

# FERRICRETAS Y SU IMPORTANCIA COMO GUIA DE EXPLORACIÓN AURIFERA EN MINERA TANTAHUATAY

Jesus Frisancho; Juan Calizaya; Abel Yucra; Janneth Mendoza  
Geólogo Exploración BF – Tantahuatay  
Calle. Las Begonias 415 Int. P-19 (Piso 19) – San Isidro - Lima 27.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia de gravas auríferas asociado a la formación de ferricretas que podrían servir como guías para la identificación de sedimentos morrénicos, además de inventariar localmente los depósitos con interés económico por oro diseminado en óxidos.

El trabajo se desarrolla en el distrito minero Tantahuatay, que se ubica en la zona norte de la cordillera de los andes del Perú, geopolíticamente pertenece al distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca ubicado a 90 km al noroeste de la ciudad de Cajamarca. (Figura 1).

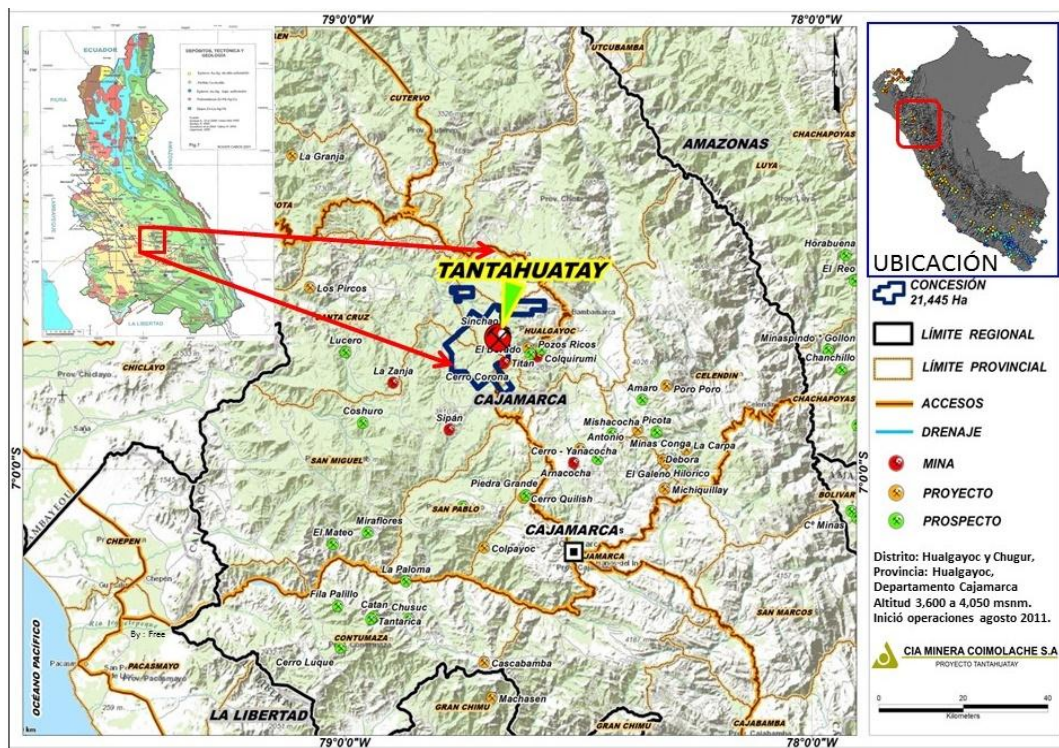


Figura 1: Ubicación del Proyecto Tantahuatay.

Las ferricretas han sido estudiado por geólogos, geomorfólogos y agrónomos desde el siglo XIX, muchos de ellos les asignaban diferentes nombres tales como Ferricreta (“corteza rica en hierro”) y/o Laterita (“material altamente degradado, rica en formas secundarias de hierro y/o aluminio”). Para nosotros la Ferricreta es definida como una costra o superficie natural, compuesta de rocas (clastos) exóticos, englobadas o cementadas por óxidos de hierro, que se han precipitado a partir de sulfuros primarios (pirita, enargita, etc.) de una fuente cercana. Siendo considerado como parte de los materiales edáficos o suelos, por su origen. El interés de prospectar las ferricretas es que definen y dimensionan la proximidad de un núcleo de sulfuro de gran dimensión tal como se ha observado en los distritos mineros del Galeno y Conga, ubicados en el departamento de Cajamarca. A su vez este proyecto expone el origen, la clasificación, el método de prospección y asociación de la ferricretas con agentes erosivos (Glaciar) en el distrito minero de Tantahuatay, como potencial guía para la búsqueda de gravas auríferas.

## DEFINICIÓN DE FERRICRETA:

Costra de espesores entre 0.5–2.5 m, que pueden formar lateralmente terrazas, las cuales puede extenderse de unos pocos metros a cientos de m<sup>2</sup>. El afloramiento se aprecia como una falsa brecha de aspecto inconsistente e irregular, (Figura 2), por lo general posee 3 componentes: clastos, matriz y cemento, casi siempre de hierro (a menudo sesquióxidos).

