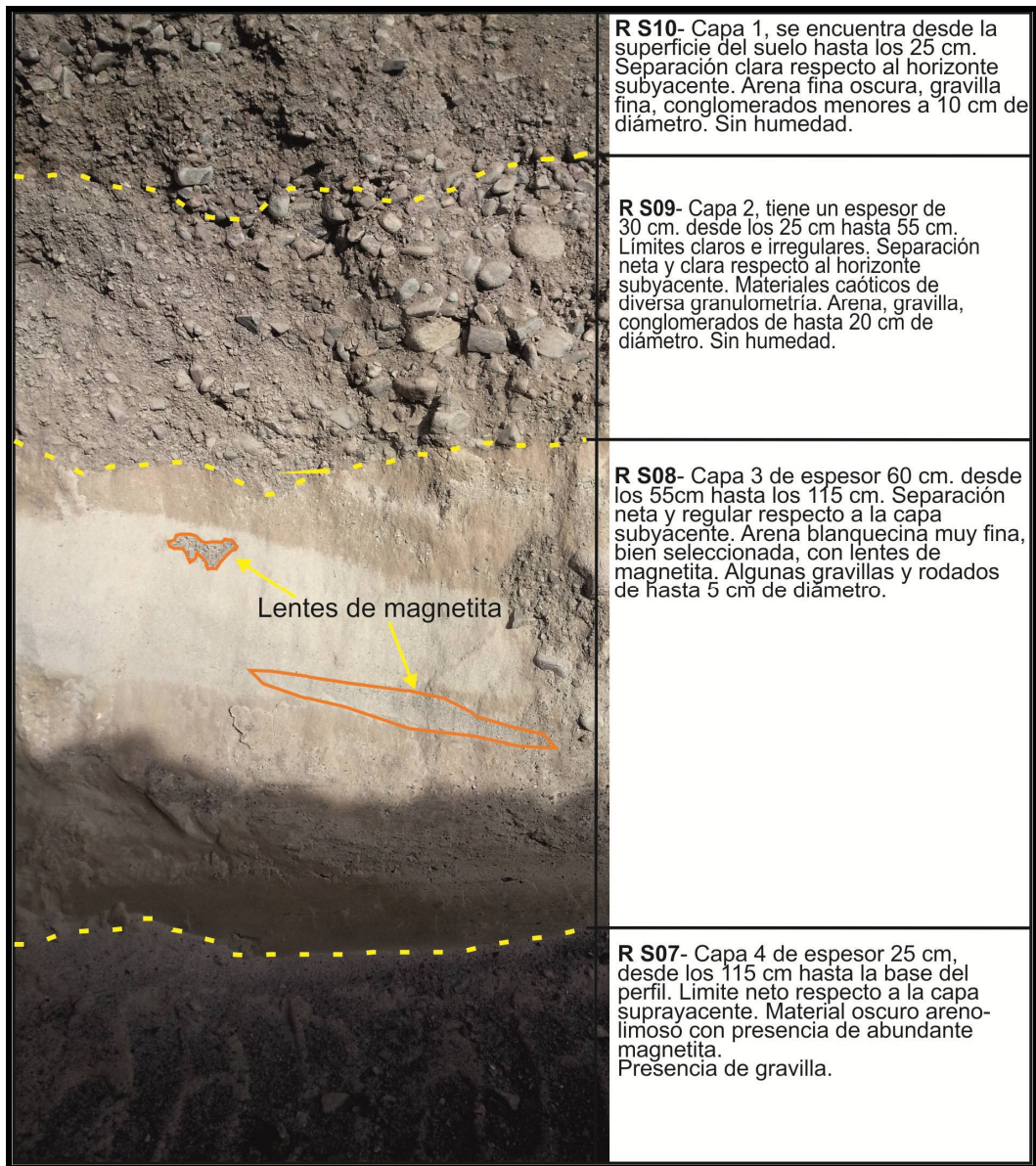


Figura 8: Perfil de suelo en la calicata N°1 del cauce del río Seco.

Descripción Calicata N° 2:

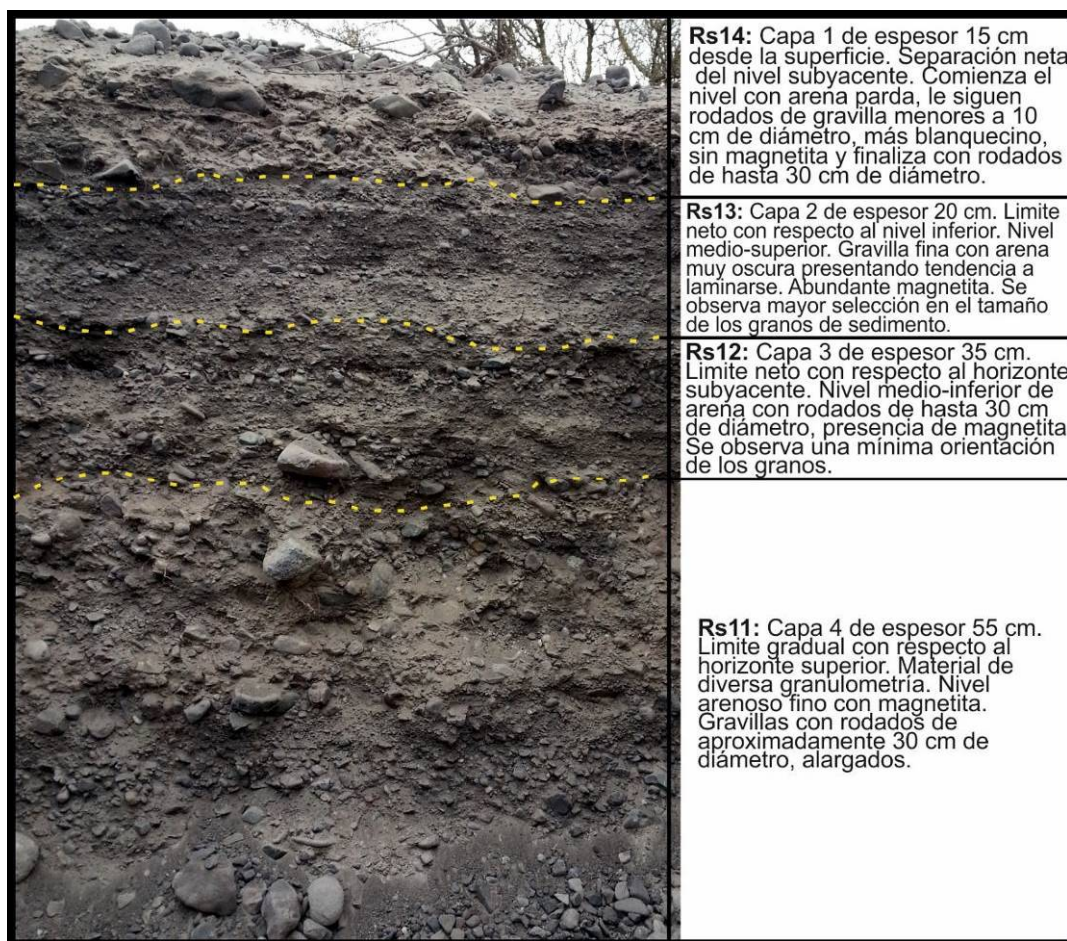


Figura 9: Perfil de suelo en la calicata N°2 del cauce del río Seco.

MUESTREO DEL RÍO SAN FERNANDO

RSF15: ubicada en el cauce del río San Fernando antes de la confluencia con el río Hualfín. Pozo de profundidad de 70 cm, con un perfil representado por arena muy fina con escasa gravilla y rodados menores a 10 cm de diámetro.

3.3. TOMA Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Según diferentes autores el muestro se puede hacer siguiendo criterios particulares, y de ello resulta que para Oyarzun (2011) el método de recolección y la cantidad de muestras, puede variar mucho en función de la escala y dimensiones de la zona de trabajo; lo mismo puede decirse de la geometría del muestreo, ya que estará condicionada por la orografía del

terreno. Este autor considera que uno o dos kilos de muestras son suficientes y se deben evitar recoger esquistos de rocas y vegetación si la hubiera.

Para Pérez García (1991), las muestras deben ser voluminosas (4 a 135 m³) extraídas en grandes pozos, tanto en aluviones secos como con agua subterránea.

No obstante en el presente trabajo se aplicaron los criterios del Departamento de Estudios y Proyectos (EyP) de la Dirección Provincial de Minería de Catamarca, en base a lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- 1) Elección de las bolsas de muestreo: las bolsas adecuadas para la extracción de muestras son aquellas de plástico resistente que almacenen gran cantidad de material y lo preserven de la contaminación.
- 2) Cantidad de muestra: la muestra debe ser representativa de manera que el número total englobe toda la zona de estudio.

En este caso se recolectaron muestras de hasta 15 kg, dividiéndolas en partes iguales, una cantidad se envió al laboratorio y la restante se conserva como respaldo en la DPM (siguiendo el protocolo de dicho departamento), para probables lavado a la batea.

- 3) Recolección de las muestras: Las mismas se tomaron en los cursos de los ríos Hualfín, Seco y San Fernando, consistió en primer lugar en una excavación manual de pozos de profundidades variables (Figura 10 a y b).

Al ser el material de diversa granulometría se pasó la muestra por un tamiz número 4, de la norma ASTM E – 11/95, con el objeto de que las gravas aluviales y sedimentos activos pasantes tengan tamaños muy finos, desde arenas, limos y arcillas hasta pequeños fragmentos de roca (Figura 10 c y d).

En cada sitio se verificó que los instrumentos estén completamente limpios, lavándolos cuidadosamente para evitar cualquier tipo de contaminación y alteración de la muestra, puesto que en ocasiones el material muestreado quedaba atrapado entre las mallas.

- 4) Conservación de las muestras: Las muestras fueron envasadas, colocándoles su respectivo etiquetado y código, para evitar posibles contaminaciones o confusiones en cuanto a su procedencia.

En cada pozo se describieron las muestras, se tomaron las coordenadas y posteriormente se procedió a tapar las cavas como muestra de las buenas prácticas ambientales, dejando el lugar sin evidencias de laboreos mineros.



Figura 10: a. Pozo excavado para la toma de muestras de sedimentos en la llanura de inundación del río Hualfín. b. Extracción del material del pozo. c y d. Separación in situ de gravas y arenas finas.

3.4. RELIZACIÓN DE BATEO

La prospección aluvial mediante el uso de la batea, es el método de prospección minera que se ocupa, de manera directa de la localización y valoración de depósitos de tipo placer y de forma indirecta de la localización de anomalías mineralógicas. Estas anomalías serían el resultado de la denudación de concentraciones primarias.

El objetivo de un lavado manual a batea o al plato en las muestras RH-03 y RS-07 se realizó con el objeto de visualizar partículas de Oro (Au) libre.