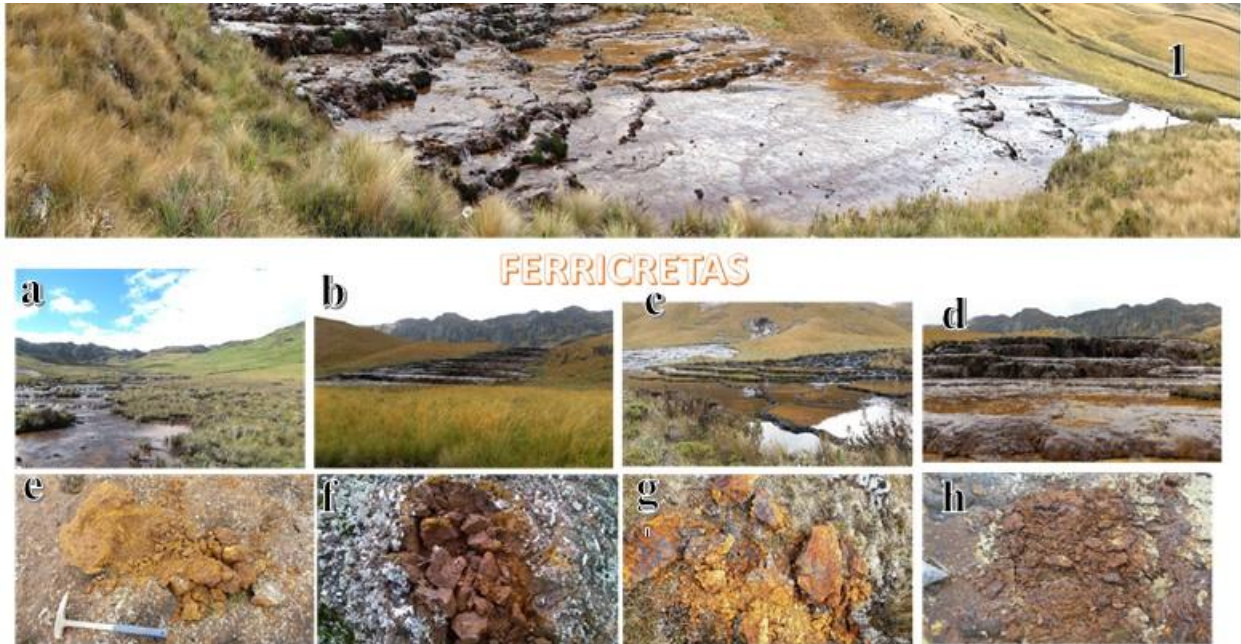


Figura 2. Fotografía de ferricretas en la zona de Las Gradadas (1). Vista panorámica del valle glacial en U y escalones de la ferricreta (Quebrada las gradadas) (a,b,c,d). Muestreo en chip de la quebradas Las gradadas, Sinchao, Tacamache y Achiramayo (e,f,g,h)

## CONDICIONES PARA LA FORMACIÓN DE FERRICRETAS

La primera condición para generar una Ferricreta, es una gran fuente de hierro disuelto, que generalmente se produce por el desgaste de la roca alterada que contiene pirita u otros minerales metálicos, que tienen poca capacidad de neutralización de ácido.

La segunda condición sucede cuando el sulfato ácido reducido del agua subterránea se mezcla con el oxígeno para conducir la precipitación de minerales de hierro. Esta segunda condición se encuentra en una variedad de arreglos hidrológicos, en los cuales el agua subterránea con pH y Eh bajo, entra en contacto con la atmósfera o con el oxígeno, generado por bacterias (Holmes; *et al.*, 1971), se mezcla con aguas oxigenadas superficiales y altera la superficie rocosa (Foto 1).

Así los depósitos de ferricretas son formados por precipitación biológica de metales disueltos o coloidales en contacto con agua subterránea y superficiales ácidas que emana del drenaje natural de las estructuras mineralizadas (en nuestro caso mantos de sulfuros masivos - a nivel 3600 msnm, alojados en el contacto andesitas terciarias con calizas cretáceas, las que han sido intervenidas con agua durante los diferentes estadios climáticos (épocas glaciares). De las condiciones hidrológicas podemos tipificar las ferricretas a partir de: manantiales de hierro, ciénagas de hierro (que también son pantanos de hierro), y terrazas de arroyos con corrientes de bajo pH.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se han utilizado imágenes de satélite para reconocer rasgos geológicos regionales, contactos que han servido como trampas de acumulación de importantes cantidades de óxidos (ferricretas).

Se reconocieron 15 quebradas, de las cuales se muestrearon 10, por ser las de mayor interés geológico (ver Figura 2). Se obtuvieron un total de 82 muestras de campo para ser analizadas por IPC masa, las cuales se describieron macroscópicamente y se clasificaron mineralógicamente. Se realizaron ensayos de fracción granulométrica, colorimetría de limonitas y análisis con Terraspec (49 muestras) para contenido de óxidos. Las muestras presentaron caracteres de pseudo brechas, con fragmentos y/o clastos de diferentes tamaños, matriz y cemento variable.

Se clasifico con el uso de la metodología descrita en "Ferricrete Classification, Morphology, Distribution, and Carbon-14 Age Constraints" (Philip; *et al*, 1961. U.S).

## CONTROLES DE FORMACION DE LAS FERRICRETAS

Control mineralógico: Definido por la variedad de sulfuros que originaron la lixiviación de los óxidos. La diferente estequiometría y diferente velocidad de reacción hacen a la pirita más reactiva que la enargita, y ésta más que la covelita. La marcasita es nueve veces más reactiva que la pirita. Al tener enargita asociada a pirita, forma un arseniato denominado escorita o también podría formar chenevixita si contienen mayor contenido de cobre.

Control fisicoquímico: Para la formación de ferricretas se necesita que el ambiente ácido. Los sulfuros se oxidan a sulfatos de hierro soluble. Los cationes ferrosos se oxidan, a su vez, para producir hidróxido férrico insoluble, produciéndose así más acidez. Control estructural: Eventos compresivos de la orogenia andina (Fase Peruana, Inca, Quechua I y Quechua II) generan pliegues y fallas de orientación andina NW-SE (Anticlinal Negritos, Bambamarca y Apan y sinclinal Moran), fallas trasandina NE- SW (Fallas Tantahuatay, Tingo y Hualgayoc) y fallas tensionales de orientación N-S y E-W. La disposición de ferricretas está controlado por el sistema estructural NW, y NS que acondiciona el drenaje y sirve de conducto para el transporte del material morrénico.

Control hidrológico: La acidez, con el descenso del pH del agua, tiene como consecuencia que el agua se hace fuertemente corrosiva, el ecosistema fluvial se degrada, y que la solubilidad de muchos metales pesados aumenta. Un sistema glacial anterior y aguas subterráneas controladas por las lagunas circundantes, que están conectadas por una red subterránea hidráulica, pasa por los sulfuros lixivándoles y posteriormente re depositándolos de manera aleatoria.

Control topográfico y geomorfológico: El sistema glacial antepuesto y la distribución de microcuencas, controlan la disposición de ferricretas, ya que proporciona el espacio necesario para su conformación. Formas geomorfológicas como Cúmulos o drumlins, *kames*, bloques erráticos, lagos de caldera, lagos en forma de dedos, y morrenas apoyan a evidenciar el sistema glacial donde las ferricretas son parte.

## RESULTADOS:

### ORIGEN DE FERRICRETAS

En nuestro estudio observamos que el origen de la ferricreta Tantahuatay (las gradas), se originó en un periodo de glaciación con diferentes fluctuaciones de temperatura, prueba de ello es la distribución en capas o láminas de la Ferricreta. Las diferentes formas encontradas como (esker, drumlin, lagos de caldera, etc), confirmarían ser parte de una geomorfología glacial preexistente en Tantahuatay, formada en el pleistoceno y que han coexistido con un ambiente fluvial actual.

Se encontraron 11 ferricretas a los largos de las 15 quebradas estudiadas (Figura 3), de las cuales 5 presentan corteza de agregados de mineral compactado. Esto fue determinado por su durabilidad química y física, que evidencia en nuestro caso un ambiente fluvio-glacial.

Las distintas ferricretas presentaron diferentes patrones de drenaje, radial, paralelo, debido a la evolución geológica y dinámica geomorfológica del sector. Las rocas subyacentes poseen diferentes composiciones y durezas, ej, caliza, andesitas, dioritas, además de movimientos tectónicos recientes, el largo de la pendiente y factores hídricos, climáticos. Todas estas características han marcado ciclos de erosión fluctuantes que originaron la formación de la Ferricreta (en un estadio de calma y de cambios de temperatura extrema).