La operación de concentrado o bateado de manera general, se realiza colocando en la chaya (plato-batea) el material del cauce, se la introduce en el río, se inclina la batea hacia adelante y se mueve con movimientos envolventes suaves (Figura 11); de esta manera se separan los diversos tamaños de arena de las arcillas y los minerales pesados quedan retenidos en el fondo de la chaya.



Figura 11: Bateo en el río Hualfín en confluencia con el río Seco.

Como resultado del bateo de los sedimentos de los ríos Seco y Hualfín se puede observar magnetita mineral indicador de la presencia de oro, tal como se observa en la Figura 12.

El ensayo de bateo en los ríos, no confirmaron la presencia de oro aluvional en las redes de drenaje. Es evidente que la cantidad de magnetita de la región es significativamente mayor.

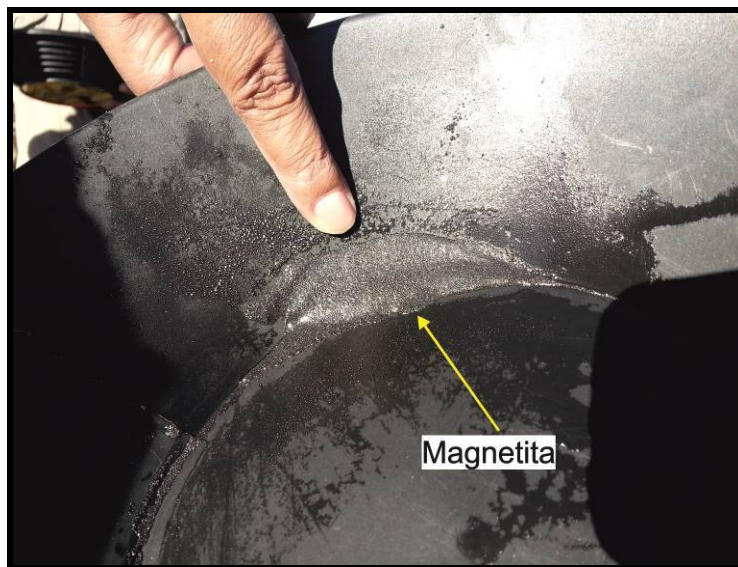


Figura 12: Concentración de magnetita (mineral pesado), el fondo de la batea.

3.5. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Las muestras obtenidas en el campo, fueron trasladadas cuidadosamente al Laboratorio Tratamiento Mecánico de Minerales, del Instituto de Investigaciones Mineras (IDIM) de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, para la preparación de ellas y su posterior análisis químico.

El procesamiento físico se realiza con el objetivo de crear una parcialidad homogénea que sea representativa del material original y al mismo tiempo adecuado para el análisis.

En el Laboratorio (IDIM), se procedió a pesar la muestra inicial, se colocaron en bandejas de acero inoxidable, cada una por separado y con su respectiva etiqueta y código, logrando mantener el orden y evitando posibles confusiones al momento de obtener los resultados (Figura 13 a).

SECADO DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron sometidas al proceso de secado debido al contenido de humedad retenida en las arenas y arcillas; este paso es indispensable ya que la humedad puede llegar a causar modificaciones, ocasionando errores no deseados durante el ensayo.

Para llevar a cabo el secado de las muestras se empleó un horno eléctrico a temperatura de 60°C durante un tiempo de una hora según la cantidad de muestra y cantidad de humedad retenida en las mismas, Figura 13 b).

CUARTEO MECÁNICO DE LAS MUESTRAS

El cuarteo se realiza con el fin de reducir las muestras logrando que se conserven representativas como en el campo. Se emplea un cuarteador de muestras para agregado fino Jones, equipado con dos receptáculos (bandejas de acero inoxidable) para recibir las dos mitades de muestra cuarteada, como se indica en las Figura 13.a y b.

El proceso se repite escogiendo un receptáculo con muestra, de las cuales una parte fue enviada al laboratorio químico, mientras que la otra muestra del segundo receptáculo fue guardada en bolsas plásticas para futuros análisis, conservadas en la Secretaría de Estado de Minería (Figura 14).

Para cada muestra, mediante el uso de un compresor de aire se limpió minuciosamente el cuarteador y receptáculos, además de usar bolsas plásticas nuevas para las muestras enviadas al laboratorio, perfectamente conservadas y codificadas.



Figura 13: a. Pesaje inicial de las muestras. b. Distribución de las bandejas en el horno de secado a una temperatura de 60°C. c. Cuarteador de muestras para agregado fino. d. Proceso de cuarteo mecánico de muestras.



Figura 14: Muestras embolsadas y codificadas antes del envío al laboratorio químico.

ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS

Para el envío de las muestras al laboratorio Alex Stewart ubicado en la ciudad de Mendoza, se emitió la solicitud de análisis, conforme al procedimiento seguido por la DPM, en donde se registraron: número, código y cantidad de muestras. En la misma solicitud se presenta el listado con las determinaciones analíticas requeridas al laboratorio (en este caso, análisis por 39 elementos). El protocolo de dicha institución también consiste en colocar las muestras en bolsas de rafia para su mejor manejo, debidamente rotuladas como se observa en la Figura 15.

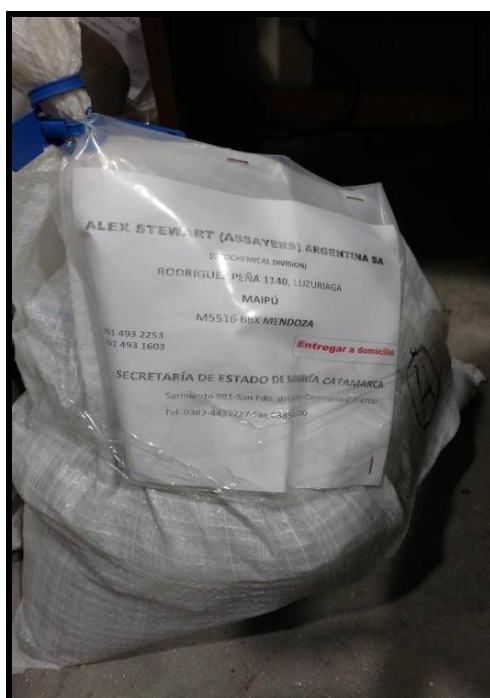


Figura 15: Muestras preparadas para enviar al laboratorio químico.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS



4.1. GEOLOGÍA LOCAL

De acuerdo con la bibliografía disponible, se confeccionó una carta geológica, tomando como datos de base el mapa geológico del Campo del Arenal y alrededores correspondientes a Bossi y Muruaga (2009), (Anexo 2).

Se considera que el área de aporte de la mineralización de interés de oro proviene del Complejo Volcánico Farallón Negro es por ello que en este trabajo se lo describió detalladamente en el capítulo II, al igual que las diferentes formaciones aflorantes en las cercanías del área de estudio. El drenaje principal hacia el área de estudio está representado por el río Seco, el cual nace en las inmediaciones de la caldera del mencionado complejo volcánico y recorre la zona en forma de bajada hasta su confluencia con el río Hualfín un poco al Noreste de la localidad de El Eje (Anexo 2).

Aflora en el área de estudio la formación Andalhuala, perteneciente al Grupo Santa María, separadas por Bossi *et al* (2009) en dos secciones, (a) conglomerádica fina con clastos subangulosos en la base y (b) una sección arenosa-limosa en la parte superior, las cuales fueron observadas durante la inspección de campo (Figura 17). En el área de interés afloran al Oeste del CVFN y hacia las márgenes Este y Oeste del río Hualfín.

Localmente los sedimentos cuaternarios corresponden a los depósitos fluviales.

4.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Como resultado de la fotointerpretación, la reconstrucción de las imágenes satelitales de los años 1990, 2000 y 2018 en comparación con una fotografía aérea del año 1970, se obtuvo la cartografía geomorfológica (Anexo 4) en la que se mapearon las siguientes geoformas:

Relieve de cuesta, se considera a un relieve disimétrico provocado por una capa resistente algo inclinada e interrumpida por la erosión. Está representado en la carta del Anexo 4 por el CVFN hacia el Este y por la formación Andalhuala hacia el Oeste.

Los *depósitos fluviales de cauce* son desarrolladas por los río Seco y Hualfín durante las fases de inundación en donde las crecientes son instantáneas, además fueron mapeadas en los cursos esporádicos de los tributarios. Estos depósitos fluviales son materiales en constante variación de posición.

Las *terrazas* constituyen pequeñas plataformas sedimentarias construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río que se depositan a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente del mismo se hace menor, con lo que su capacidad de arrastre también disminuye. Las terrazas fluviales que se presentan en las márgenes del río Hualfín representan dos niveles, para el primer nivel la potencia llega a desarrollar hasta 5 m y el segundo nivel, hasta los 15 m. En el río Seco se observó un solo nivel de terraza, variando su potencia hasta los 2 metros.

Los *abanicos aluviales* son acumulaciones de materiales aluviales, formados donde los cursos de agua con pendiente empinada disminuyen su velocidad abruptamente al fluir sobre un desnivel de ligera inclinación formada generalmente como un abanico abierto o un

segmento de cono. Los materiales que los componen son transportados mediante las corrientes arrastrantes que los acarrearán predominantemente como carga de fondo, lo que ocasiona una gradación granulométrica, con los materiales más gruesos situados en las cercanías del frente serrano y los más finos localizados en las zonas del pie de los abanicos. Éstos se presentan fuera del área estudiada, no se llegó hasta el lugar y fueron mapeados en base a la descripción de Bossi y Muruaga (2009), y observados mediante la fotointerpretación en bajada hacia la margen izquierda del río Seco.

Los depósitos de *llanura de inundación* se caracterizan por una sedimentación de materiales clásticos finos, limos y arcillas, en los que se intercalan algunos lentejones de materiales de granulometría más gruesa. Estos depósitos son generados por desbordamiento de los ríos durante las crecientes y se mapearon sobre el lecho mayor del río Hualfín, observados también durante la campaña.

Los *glacis* incluyen a los depósitos cuaternarios que cubren niveles de erosión desarrollados sobre las sedimentitas cenozoicas dislocadas. Estos niveles erosivos se hallan principalmente en la zona de prospecto, cercanos a los ríos Hualfín y San Fernando. Hay participación de material clástico fino y gravas, y constituyen un relicto fósil que está siendo retrabajado, debido al rejuvenecimiento que afecta a todo el paisaje (Bossi y Muruaga, 2009).

Los *albardones* corresponden a una pequeña elevación situada en terrenos bajos y anegadizos (Figura 17). Se desarrollan con mayor expresión a lo largo del curso del río Hualfín.

Todas estas geoformas están delimitadas en la Carta Geomorfológica (Anexo 4).

4.3. CARACTERIZACIÓN DEL RÍO HUALFÍN

De acuerdo a la geometría de la corriente se puede clasificar al río Hualfín como anastomosado o trenzado en todo su recorrido.