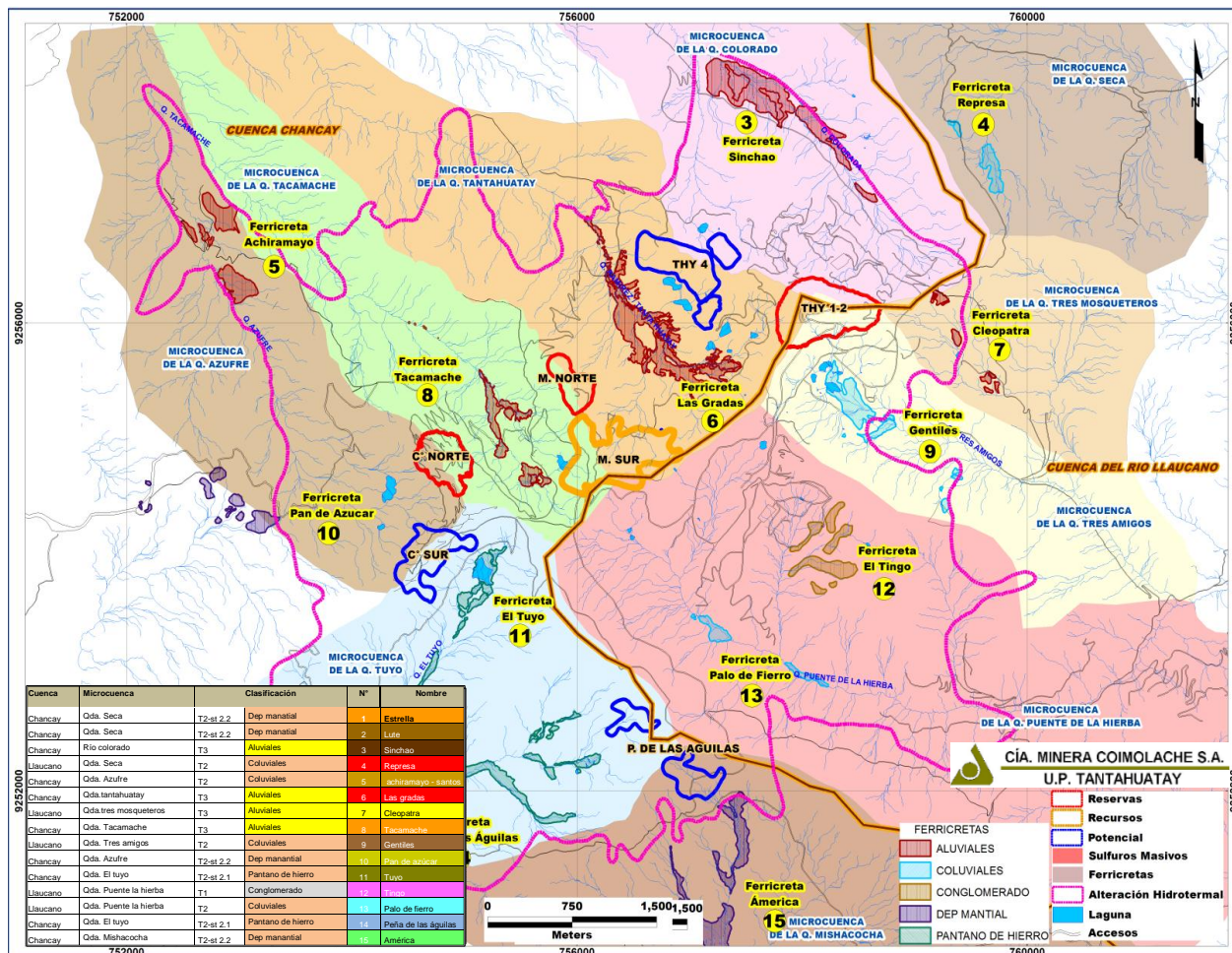


Figura 3: Mapa de Ferricretas del distrito Tantauhuatay.

### CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE FERRICRETAS:

Los tipos de ferricretas encontradas en este estudio son:

**1 Ferricreta de Conglomerados:** Se identificó fuera, una de este tipo, está ubicada en el paraje Las Lagunas, quebrada Puente de la Hierba, este tipo están compuestas de clastos de grava arena y poca arcilla; (Figura 4) éstos contienen oquedades con cantidades puntuales de cemento de hierro (jarosita, goethita) teniendo así porosidad variable. También pueden contener ramas y troncos, típicamente de inundaciones o aludes de escombros. Tienen fuerte predominio en sistemas glaciares grandes (till).



Figura 4: Ferricreta del tipo Conglomerado.

**2 Ferricreta Coluviales:** Se identificaron cuatro, ubicadas en quebrada como quebrada Seca, Azufre, Gentiles, Puente de la Hierba, (Figura 5). Son clasto-soportadas, en donde los clastos son sub redondeados a sub angulares. Estos depósitos comúnmente se encuentran en las cuestas de colinas y se puede clasificar en pantanos de hierro y depósitos de manantial, con pendiente abajo, donde el ángulo de la pendiente disminuye. Los óxidos o hidróxidos de hierro cubren los fragmentos de la roca y llenan espacios vacíos, en los lugares donde se presentan una textura en capas. Dentro de un simple afloramiento, el grado de cementación puede variar considerablemente. Algunos afloramientos están húmedos, con clastos cubiertos de agua; el flujo del agua subterránea se limita a goteos del afloramiento. El material orgánico se limita a zonas de Ferricreta, que suelen contener raíces u hojas.



Figura 5: Ferricreta del tipo Coluvial con pantanos de hierro y depósitos de manantial.

**3 Ferricreta Aluvial:** Se identificaron cuatro, ubicadas en quebrada río Colorado, Tantahuatay, Tres Mosqueteros, Tacamache (Figura 6). Consiste de clastos sub redondeados a redondeados con óxidos de hierro cubriendo los granos y llenando los espacios vacíos en grados variables. Los espacios entre clastos se llenan generalmente con sedimentos de granos finos. Algunos afloramientos muestran imbricación de clastos que disminuye pendiente arriba, la cementación variable puede crear salientes que van desde horizontales a sub paralelas en el fondo del valle. La cementación es independiente del tamaño de grano.



Figura 6: Ferricreta del tipo Aluvial.

## PROSPECCIÓN GEOQUIMICA GRANULOMETRÍA

Los granos que conforman la ferricreta tienen diferente tamaño, van desde cantos que son los que se pueden tomar fácilmente con las manos, hasta arcilla, los que no se pueden ver con un microscopio. Es de mucho interés para determinar la ley además la dirección, calidad y cantidad de Au que existe, con esto se puede conocer la permeabilidad y la cohesión. Se han identificado 4 tipos de sedimentos de acuerdo a su granulometría que son cantos, arenas, arcillas, limo. Se realizó un muestreo sistemático en la quebrada de Tantauhatay 5, tributario de la quebrada Las Coloradas, con 29 muestras ley promedio de 0.059 g/t Au, 0.053 g/t Ag, muy bajo por lo que se desestima el área.

Pero los resultados por fracción granulométrica (29 muestras) de 3 muestras Bulk, BWEX019911, BWEX019912, BWEX019913 fueron muestreados compósitos de 50 kg. que pasan a diferentes mallas, las cuales arrojan diferentes leyes y su ley es mayor en partículas menores a 200 con leyes hasta de 0.308 g/t Au.