El sentido del curso del río es Norte-Sur y es la continuación del río Los Nacimientos. A la altura de la localidad de El Eje, el río Seco hace su aporte desde el Este. En la culminación sur del área de estudio, el río principal recibe el aporte desde el Oeste del río San Fernando, en la localidad homónima.

Composicionalmente, el río presenta sedimentos de tamaño variable, está integrado por bloques, rodados, gravas y arenas. La presencia de magnetita es menor que en el río Seco.

En el área de prospecto, el río tiene dimensiones aproximadas a los 8 km de recorrido con un ancho variable de un mínimo de 300 m y en los lugares más amplios puede llegar hasta los 800 m.

Las geoformas presentes son terrazas de hasta dos niveles, pobladas o indicadas para cultivo, razón por la cual no fueron consideradas en el presente trabajo para el muestreo de sedimentos; además cuenta con la presencia de albardones y llanuras de inundación (Figura 16).

Hacia la margen derecha de dicho río no se desarrollaron terrazas y se observa el contacto directo con la Formación Andalhuala (Figura 17).

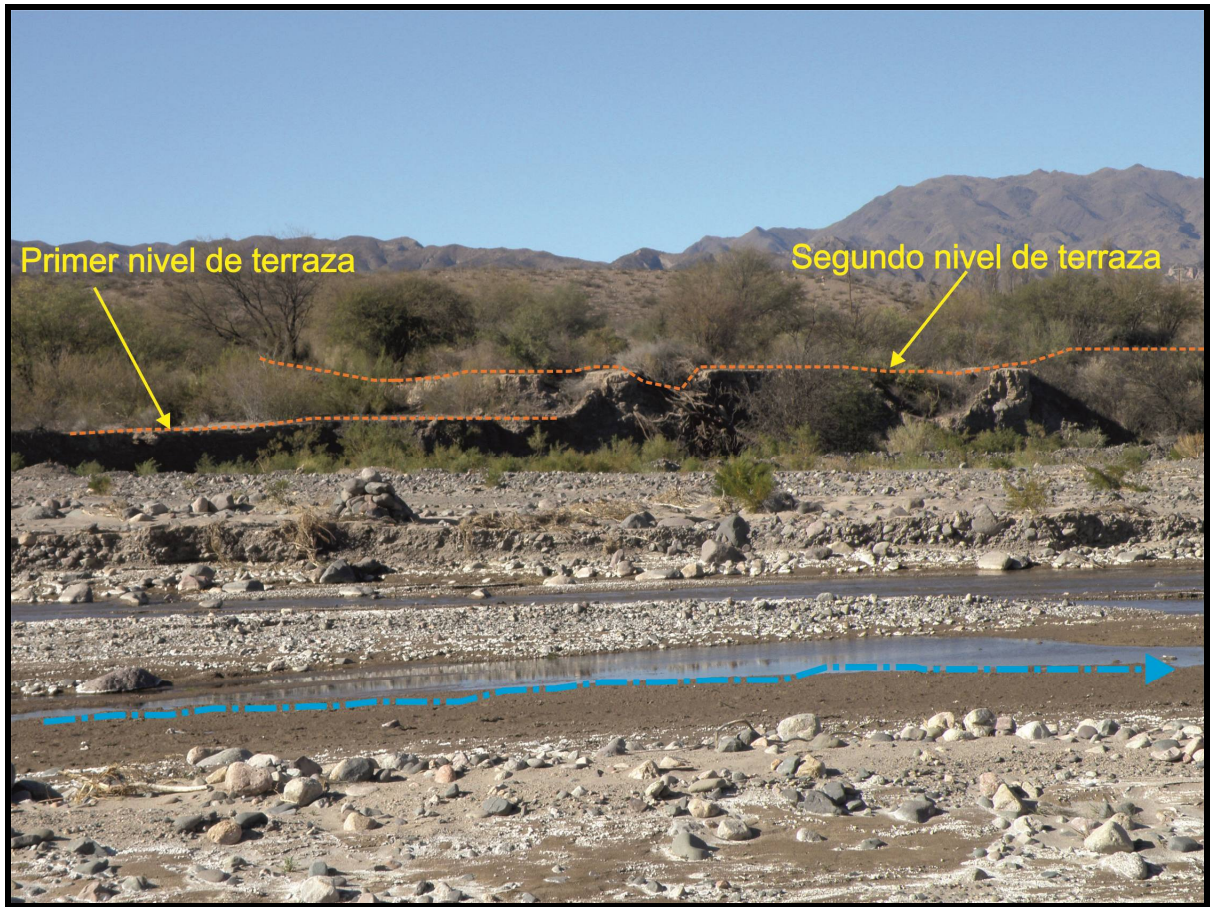


Figura 16: Primer y segundo nivel de terraza del río Hualfín.

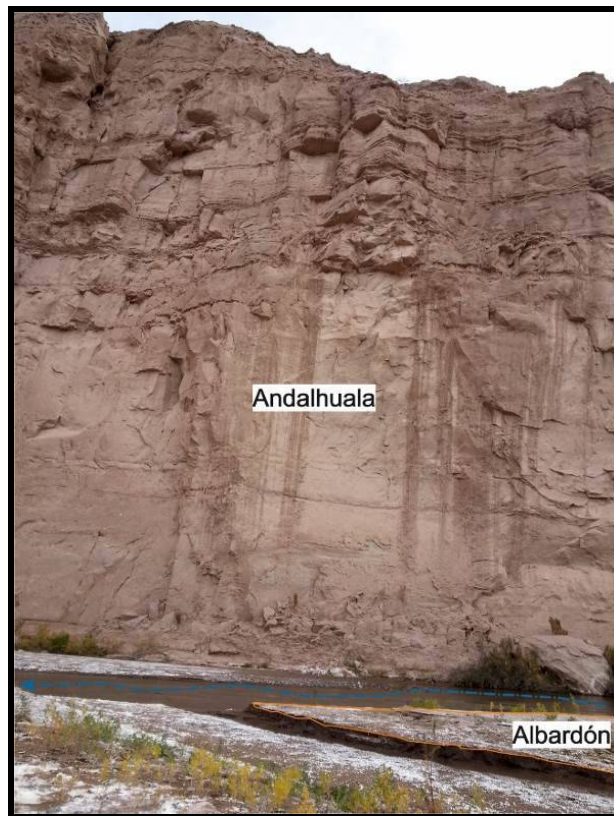


Figura 17: Formación Andalhuala (Neógeno) en contacto con el río Hualfín.

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL RÍO SECO

El río Seco fluye hacia el Oeste del Complejo Volcánico Farallón Negro. Los sistemas de alteración y el sistema vetiforme de cuarzo-oro y carbonatos de la mina Farallón Negro, son las cabeceras de dicho río. De acuerdo con estas características, esta red de drenaje tendría un potencial de transporte significativo para el oro aluvional.

De acuerdo a la geometría de la corriente se pueden clasificar al río como rectilíneo en las nacientes y anastomosado en el resto de su recorrido. Estas corrientes que también son llamadas trezadas, presentan canales múltiples.

Composicionalmente los sedimentos en el río Seco, en inmediaciones a las nacientes son casi íntegramente de origen volcánico: andesitas, brechas, dacitas, pórfidos dacíticos, cuarzo entre otros.

Después de abandonar el complejo volcánico e ingresar en el área del prospecto, el río Seco atraviesa una secuencia de sedimentos cuaternarios que comienzan con bancos de conglomerados con rodados, disminuyendo su granulometría hasta areniscas de grano fino. En este sector se pudo apreciar abundancia del mineral magnetita (Figura 19).

Como su nombre lo indica, el río Seco, solo lleva agua cuando se producen las grandes crecidas durante el periodo estival.

Geomorfológicamente se pudo determinar un nivel de terraza de hasta 70 cm, no cartografiable a la escala de trabajo (Figura 18).

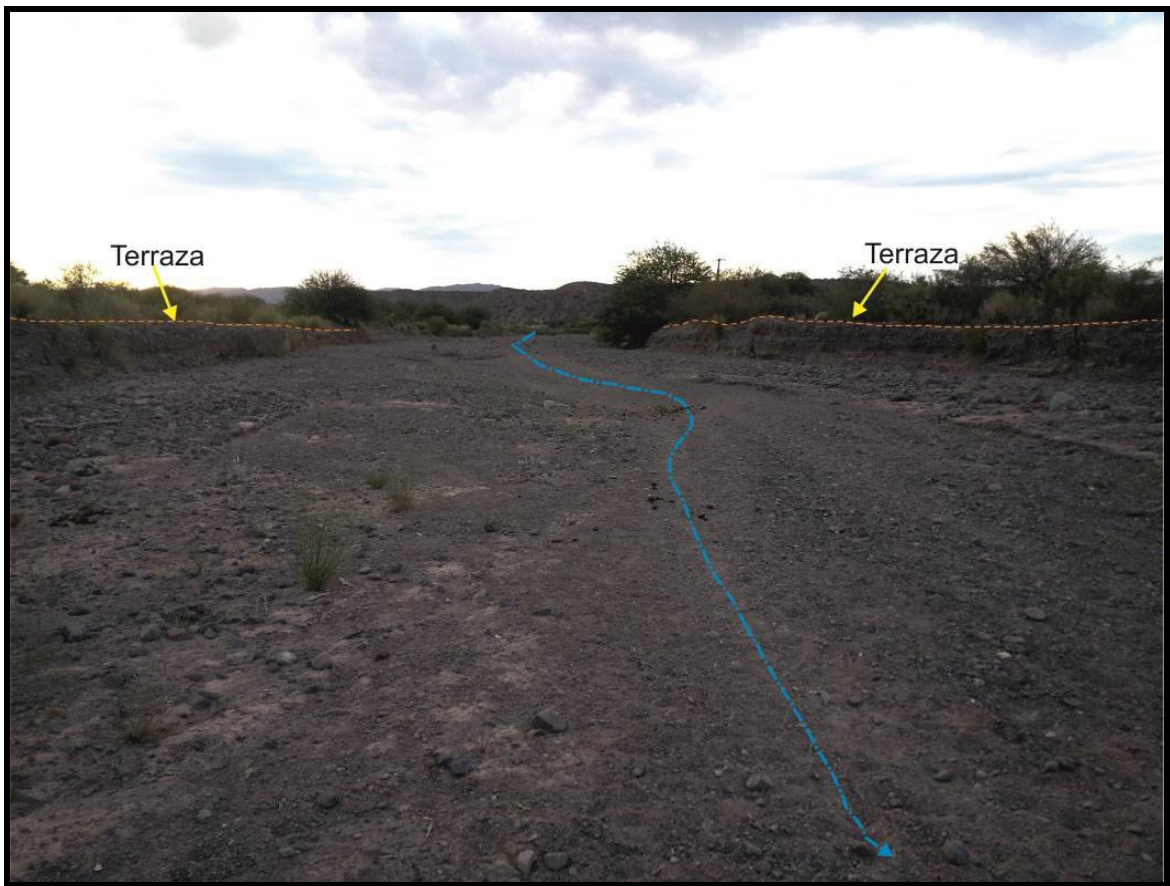


Figura 18: Delimitación de terrazas (flechas amarillas). La línea de trazo celeste indica el sentido de la corriente.