Como se observa en la Tabla 1 para

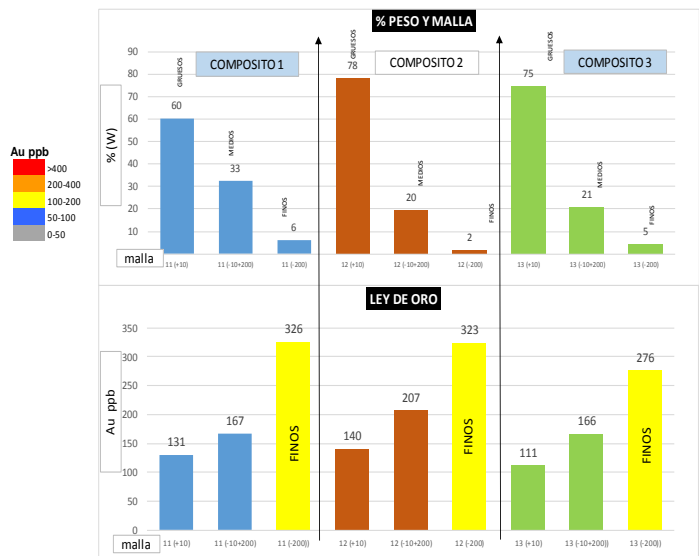
Malla > 10, 0.127 g/t Au, 7.1 g/t Ag, 81% Au\_CN\*  
Malla 10 a 200, 0.180 g/t Au, 21.8 g/t Ag, 83% Au\_CN\*  
Malla >200, 0.308 g/t Au, 3.5 g/t Ag, 78% Au\_CN\*  
\* Au\_CN – Oro cianurable.

Como se puede observar la concentración del oro está en partículas finas como limos – arcillas y son inversamente proporcionales al peso. Además su recuperación metalúrgica es aceptable. Se concluye que los sedimentos ubicados en la quebrada La Colorada-Sinchoa presenta buenas concentraciones de oro lixiviable, su potencial puede incrementarse por debajo de las ferricretas ubicadas en laderas y centro de quebradas. **Tabla 1** Leyes Oro según su granulometría.

LabjobNo: GQ1502563  
DespatchNo: CTBWEX15-0016

**ANÁLISIS PORCIÓN GRANULOMÉTRICA 1**

PROYECTO:	SAMPLE DESCRIPTION	Au ppb	Au_CN ppb	% Au_CN	Ag ppm	Ag_CN ppm	Weight g	PORCENTAJES		
								% (W)	% mat (W)	PROM Au ppb
TANTAHUATAY 5	11 (+10) 1 Grueso	131.00	105.00	80.15	6.50	4.82	33440	60		
	11 (-10+200) 2 Medio	167.00	148.00	88.62	7.40	5.68	17880	33	39	247
	11 (-200) 3 Fino	326.00	252.00	77.30	2.70	1.74	3420	6		
COMPOSITO 1	12 (+10) 1 Grueso	140.00	108.00	77.14	7.80	5.98	39040	78		
	12 (-10+200) 2 Medio	207.00	173.00	83.57	8.90	6.84	9780	20	22	265
	12 (-200) 3 Fino	323.00	209.00	64.71	4.40	3.08	940	2		
COMPOSITO 2	13 (+10) 1 Grueso	111.00	94.00	84.68	7.00	5.69	42620	75		
	13 (-10+200) 2 Medio	166.00	127.00	76.51	5.50	4.40	11900	21	25	221
	13 (-200) 3 Fino	276.00	252.00	91.30	3.30	2.39	2600	5		



**ANÁLISIS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.**

Del análisis hidrológico realizado en Tantahuatay, verificamos la calidad de agua de aguas superficiales (tabla 2) y aguas subterráneas (tabla 3), y algunos elementos están asociados a zonas de mineralización polimetálica (pirita, enargita, galena esfalerita) y a la formación de ferricretas de mayor extensión que coinciden con alta conductibilidad eléctrica C: E 1500 a 3100 us/cm, menos pH -2.7-4 y mayor contenido de Fe, As, Zn que emanan de forma natural.