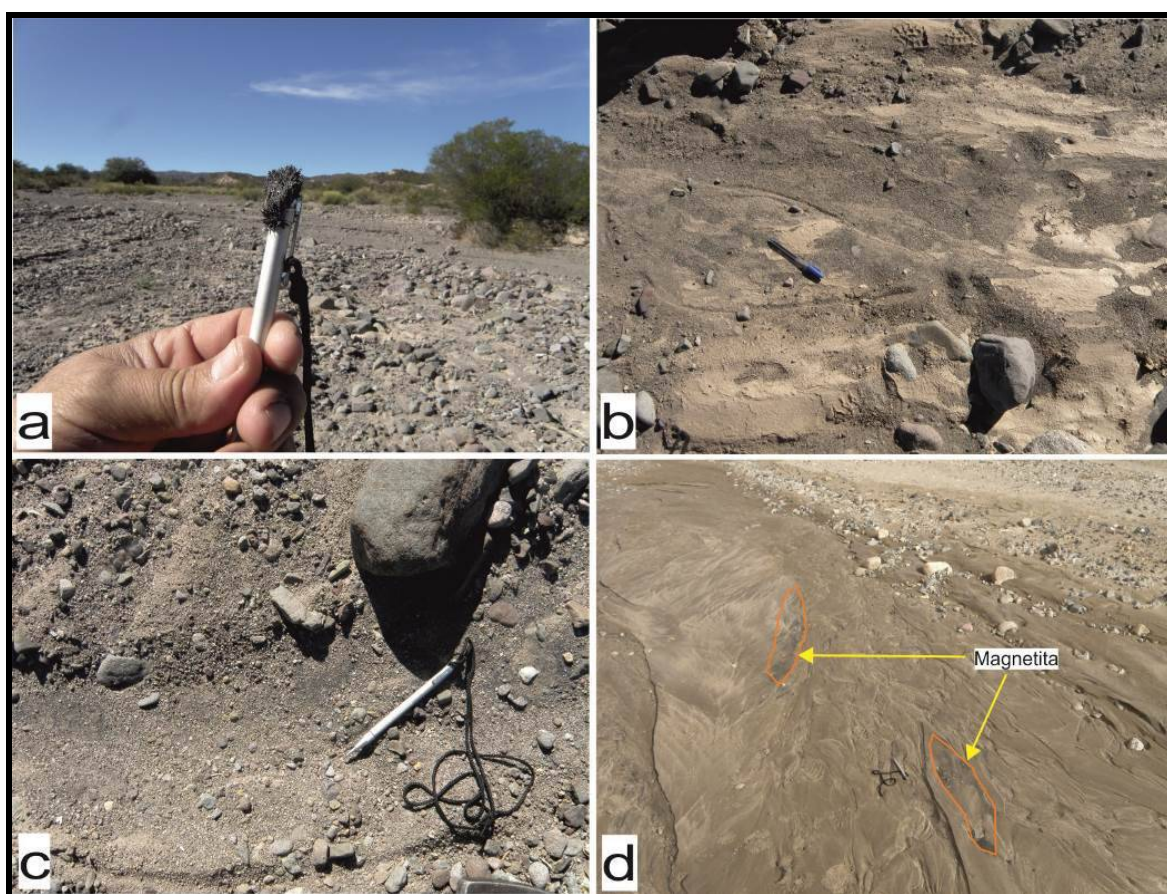


Figura 19: Presencia de abundante magnetita en el curso del río Seco.

4.5. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El objetivo de este procedimiento fue observar la existencia de alguna variación en las unidades geomorfológicas del río, a fin de definir los blancos de prospección.

Para ello se compararon fotografías aéreas en escala 1:50.000 pertenecientes al Servicio Geológico Minero Nacional relevadas en el marco del Plan NOA del año 1970, que constituyen los primeros registros fotográficos del área de trabajo, con las imágenes satelitales de los años 1990, 2000 y 2018 obtenidas del Google Earth Pro (Anexo 3).

Se puede apreciar, en la imagen satelital del año 1970 que el curso activo del río Hualfín circulaba hacia la margen derecha del mismo, en contacto con rocas formadas del neógeno, acumulándose los sedimentos hacia la margen izquierda. En el lapso de 20 años, la corriente activa se desplazó hacia la margen izquierda, acumulándose el material sobre la margen derecha (Anexo 3 a).

En relación a las otras secciones del río Hualfín y del río Seco, parecen mantener su forma sin mayores variaciones del valle en donde están emplazados. Por un período de más de 40 años no se observaron cambios relevantes, ya que se considera que el proceso de modificación de un cauce necesita de un mayor tiempo geológico, además de cambios climáticos que aporten suficientes precipitaciones, entre otras condiciones (Anexo 3 b).

Estas observaciones en conjunto con la fotointerpretación ayudaron a definir los puntos de muestreo de ambos ríos.

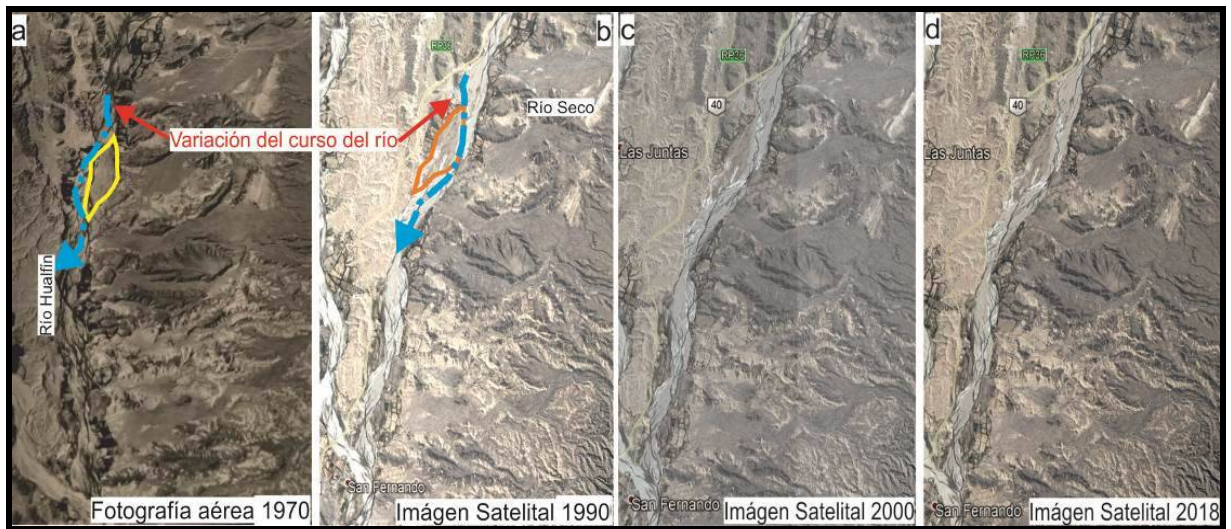


Figura 20: Análisis multitemporal del área de estudio.

4.6. PROSPECCIÓN DEL ALUVIÓN

ALUVIÓN RÍO SECO

En este aluvión se realizaron dos labores de prospección consistentes en calicatas de profundidad promedio de 1,5 metros, en los lugares señalados como antecedentes del bateo preliminar del año 1992 (Heape, J.) en cuyo caso el resultado fue positivo.

El perfil de la calicata N°2 (C2), de profundidad de 1,25 m en donde se diferenciaron 4 secciones de material aluvional de diferente granulometría, cuyo perfil se detalla en la Figura 9 de la página 31. No se observó a simple vista presencia de oro, pero si se determinó presencia de guías de magnetita, ésta se presenta pulverizada. No obstante los valores del análisis del laboratorio arrojan valores anómalos de oro en la base del aluvión, a una profundidad de entre 60 y 125 cm (Anexo 5).

A partir de éstos resultados y teniendo en cuenta los resultados de la prospección de los años noventa, se confirma la presencia de oro en el aluvión.

Teniendo en cuenta que este río presenta crecidas esporádicas en los meses lluviosos del período estival, se considera que el material estudiado fue acarreado por corrientes recientes y es de esperarse que los valores de oro aumenten en profundidad. A su vez este factor, ausencia de agua permanente en el río,

La profundidad del bed-rock se desconoce debido a que en este trabajo o se contempló la realización de prospección geofísica.

ALUVIÓN RÍO HUALFÍN

Al igual que en el río Seco, se desconoce la profundidad del bed-rock. En ninguna de las muestras extraídas en el aluvión del río Hualfín se observó la presencia de oro. Las labores fueron someras, no llegando al metro de profundidad. La presencia de magnetita es menos significativa.

Los datos del laboratorio arrojaron valores de Au de 0,01 a 0,04 ppm en dos de las muestras, las codificadas como RH-03 y RH-05 extraídas en la llanura de inundación y albardón respectivamente.

4.7. RESULTADOS DE CAMPO

Los aluviones están compuestos por sedimentos gruesos de entre 5 a 15 cm conformados por cantos rodados y bloques, y por material fino de entre 2 a 4 mm correspondientes a arenas.

El proceso de clasificación mediante el lavado en batea, al que fueron sometidos los concentrados, fue netamente de observación, mediante el cual se pudo apreciar gran cantidad de magnetita, no visualizándose oro aluvional a simple vista o con lupa de mano.

Dado que, si bien no se observa a simple vista pero los resultados de laboratorio fueron positivos se infiere que el oro detectado en laboratorio haya sido transportado en forma coloidal bajo condiciones fisicoquímicas favorables.

Se infiere por la presencia de litología correspondiente al Complejo Volcánico Farallón Negro, que el origen del oro aluvional proviene de los filones de cuarzo y carbonatos que contienen minerales de oro (Au), plata (Ag) y manganeso (Mn). Dado que no se lo observó a simple vista se estima que provendría de una roca madre con oro de grano fino.

En base a lo expuesto se considera que los ríos Hualfín y Seco no constituyen un sistema de drenaje con oro aluvional recuperable.

4.8. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL LABORATORIO

En base a los resultados de laboratorio se observa lo siguiente:

La muestra correspondiente a la denominación RH-03 de la muestra tomada en campo, extraída de la labor realizada en el río Hualfín, es la única que presenta una anomalía de 4 veces más que las restantes. La misma presenta un valor en oro (Au) de 0,04 ppm (partes por millón) es decir 0,04 gr/tn.

En general el oro (Au) de la muestra RH-03, está acompañado de magnetita (Fe_3O_4) en un porcentaje de 3,8 % como así también de vanadio (V), fósforo (P), y algo de titanio (Ti) y litio (Li). No hay presencia de plata (Ag).

Hay otras dos muestras (RS-11 y RH-5) que están por arriba de los límites de detección del laboratorio. Éstas fueron sacadas del aluvión del río Hualfín y del río Seco mostrando las siguientes características:

La muestra cuya codificación es RS-11 posee valores de 0,01 ppm de oro (Au), acompañado de cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), litio (Li), magnesio (Mg), niobio (Nb), estroncio (Sr), vanadio (V), itrio (Y), zirconio (Zr) y zinc (Zn), presentando la mayor concentración de hierro (Fe), que correspondería a un 6,5 % de magnetita, y un brusco enriquecimiento en manganeso (Mn), plomo (Pb), titanio (Ti), fósforo (P). No registra anomalías en plata (Ag).

La muestra RH-05 tiene valores de 0,01 ppm de oro (Au), contando con la presencia de cromo (Cr), cobre (Cu) y hierro (Fe) implicando un 3,3 % de magnetita. También se determinó en la muestra elementos como litio (Li), magnesio (Mg), fósforo (P), estroncio (Sr), titanio (Ti), vanadio (V) y únicos valores en níquel (Ni). No hay plata (Ag).

Los datos obtenidos están representados en la gráfica de la Figura 21.

En base a los resultados de laboratorio obtenidos mediante la para la detección de oro, los datos del laboratorio se procesaron en planilla Excel, donde se analizó la variable de interés oro (Au). Se analizaron un total de 15 datos.

El límite de detección del laboratorio para oro (Au) es de 0,01 ppm. Como se puede observar en la tabla de resultados Anexo 5, tres (3) muestras presentan ésta anomalía. Las muestras detectadas corresponden a las codificaciones: RH-03, RH-05 y RS-11, las dos primeras provienen del río Hualfín y la última del río Seco. La muestra RH-03 fue extraída de la llanura de inundación, la muestra RH-05 de un albardón y la RS-11 pertenece al piso de la calicata N° 2.

El procedimiento de interpretación para este trabajo fue cuantitativo.

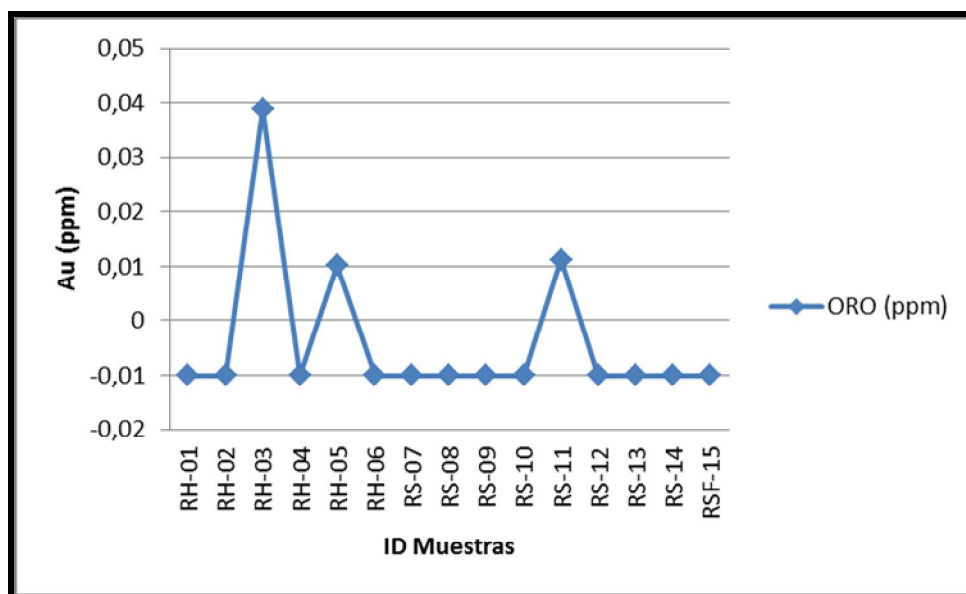


Figura 21: Representación de los valores de Oro en cada punto de muestreo.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- Se considera que el origen del oro aluvial es a partir de la meteorización y erosión de filones de cuarzo y carbonatos, que contienen minerales de oro (Au), plata (Ag) y manganeso (Mn) provenientes del CVFN.
- Se determinó que las arenas de los ríos Hualfín y Seco presentan escasez de partículas de oro, por lo que no se puede recuperar mecánicamente.
- Se determinaron unidades geomorfológicas favorables de concentración mineral, albardones, llanuras de inundación y depósitos fluviales de cauce mediante la confección de la cartografía a escala adecuada.
- Se determinó muestras anómalas de oro (Au) en el prospecto planteado, que con un estudio más detallado puede ser de interés económico minero.
- No se determinó oro mediante el método de la batea.
- Los análisis químicos del laboratorio presentan anomalía en oro (Au), por lo que se recomienda realizar una prospección detallada en sitio y nuevos muestreos en zonas anómalas.
- De acuerdo a los resultados del laboratorio se confirma la presencia de oro (Au) en la antigua labor del año 1992.

RECOMENDACIONES

Se recomienda en base a los resultados del presente estudio:

- Realizar una exploración de detalle (táctica) con el objetivo de intensificar y ajustar el muestreo a partir de la intersección de una malla confeccionada.
- Ejecutar 2 a 3 pozos o trincheras, que cubran un área de 500.000 m² entre la intersección de los ríos Hualfín y Seco y las calicatas ejecutadas en el presente trabajo.
- Efectuar una prospección geofísica que determine el espesor del aluvión y evidencie la presencia del metal de interés.
- Investigar el otro blanco de exploración ubicado 200 metros aguas abajo del río Hualfín, hacia la margen izquierda del mismo, cercano a la intersección con el río Seco, geoforma de interés minero que no fue investigada en esta oportunidad.
- Realizar un ensayo mecánico con mesa hidráulica en la que se analice el contenido de oro en el concentrado y en las colas, ya que se puede perder parte del mismo en éstas últimas.
- Se recomienda en caso de realizarse posibles trabajos posteriores desarrollarlos en la margen izquierda del río Hualfín, aguas abajo a pocos metros de su confluencia con el río Seco, ya que la configuración del río tiende a acumularla en esa dirección.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ A., 1986. Exploración y Prospección de Placeres. Primer Taller Latinoamericano sobre Exploración y Prospección de Oro Aluvial. Medellín, República de Colombia.
- ARGAÑARÁZ, P., CASTILLO, A., 1999. Aluviones auríferos del distrito Santa Victoria, Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1851-1854, Buenos Aires.
- ÁVILA, J., LAZARTE, J., GIANFRANCISCO, M. Y FOGLIATA, A. 1999. Distrito aurífero Culampajá, Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR. Anales 35:557-562, Buenos Aires.
- BASSI, H., 1999. Geología de Minas. Asociación Geológica Argentina. Serie B. N° 22. Buenos Aires.
- BÁTEMAN, A, 1968. Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Ediciones Omega, S. A., Casanova, 220, Barcelona. 3° Edición.
- BOSSI, G., MURUAGA, C., 2009. Estratigrafía e inversión tectónica del 'riff' neógeno en el Campo del Arenal, Catamarca, NO Argentina. Andean Geology formerly Revista Geológica de Chile.
- CARRASCO ARDAYA, G., 1998. Enriquecimiento Supergénico del Oro. Revista Panorama Minero N° 220.
- CASTRO, L., 1999. Aluviones Auríferos del Río Neuquén, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1875-1881, Buenos Aires.
- CASTRO, L., 1999. Depósitos aluvionales auríferos de San Luis. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1867-1872, Buenos Aires.
- CASTRO, L., CARRIZO, R., 2000. Características Morfológicas y Geoquímica del Oro de los Aluviones Auríferos del Faldeo Oriental de la Sierra de Famatina, La Rioja Argentina. IX Congreso Geológico Chileno. Actas Vol. 1. Puerto Varas, Chile.
- COLOMBO A., MACHUCA E., CASTAÑO J. Y MONTAÑA J., 1990. Aplicación de la Sísmica de Refracción a poca profundidad en la cubicación de Aluviones Auríferos. Décimo primer Congreso Geológico Argentino. Actas 1, 244-246, San Juan.
- GONZÁLEZ BONORINO, F., 1947. Hoja Geológica 12d - Capillitas. Dirección de Geología – Servicio Geológico.
- HEAPE, J., 1992. Evaluación del Oro Aluvial de la Provincia de Catamarca. Dirección Provincial de Minería. Información inédita del Departamento de Estudios y Proyectos de la Dirección Provincial de Minería.

- JONES, J., 1991. Potencial Aurífero de la República Argentina. Congreso Geológico Chileno.
- LLAMBÍAS, E., 1970. Estructuras del Grupo Volcánico de Farallón Negro. Catamarca. República Argentina.
- MARCOS, O., 1999. Aluviones auríferos Mogote de Río Blanco, La Rioja En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1863-1866, Buenos Aires.
- MARCOS, O., 1999. Aluviones del Famatina, La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1855-1861, Buenos Aires.
- MCKINSTRY, H., 1970. Geología de Minas. Segunda edición revisada. Ediciones Omega. Barcelona.
- MONTENEGRO, N., MORALES, F., 2004. Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio. Guía de Campo. Curso Latinoamericano de Metalogenia UNESCO-SEG.
- OYARZUN, R., 2011. Introducción a la geología de minas. Exploración y Evaluación. Ediciones GEMM- Aula2punto.net. Madrid, España.
- PÉREZ GARCÍA, L., 1991. Métodos de prospección de oro en diferentes depósitos aluvionales de España.
- PERUCCA, J., 1995. Problemas del Muestreo de Aluviones Auríferos. Revista Panorama Minero N° 188.
- RUBIOLO, D., 2004. Hoja Geológica 2766-III BELEN. Provincia de Catamarca (Versión a validar).
- SMIRNOV, V., s.f. Geología de Yacimientos Minerales. Editorial MIR MOSCÚ.
- VALDIRI WAGNER, J., 1986. Evaluación de Depósitos Aluviales. Cálculo de Reservas. Primer Taller Latinoamericano sobre Exploración y Prospección de Oro Aluvial. Medellín, República de Colombia.
- VILADEVALL SOLÉ, M., 2004. La prospección de placeres de oro y otros minerales densos. Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica Facultad de Geología. Universidad de Barcelona.
- WELLS, J., 1973. Placer Examination, Principles and Practice. Estados Unidos de Norte América.
- Yacimientos mineros de Agua de Dionisio. Actualización de Informe de Impacto Ambiental Minas alto de la Blenda- Farallón Negro. Provincia de Catamarca República Argentina. 2012.
- ZAPPETTINI, E., 1999. Depósitos aluviales estanníferos de la Puna, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1845-1846 Buenos Aires.