ANÁLISIS DE AGUAS SUPERFICIALES - ASOCIADAS A FERRICRETAS																		DATA 2014-2015													
ECA D.S 002-2009-MINAM	<=5000	6.5-8.4	>5	1	1	50	500	0.05	5	0.05	5	0.01	1	0.5	1	0.001	2.5	150	0.2	0.05	0.05	0.05	24								
PARAMETROS	C.E.	pH	OD	Cr+6	N-NO2	N-NO3	SO4	A&G	Ag (t)	Al (t)	As (t)	B (t)	Cd (t)	Co (t)	Cu (t)	Fe (t)	Hg (t)	Li (t)	Mg (t)	Mn (t)	Ni (t)	Pb (t)	Se (t)	Zn (t)							
ESTACIONES	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L							
A-1 Quebrada Rio Colorado	156.33	3.27	6.17	0.01	0.00	0.07	720.23	1	0.00	12.28	0.06	0.03	0.10	0.06	16.81	59.25	0.00	0.01	7.36	16.47	0.03	0.04	0.02	14.36							
A-2 Quebrada Rio Colorado	144.00	4.41	5.45	0.01	0.00	0.43	47.94	1	0.00	3.45	0.01	0.00	0.00	0.01	0.20	0.23	0.00	0.01	0.64	0.16	0.01	0.00	0.01	0.33							
A-3 Quebrada Rio Colorado	2497.73	2.95	5.36	0.01	0.00	0.92	1526.23	1	0.00	158.90	0.52	0.09	0.09	0.28	6.05	307.00	0.00	0.01	18.11	19.38	0.16	0.13	0.01	14.66							
A-4 Quebrada Tantahuatay	130.50	5.06	4.71	0.01	0.00	0.02	22.38	1	0.00	1.37	0.01	0.01	0.00	0.00	0.33	0.29	0.00	0.00	0.41	0.04	0.02	0.01	0.04	0.08							
A-5 Quebrada Tres Mosqueteros	3167.17	2.70	6.20	0.01	0.00	0.21	1898.40	1	0.00	46.89	0.49	0.05	0.19	0.10	24.51	239.85	0.00	0.04	21.00	35.10	0.11	0.04	0.02	27.88							
A-6 Laguna Los Gentiles	207.85	5.88	6.17	0.01	0.00	0.01	0.00	1	0.00	0.06	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.33	0.00	0.00	1.11	0.83	0.0046	0.01	0.02	0.18							
A-7 Laguna Los Gentiles	30.87	6.95	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	1	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.19	0.03	0.00	0.03	0.03	0.01							
A-8 Laguna Los Gentiles	63.00	5.54	5.63	2.00	0.01	0.01	0	1	0.00	0.87	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02							
A-9 Quebrada Tres Amigos	652.00	7.88	6.08	0.01	0.0002	0.20	278.80	1	0.001	0.19	0.08	0.02	0.0015	0.01	0.03	0.25	0.0001	0.00	6.35	0.21	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12						
A-10 Lagunas Vira Vira	112.02	3.92	6.28	3.33	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01							
A-11 Canal de conducción de agua potable Manuel Vásquez	76.50	4.85	5.03	0.01	0.0002	0.05	17.97	1	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00	0.01	0.01							
A-11A Quebrada Puente de Hierba	71.82	4.80	5.81	0.01	0.0002	0.22	20.64	1	0.001	1.40	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.14	0.0001	0.00	0.45	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04							
A-12 Quebrada Puente de Hierba	575.00	5.12	5.82	0.01	0.00	0.26	268.02	1	0.001	1.80	0.00	0.02	0.01	0.03	0.08	4.37	0.0001	0.01	4.82	1.35	0.01	0.00	0.00	0.80							
A-13 Quebrada Hueco 2	312.17	4.96	5.76	0.01	0.30	1.46	139.85	1	0.001	4.06	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	3.89	0.00	0.00	3.33	0.50	0.01	0.00	0.01	0.60							
A-30 Quebrada Puente de Hierba	480.80	5.38	5.95	0.01	0.00	0.20	247.80	1	0.001	1.79	0.00	0.02	0.00	0.03	0.06	3.63	0.00	0.00	4.02	0.82	0.02	0.01	0.00	0.74							
A-14 Quebrada Puente de Hierba	397.00	5.23	6.47	0.01	0.05	0.75	157.13	1	0.001	5.57	0.05	0.02	0.00	0.02	0.06	5.45	0.00	0.00	4.31	1.00	0.02	0.04	0.00	0.58							
A-15 Quebrada Tacamache	130.33	3.88	4.18	0.01	0.00	0.02	24.79	1	0.00	1.80	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.59	0.00	0.00	0.36	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02							
A-23 Quebrada Tacamache	202.50	3.52	6.19	0.01	0.0002	0.02	39.15	1	0.001	2.18	0.01	0.02	0.0015	0.01	0.01	1.22	0.00	0.00	0.02	0.81	0.08	0.01	0.00	0.03	0.05						
A-26 Quebrada Tacamache	184.33	3.53	6.43	0.01	0.0002	0.02	37.63	1	0.001	2.11	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	1.20	0.00	0.00	0.02	0.81	0.08	0.01	0.00	0.01	0.08						
A-19 Quebrada Tacamache	169.80	3.86	5.93	0.01	0.0002	0.02	35.30	1	0.001	2.31	0.00	0.02	0.0015	0.01	0.01	0.56	0.0001	0.01	0.52	0.04	0.01	0.00	0.02	0.08							
A-17 Laguna La Huaca	3188.83	2.91	5.53	3.50	0.01	0.34	1	0.00	213.09	0.00	0.02	0.00	0.03	0.35	6.75	0.00	0.00	3.09	0.46	0.01	0.01	0.04	0.00	0.43							
A-18 Laguna Kwillas	20.39	7.42	6.72	2.00	0.01	0.11	1	0.001	0.02	0.01	0.03	0.0015	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.05							
A-20 Laguna El Tuvo	57.55	4.88	6.59	4.50	0.01	0.06	0.00	1	0.001	0.97	0.02	0.0015	0.00	0.00	0.01	1.00	0.0001	0.01	0.34	0.03	0.0046	0.00	0.02	0.04							
A-21 Laguna Campos	150.87	3.70	6.29	4.00	0.01	0.02	0	1	0.001	3.13	0.01	0.03	0.0015	0.01	0.01	0.18	0.00	0.00	0.60	0.10	0.01	0.00	0.01	0.04							
A-24 Quebrada Azufre	134.63	4.46	6.28	0.01	0.0002	0.01	35.57	1	0.001	0.20	0.01	0.01	0.00	0.00	0.24	0.0001	0.00	0.00	1.85	0.08	0.0046	0.00	0.01	0.03							
Media	504.12	4.68	5.64	1.49	0.03	0.23	239.91	1.00	0.00	11.86	0.06	0.02	0.02	0.03	2.08	28.13	0.00	0.01	3.67	3.49	0.02	0.02	0.01	2.55							

Tabla 2 - Aguas superficiales destacan anomalías: Conductibilidad eléctrica (desde 500 a 4000 uS/cm), PH (desde 2 a 3 \*pH), Oxígeno disuelto (5.8 mg/L), Cromo hexavalente, Nitratos, Nitritos, Sulfato, Aceite y grasas, Plata, Aluminio (desde 30 a 200 mg/L), Arsénico (desde 0.05 a 0.90 mg/L), Boro, Cadmio, Cobalto, Cobre (desde 0.5 a 50 mg/L), Fierro (desde 1 a 500 mg/L), Plomo, Magnesio (desde 5 a 20 mg/L), Mercurio, Litio, Manganeso (desde 0.5 a 40 mg/L), Níquel, Selenio, Zinc (desde 10 a 40 mg/L).