- ZAPPETTINI, E., 1999. Zafiros aluvionales de la Puna, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1847-1849, Buenos Aires.
- ZAPPETTINI, E. Y SEGAL, S., 1999. Depósitos aluvionales auríferos de la Puna, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. O. Zappettini) Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1841-1844 Buenos Aires.

Información disponible en internet

- <http://exa.unne.edu.ar>
- <http://naturalezaypaisajesdecatamarca>
- <http://www.catamarcaweb.com.ar>

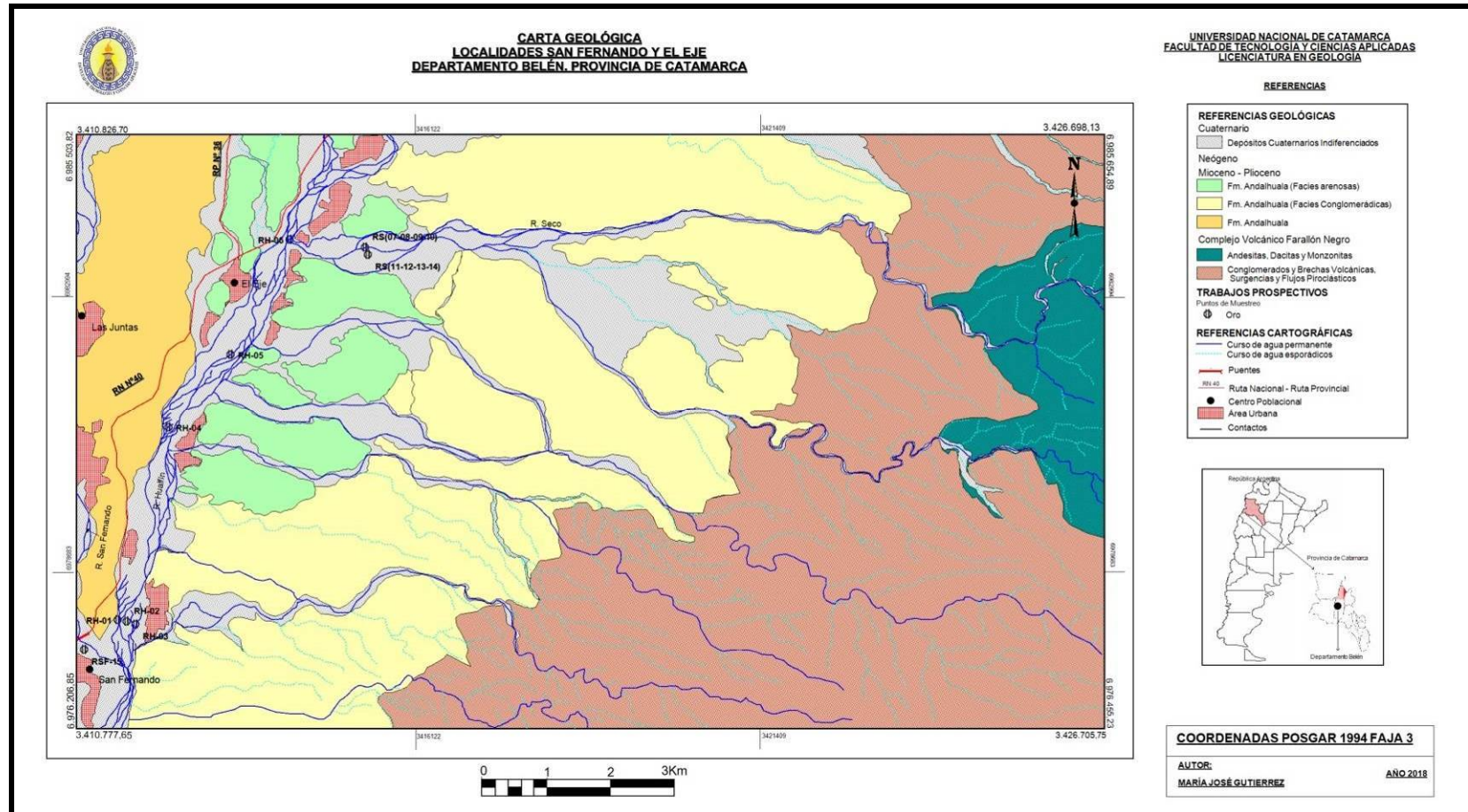
ANEXOS

Estación 'LOS NACIMIENTOS (BELEN)'

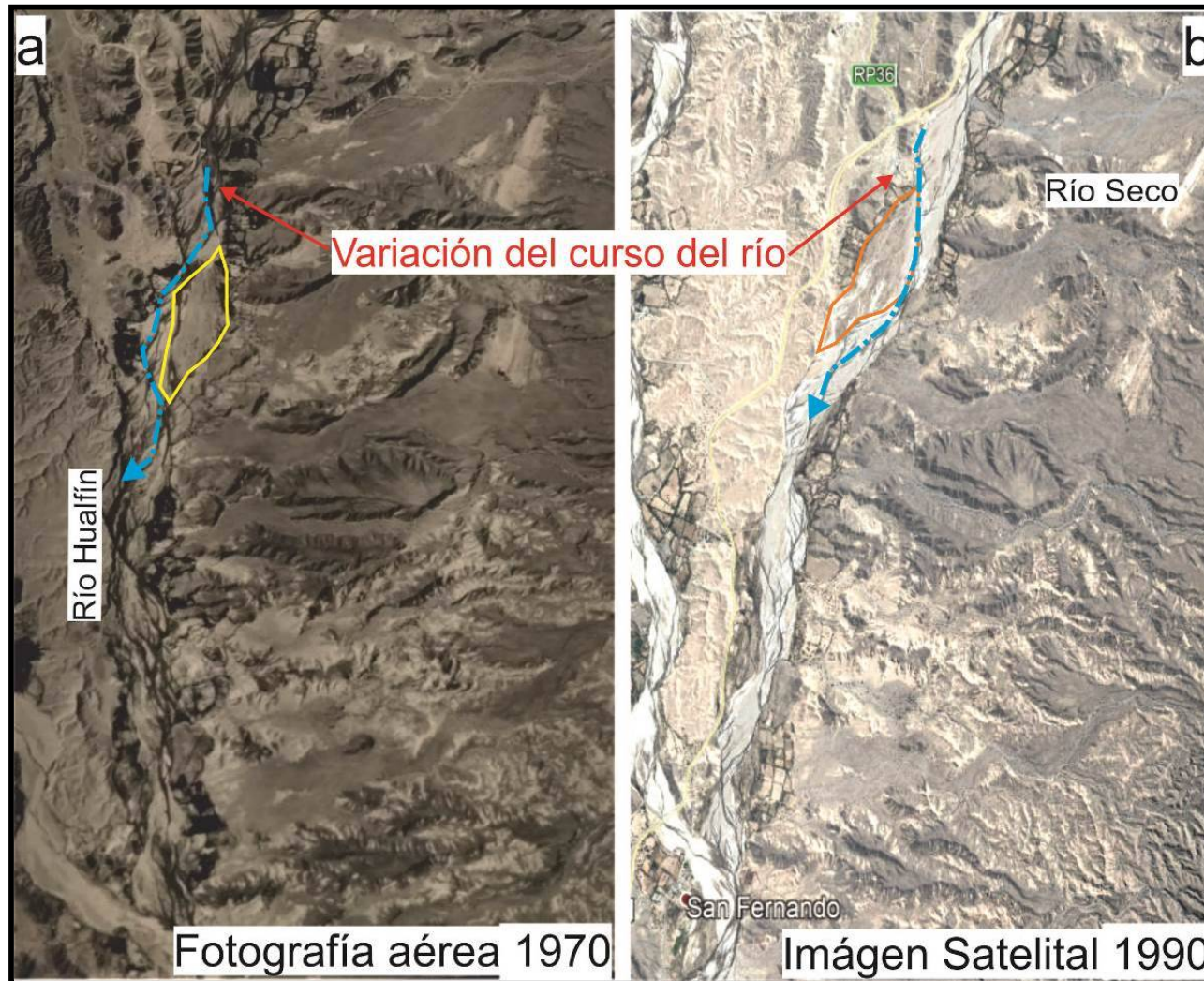
Código: 45 Tipo: PLUVIOMETRICA
 Cuenca: CUENCA DEL PIPANACO A.S.N.M: 2077,00
 Departamento: BELEN Coordenada W: -66° 43' 16.4"
 Localidad: LOS NACIMIENTOS Coordenada S: -27° 09' 35.5"
 Estado: ACTIVO

Periodo	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Total anual	Maxima anual	Media anual	Minima anual
1972-1973							129.5	100.5	77.0	0.0	0.0	0.0				
1973-1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	41.0	43.0	0.0			0.0				
1974-1975	11.5	13.0	0.0	17.5		6.5	161.0	60.5	11.5			5.0				
1975-1976	1.5	12.5	5.5	0.0		28.0	123.0	62.0								
1976-1977							68.0	72.0	32.0	5.5	7.5	0.0				
1977-1978	4.5	4.5	17.5	23.5	0.0	48.0	65.0	28.0	39.5	15.0	0.0	5.5	251,00	65,00	20,92	0,00
1978-1979	0.0	6.0	4.0	10.5	4.5	51.5	173.5	29.0	11.5	20.0						
1979-1980	0.0	0.0	0.0	3.0	6.5	66.5	34.0	78.5	38.0	0.0	7.5	3.5	237,50	78,50	19,79	0,00
1980-1981	0.0	0.0	4.5	7.5	4.5	11.5	53.0	159.0	7.5	33.5	0.0	0.0	281,00	159,00	23,42	0,00
1981-1982	0.0	5.0	5.0	13.0	0.0	27.5	66.0	25.5	44.5	4.5	5.0	0.0	196,00	66,00	16,33	0,00
1982-1983	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	26.5	55.5	42.5	0.0	0.0		0.0				
1983-1984	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	30.0	121.5	113.5	54.5	0.0	0.0	0.0	361,50	121,50	30,12	0,00
1984-1985	0.0		9.5	7.5	8.0	8.0	130.9	78.8	53.0	25.3	0.0	0.0				
1985-1986	7.0	5.0	21.0	0.0	98.0	204.2	53.0	93.2	35.7	9.5	0.0	0.0	526,60	204,20	43,88	0,00
1986-1987	5.2	0.0	0.0	44.3	17.2	161.0	165.0	131.8	50.3	53.0	20.0	0.0	647,80	165,00	53,98	0,00
1987-1988	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	18.5	105.5	36.0	0.0	20.5	0.0	0.0	185,50	105,50	15,46	0,00
1988-1989	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	27.0	87.0	137.0	35.5	24.5	0.0	0.0	326,00	137,00	27,17	0,00
1989-1990	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	44.5	90.5	119.5	85.5	0.0	0.0	0.0	357,50	119,50	29,79	0,00
1990-1991	0.0				15.0	91.2	127.8		122.1	48.4						
1991-1992						88.6	172.6	88.6	90.4	60.41						
1992-1993						73.2	215.6	90.6	86.2							
1993-1994						36.1	68.5	57.2								
1994-1995				0.0	15.0	149.6	85.6	15.2	34.2	0.0	0.0	0.0				
1995-1996	0.0		0.0	0.0	20.0	0.0	16.2	0.0	43.2	0.0	0.0	0.0				
1997-1998							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
1998-1999	0.0	10.3	0.0	37.0	1.2	61.0	15.3	34.5	45.2	0.0	0.0	0.0	204,50	61,00	17,04	0,00
1999-2000	7.0	0.0		19.5	13.0	69.5	199.0	43.5	12.0	8.0		0.0				
2000-2001	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0		35.5	68.0	71.0	14.0		20.0				
2001-2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	21.0	24.0	26.5	0.0	0.0	0.0	144,50	73,00	12,04	0,00
2002-2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	1.0	29.0	40.3	0.0	0.0	0.0	80,40	40,30	6,70	0,00
2003-2004	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	16.5	28.0	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109,50	55,00	9,12	0,00
2004-2005	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	11.5	93.0	110.0	0.0	0.0	0.0	0.0	265,50	110,00	22,12	0,00
2005-2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	115.0	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204,00	115,00	17,00	0,00
2006-2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	98.5	67.0	23.0	0.0	0.0	0.0	210,50	98,50	17,54	0,00
2007-2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	180.0	73.0	0.0	0.0	0.0	0.0	254,00	180,00	21,17	0,00
2008-2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	27.5	42.5	43.0	0.0	0.0	0.0	148,00	43,00	12,33	0,00
2009-2010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.0	35.0	74.0	0.0	0.0	0.0	0.0	157,00	74,00	13,08	0,00
2010-2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	156.5	87.0							