ANÁLISIS DE AGUAS SUBTERRANEO - ASOCIADAS A FERRICRETAS																		DATA 2014-2015													
ID PIEZ	SECTOR	Conductividad Eléctrica	Potencial de Hidrógeno	Oxígeno Disuelto	Al - Total	As - Total	B - Total	Cd - Total	Cianuro WAD	Cobalto (Co)	Cu - Total	Hg - Total	Hierro (Fe)	Mik - Total	Mn - Total	Ni - Total	Nitratos	Nitritos	Pb - Total	Se - Total	Sodio	Sulfatos	Sulfuros	Zn - Total							
S-01	LAG DETRÁS THY4	0.00	3.71	3.37	10.98	0.29	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	18.38	0.52	0.01	0.01	0.00	0.19	0.00	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48							
PZ-1	LAG DETRÁS THY4	239.00	5.01	2.84	4.86	0.29	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	10.18	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-03	LAG LAS AURORAS	0.00	5.74	3.01	0.74	0.05	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	4.51	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-04	DMI GENTILES	0.00	6.67	3.23	0.03	0.03	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	4.51	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-05	LA HUACA-GRIFO	0.00	6.01	2.78	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	37.52	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
PZ-05	HUACA	330.22	5.84	2.54	0.47	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	1.39	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-06	DEBAJO PLANTA	427.79	7.22	1.88	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.19	0.19	0.06	0.14	0.09	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-07	POZAS HUECO 2	0.00	7.86	1.86	0.72	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.12	0.12	0.07	0.01	0.00	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-08	POZAS HUECO 2	1015.98	10.82	2.72	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	0.12	0.12	0.07	0.01	0.00	0.00	2.17	72.58	0.14	0.48								
S-09	POZA 40000	0.00	6.49	2.59	0.13	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.51	0.17	0.17	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
PZ-09	POZA 40000	99.94	6.36	2.47	1.16	0.13	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	2.12	0.17	0.17	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
S-12	HAUL ROAD CIN	0.00	8.34	2.38	3.47	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	4.89	0.18	0.18	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
S-13	QBRDA TACCH	0.00	6.75	2.34	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.18	0.18	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
PZ-10	LIMITE GENTILES	854.60	6.64	2.72	0.55	0.01	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	7.57	0.18	0.18	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
PZ-11	CANTERA CLAUDIA	296.75	7.54	2.14	0.02	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.16	0.18	0.18	0.13	0.03	0.02	0.00	4.93	31.11	0.26	0.12								
RESUMEN	Media	296.75	6.73	2.58	2.55	0.09	0.02	0.00	0.57	0.01</																					

En las tablas se puede observar, que el agua subterránea y superficial contiene fuerte presencia de hierro y cobre, zinc y plomo en bajas cantidades que confirmarían la presencia de mineral sulfurado polimetálico asociado a la lixiviación **NATURAL** de las rocas albergantes, que en el transcurso del tiempo aporcionó hierro para la formación de las Ferricretas.

## GEOLOGIA ECONÓMICA

Las ferricretas son una guía de prospección geológica económica importante, ya que define la proximidad de zonas mineralizadas, y dependiendo de sus dimensiones logran mayor incremento en sus recursos, los ejemplos contiguos y evidentes son los proyectos Tantahuatay 1-2 (Manto Albequi), minas Conga y galeno.

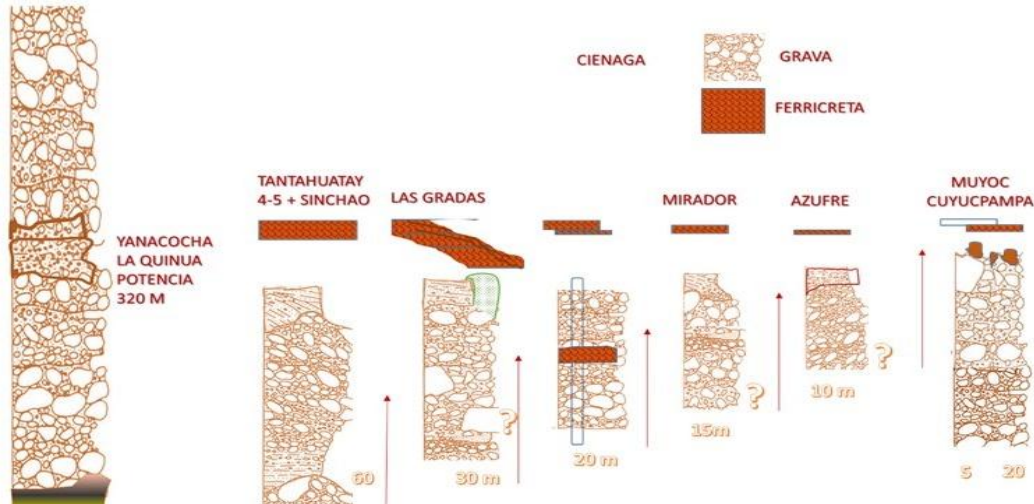
A diferencia del gossan, las ferricretas han sufrido transporte sectorizando y direccionando sulfuros primarios, en 5 de las quebradas principales.