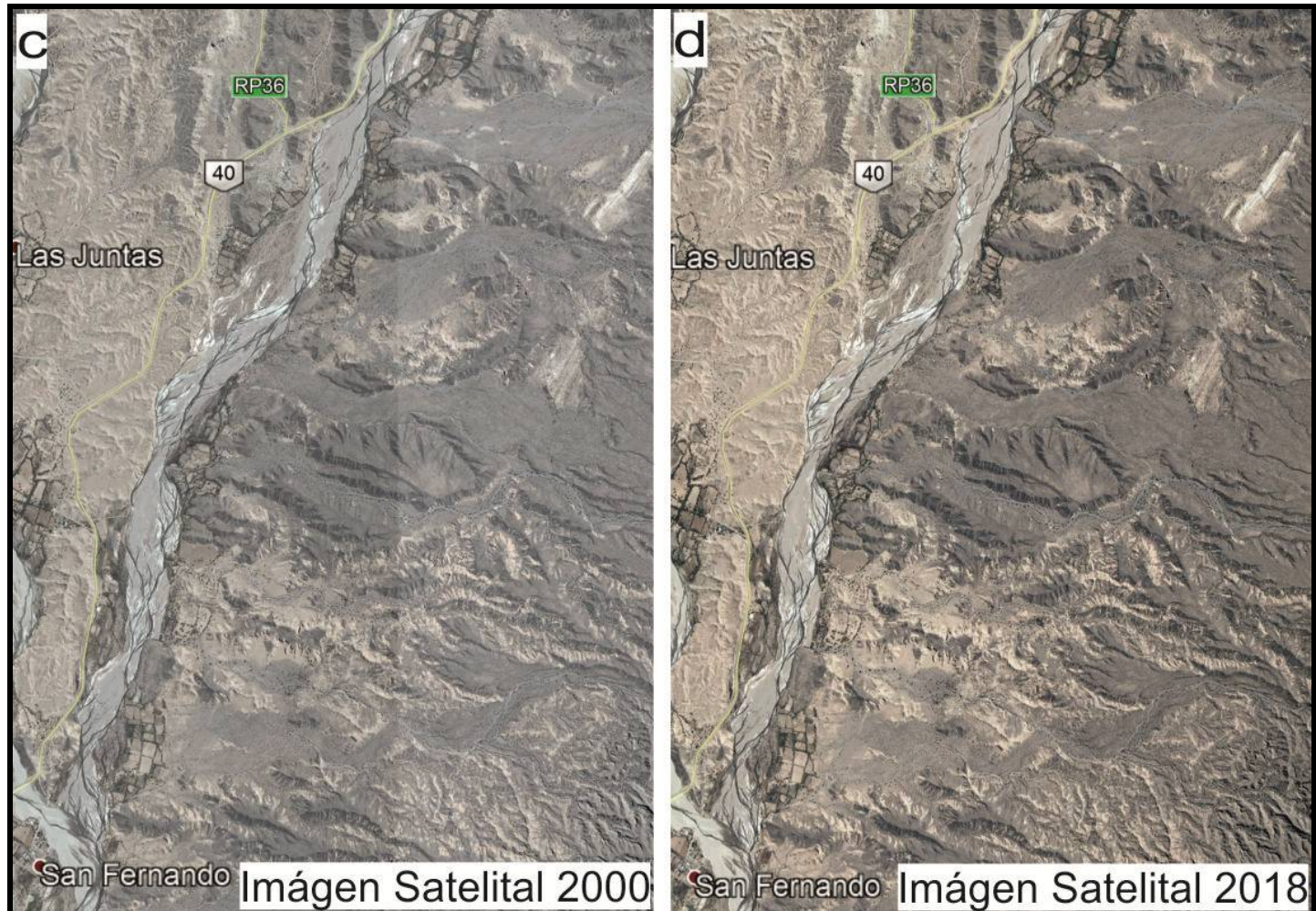
Anexo 1: Cantidad de precipitación caída en la Cuenca del Pipanaco, hasta el año 2010. Fuente: Dirección de Hidrología y Evaluación de los Recursos Hídricos de la provincia de Catamarca



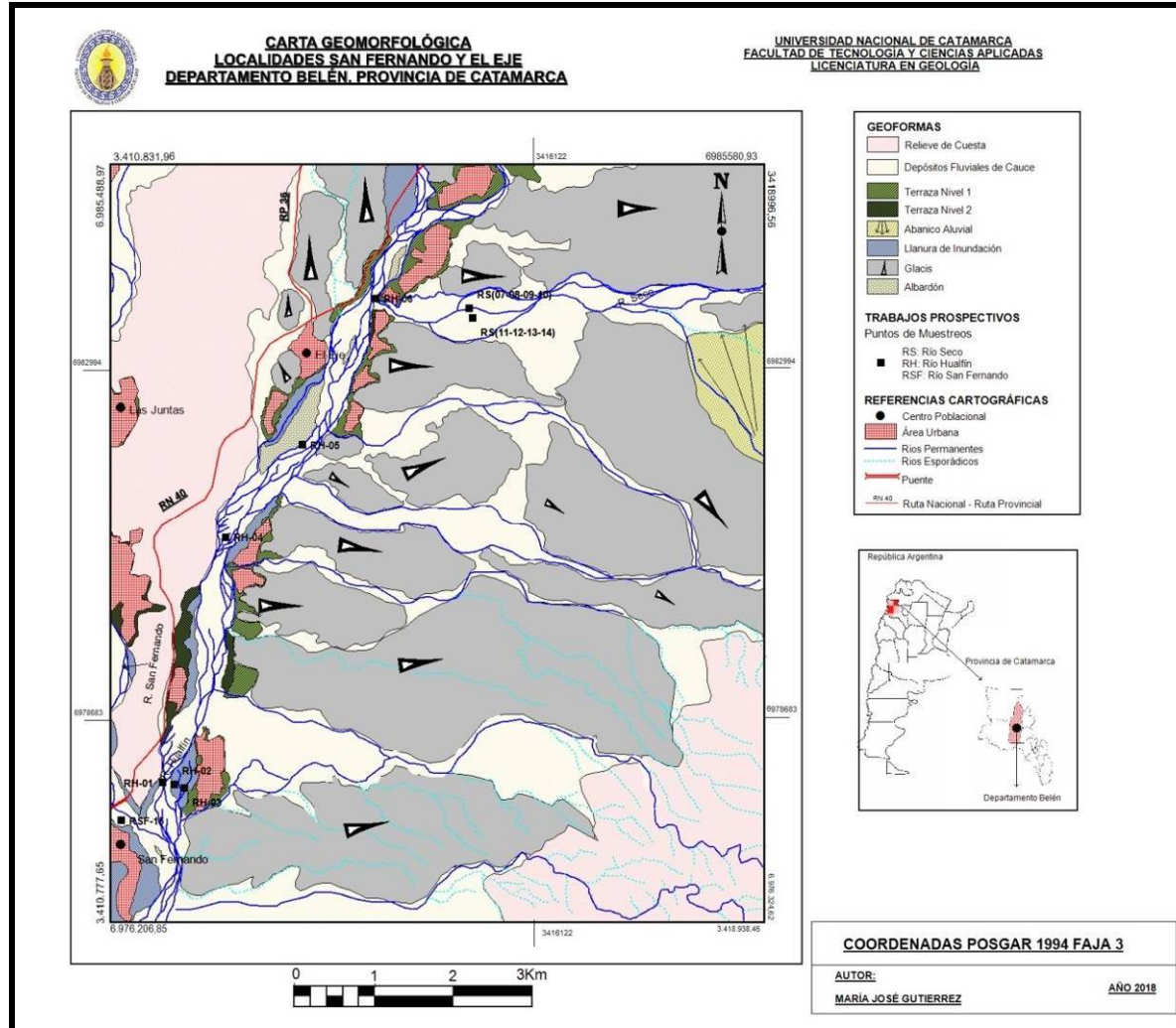
Anexo 2: Carta Geológica de elaboración propia, modificada de Bossi y Muruaga (2009).



Anexo 3: Fotografía aérea del año 1970, b. imagen satelital tomada de Google Earth correspondiente al año 1990. En ambas se nota la variación del curso activo.



Anexo 3 a: Continuación. Imágenes Satelitales de los años 2000 y 2018 en donde no se observan variaciones geomorfológicas.



Anexo 4: Carta Geomorfológica de confección propia, modificada de Bossi y Muruaga (2009).

SECCION RESULTADOS				DETERMINACION	P. Inicial	Au	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd		
				UNIDAD	g	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	
				COD. DE ANALISIS		Au4-30	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39
				TECNICA	Grav.	AA	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.
				LD		0,01	0,5	0,01	5	2	5	0,01	1		
				LCS			200,0	10,00	10000	2000	2000	10,00	2000		
N° MUESTRA (Interna)	ID MUESTRAS	Tipo de Muestra	Area Interna												
402087	RH-01	Sedimento	Geoquímica	RESULTADOS	5550	<0.01	<5.0	4,72	<50	341	<50	1,20	<10		
402080	RH-02	Sedimento	Geoquímica		7940	<0.01	<5.0	5,36	<50	346	<50	<50	1,25	<10	
402086	RH-03	Sedimento	Geoquímica		5245	0,04	<5.0	4,92	<50	358	<50	<50	1,40	<10	
402091	RH-04	Sedimento	Geoquímica		4335	<0.01	<5.0	3,35	<50	338	<50	<50	1,20	<10	
402090	RH-05	Sedimento	Geoquímica		7445	0,01	<5.0	4,23	<50	344	<50	<50	1,18	<10	
402093	RH-06	Sedimento	Geoquímica		7710	<0.01	<5.0	3,71	<50	342	<50	<50	1,45	<10	
402084	RS-07 C1	Sedimento	Geoquímica		7015	<0.01	<5.0	7,05	<50	495	<50	<50	2,92	<10	
402077	RS-08 C1	Sedimento	Geoquímica		6270	<0.01	<5.0	6,06	<50	180	<50	<50	1,11	<10	
402089	RS-09 C1	Sedimento	Geoquímica		7240	<0.01	<5.0	5,85	<50	537	<50	<50	2,91	<10	
402083	RS-10 C1	Sedimento	Geoquímica		5100	<0.01	<5.0	6,58	<50	554	<50	<50	3,08	<10	
402079	RS-11 C2	Sedimento	Geoquímica		4430	0,01	<5.0	5,99	<50	467	<50	<50	2,57	<10	
402078	RS-12 C2	Sedimento	Geoquímica		7430	<0.01	<5.0	6,04	<50	388	<50	<50	2,21	<10	
402082	RS-13 C2	Sedimento	Geoquímica		7850	<0.01	<5.0	6,14	<50	562	<50	<50	3,00	<10	
402081	RS-14 C2	Sedimento	Geoquímica		4375	<0.01	<5.0	5,81	<50	531	<50	<50	3,16	<10	
402092	RSF-15	Sedimento	Geoquímica		6750	<0.01	<5.0	3,20	<50	372	<50	<50	0,99	<10	

Anexo 5: Datos del laboratorio Alex Stewart, representando los valores de 39 elementos. En rojo, los valores anómalos de Au.

SECCION RESULTADOS				DETERMINACION	P. Inicial	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La
				UNIDAD	g	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm
				COD. DE ANALISIS		ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39
				TECNICA	Grav.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.
				LD		1	1	1	0,01	2	2	0,01	1
				LCS		10000	10000	10000	10,00	2000	500	10,00	2000
Nº MUESTRA (Interna)	Nº MUESTRA (Cliente)	Tipo de Muestra	Area Interna										
402087	34	Sedimento	Geoquímica	RESULTADOS	5550	<10	16	12	2,61	<20	<20	2,53	24
402080	27	Sedimento	Geoquímica		7940	<10	10	11	2,43	<20	<20	2,54	21
402086	33	Sedimento	Geoquímica		5245	<10	14	33	2,77	<20	<20	2,50	24
402091	38	Sedimento	Geoquímica		4335	<10	19	20	2,24	<20	<20	2,57	21
402090	37	Sedimento	Geoquímica		7445	<10	13	17	2,35	<20	<20	2,56	20
402093	40	Sedimento	Geoquímica		7710	<10	25	18	2,76	<20	<20	2,36	26
402084	31	Sedimento	Geoquímica		7015	13	17	24	5,00	<20	<20	2,49	33
402077	24	Sedimento	Geoquímica		6270	<10	<10	<10	1,87	<20	<20	3,33	28
402089	36	Sedimento	Geoquímica		7240	<10	21	44	4,33	<20	<20	2,59	32
402083	30	Sedimento	Geoquímica		5100	14	18	<10	4,77	<20	<20	2,47	31
402079	26	Sedimento	Geoquímica		4430	13	25	30	4,57	<20	<20	2,72	31
402078	25	Sedimento	Geoquímica		7430	<10	16	23	3,62	<20	<20	2,83	32
402082	29	Sedimento	Geoquímica		7850	11	14	26	4,41	<20	<20	2,56	29
402081	28	Sedimento	Geoquímica		4375	11	26	21	4,87	<20	<20	2,40	33
402092	39	Sedimento	Geoquímica		6750	<10	20	24	2,08	<20	<20	2,64	29

Anexo 5 a: Continuación Datos del laboratorio Alex Stewart.

SECCION RESULTADOS				DETERMINACION	P. Inicial	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P		
				UNIDAD	g	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm		
				COD. DE ANALISIS		ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39
				TECNICA	Grav.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.
				LD		2	0,01	1	1	0,01	1	1	1	10	
				LCS		10000	10,00	20000	10000	5,00	10000	10000	10000	10000	
Nº MUESTRA (Interna)	Nº MUESTRA (Cliente)	Tipo de Muestra	Area Interna												
402087	34	Sedimento	Geoquímica	RESULTADOS	5550	30	0,41	446	<10	1,79	<10	11	686		
402080	27	Sedimento	Geoquímica		7940	29	0,42	430	<10	1,80	<10	<10	<10	712	
402086	33	Sedimento	Geoquímica		5245	34	0,49	503	<10	1,85	<10	<10	<10	734	
402091	38	Sedimento	Geoquímica		4335	31	0,41	400	<10	1,83	<10	<10	11	712	
402090	37	Sedimento	Geoquímica		7445	31	0,40	410	<10	1,83	<10	<10	12	667	
402093	40	Sedimento	Geoquímica		7710	32	0,47	490	<10	1,82	<10	<10	10	649	
402084	31	Sedimento	Geoquímica		7015	40	0,83	1068	<10	1,96	14	11	11	1214	
402077	24	Sedimento	Geoquímica		6270	79	0,36	692	<10	2,46	21	<10	<10	366	
402089	36	Sedimento	Geoquímica		7240	34	0,89	1094	<10	1,90	13	11	11	1358	
402083	30	Sedimento	Geoquímica		5100	29	0,90	1174	<10	1,86	12	13	13	1379	
402079	26	Sedimento	Geoquímica		4430	38	0,80	1072	<10	1,99	16	<10	<10	1236	
402078	25	Sedimento	Geoquímica		7430	42	0,68	889	<10	2,10	16	<10	<10	930	
402082	29	Sedimento	Geoquímica		7850	29	0,88	969	<10	1,85	11	22	22	1407	
402081	28	Sedimento	Geoquímica		4375	30	0,96	1052	<10	1,89	14	13	13	1334	
402092	39	Sedimento	Geoquímica		6750	27	0,32	362	<10	1,91	<10	<10	<10	453	

Anexo 5 b: Continuación Datos del laboratorio Alex Stewart.

SECCION RESULTADOS				DETERMINACION	P. Inicial	Pb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta		
				UNIDAD	g	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
				COD. DE ANALISIS		ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39
				TECNICA	Grav.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.
				LD		2	0,01	5	5	10	20	1	10		
				LCS		10000	10,00	2000	2000	2000	2000	2000	1000		
Nº MUESTRA (Interna)	Nº MUESTRA (Cliente)	Tipo de Muestra	Area Interna												
402087	34	Sedimento	Geoquímica	RESULTADOS	5550	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	161	<100		
402080	27	Sedimento	Geoquímica		7940	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	175	<100		
402086	33	Sedimento	Geoquímica		5245	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	180	<100		
402091	38	Sedimento	Geoquímica		4335	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	147	<100		
402090	37	Sedimento	Geoquímica		7445	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	156	<100		
402093	40	Sedimento	Geoquímica		7710	33	<0.10	<50	<50	<100	<200	168	<100		
402084	31	Sedimento	Geoquímica		7015	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	407	<100		
402077	24	Sedimento	Geoquímica		6270	30	<0.10	<50	<50	<100	<200	141	<100		
402089	36	Sedimento	Geoquímica		7240	<20	<0.10	<50	<50	<100	<200	375	<100		
402083	30	Sedimento	Geoquímica		5100	28	<0.10	<50	<50	<100	<200	422	<100		
402079	26	Sedimento	Geoquímica		4430	29	<0.10	<50	<50	<100	<200	327	<100		
402078	25	Sedimento	Geoquímica		7430	23	<0.10	<50	<50	<100	<200	289	<100		
402082	29	Sedimento	Geoquímica		7850	34	<0.10	<50	<50	<100	<200	399	<100		
402081	28	Sedimento	Geoquímica		4375	22	<0.10	<50	<50	<100	<200	406	<100		
402092	39	Sedimento	Geoquímica		6750	27	<0.10	<50	<50	<100	<200	132	<100		

Anexo 5 c: Continuación Datos del laboratorio Alex Stewart.

SECCION RESULTADOS				DETERMINACION	P. Inicial	Te	Ti	TI	V	W	Y	Zn	Zr	
				UNIDAD	g	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
				COD. DE ANALISIS		ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39	ICP-MA-39
				TECNICA	Grav.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.	Dis.
				LD		10	0,01	5	1	20	1	1	1	
				LCS		2000	5,00	1000	10000	2000	2000	10000	5000	
Nº MUESTRA (Interna)	Nº MUESTRA (Cliente)	Tipo de Muestra	Area Interna											
402087	34	Sedimento	Geoquímica	RESULTADOS	5550	<100	0,26	<50	76	<200	12	52	42	
402080	27	Sedimento	Geoquímica		7940	<100	0,26	<50	70	<200	12	44	46	
402086	33	Sedimento	Geoquímica		5245	<100	0,30	<50	79	<200	13	55	51	
402091	38	Sedimento	Geoquímica		4335	<100	0,25	<50	65	<200	11	44	41	
402090	37	Sedimento	Geoquímica		7445	<100	0,24	<50	63	<200	11	45	43	
402093	40	Sedimento	Geoquímica		7710	<100	0,31	<50	86	<200	14	56	44	
402084	31	Sedimento	Geoquímica		7015	<100	0,55	<50	163	<200	20	94	98	
402077	24	Sedimento	Geoquímica		6270	<100	0,20	<50	43	<200	15	61	56	
402089	36	Sedimento	Geoquímica		7240	<100	0,52	<50	145	<200	19	92	99	
402083	30	Sedimento	Geoquímica		5100	<100	0,59	<50	162	<200	20	99	104	
402079	26	Sedimento	Geoquímica		4430	<100	0,52	<50	149	<200	19	96	94	
402078	25	Sedimento	Geoquímica		7430	<100	0,41	<50	113	<200	17	77	85	
402082	29	Sedimento	Geoquímica		7850	<100	0,55	<50	147	<200	20	92	109	
402081	28	Sedimento	Geoquímica		4375	<100	0,60	<50	169	<200	20	102	102	
402092	39	Sedimento	Geoquímica		6750	<100	0,22	<50	52	<200	11	41	38	

Anexo 5 d: Continuación Datos del laboratorio Alex Stewart.