Las ferricretas son maduras, cuando tienen una costra con un espesor que varían de 0.50 a 2.7 m, además de presentar firmeza en la costra inicial, los sedimentos clásticos inferiores o gravas que forman la morrena (*Till*) llegan hasta los 70m, y llenan las cuencas estructurales ubicadas al noroeste y sureste de los yacimientos de oro de Tantahuatay, Mirador y Ciénaga.

Se encontró oro hospedado en estas gravas, próximas a las ferricretas asociada a un sistema glaciar que está evidenciada en la quebrada Sinchao y en Las Gradadas (Figura 7).

Se han reconocido varios horizontes estratigráficos, que incluyendo de base a tope se distribuyen en :

- (1) Bloques o Regolito que sobreyace directamente el basamento rocoso (bloques erráticos o solitarios),
- (2) Depósitos de alta o baja energía de gravas y arenas con alteración argílica y argílica avanzada,
- (3) Depósitos de baja energía (“ferricreta”) o lodo rico en materia orgánica, turba y hierro de pantano,
- (4) Gravas ferruginosas, inferiores.
- (5) Depósitos de alta energía de gravas de tamaños de bloques, guijas y guijarros que gradan a limos arenosos de grano fino cuanto más se alejan de la fuente de aporte.



**Figura 7** Morfología de perfiles de gravas encontradas en el distrito minero Tantahuatay, mostramos la potencia o espesor mostrado en los perfiles de las quebradas, la grava en naranja de 320 Yanacocha hasta 5m en Tantahuatay, la potencia de la ferricretas es de 0.5-2.5 m en marrón.

El oro de las ferricretas en Tantahuatay, se estableció a partir de la erosión, transporte y deposición de las partículas de oro y clastos mineralizados de los yacimientos Tantahuatay, Ciénaga y Mirador; sin embargo, una parte del oro puede ser el resultado de movilización química y nueva precipitación.

Las partículas de oro son del tamaño de micrones, liberados dentro de una matriz de lodo, y diseminadas dentro de clastos mineralizados, aunque se han observado partículas de 0.2 mm.



El oro está diseminado a lo largo del yacimiento con transiciones graduales laterales y verticales. No se han encontrado acumulaciones de tipo placer. El sistema de captura del oro en Tantahuatay fue eficiente; el grado de dilución de los yacimientos de la fuente es menor que el 25%. La proporción de Ag/Au es de 4:1, comparado con >10:1 para los yacimientos de Ciénaga Sur y mirador Oeste.

Tantahuatay se formó entre las interacciones dinámicas del clima y de la tectónica. Las cuencas con una tectónica de subsidencia preservaron los sedimentos que contenían el oro durante periodos de intensa meteorización mecánica en los cerros adyacentes. Las condiciones climáticas de frío tipo alpino resultaron en dos pulsos de rápida sedimentación y llenado de la cuenca.

## CONCLUSIONES

- En nuestro estudio observamos que el origen de la Ferricreta Tantahuatay (las gradas), se originó en un periodo de glaciación con diferentes fluctuaciones de temperatura.
- En Tantahuatay se han sido reconocidos 3 tipos de ferricretas que son, tipo conglomerados, coluvial y aluvial estas ferricretas tienen diferentes morfologías, tamaños, formas de emplazamiento y composición química.
- En este depósito se encontró oro hospedado en gravas asociadas a ferricretas, sirviendo de guías asociadas con sedimentos morrénicos.
- El oro de las ferricretas en Tantahuatay se integró a partir de la erosión, transporte y deposición de las partículas de oro y clastos mineralizados de los yacimientos Tantahuatay, Ciénaga y Mirador; sin embargo, una parte del oro puede ser el resultado de movilización química y nueva precipitación.
- El material morrénico es de naturaleza volcánica, calcárea con componente silíceo, mineral de alunita, caolinita, pirofilita, óxidos de hierro y trazas de sulfuros remanentes. Su granulometría está distribuido de la siguiente manera: bloques 20%, gravas 35%, arenas 20%, limos 10%.

Agradecimiento:

Al equipo de exploraciones conformado por Enrique Cayo, Jorge Mantilla Verónica Parí, Jesús Cueva, Wilmer Mendoza, Alejandro Falconi, Deicy Sánchez.

## BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR REVOREDO J.F. (1935). Depósitos Aluviales T XVI Bol. Of. Dir. Min. y Petr.
- ANTINAO, J. L. & CLAYTON, J. (1999). Depósitos Sedimentarios del Cuaternario. Estudio Geológico-Económico de la X Región Norte. Vol. 2 Geología Regional. SERNAGEOMIN. Santiago, Chile.
- BLANCHARD R. (1968).- Interpretation Of leached outcrops: Nevada Bureau of Mines - Bulletin 66.
- CLAK A.H.O., R.M. TOSDAL, E. FARRAR & A. PLAZOLLES (1990).- Geomorphologic Environment and Age of supergene Enrichment of the Cuajone, Quellaveco, and Toquepala Porphyry Copper Deposits, Southeastern Perú: Econ. Geology Vol. 85 pp. 1604-1628.
- DAYLY A. (1962). Valuation of large Placers. E.M.J. Vol 163.
- DE PEDRAZA, J. (1996). Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid, España.
- DERRUAU, M. (1960). Geomorfología. Editorial Ariel. 1960.
- FLINT, R. F. (1957). Glacial and Pleistocene Geology. John Wiley & Sons. New York, EE. UU. 1957.
- GRIFFITH S.V. B.M.P. (1977) Aluvial Prosp. North en Perú litoral. nf. In ARCO PERÚ
- HILDEBRANT R.A. (1976). New Techniques enhances the art of bulk sampling of Placer Deposits. E.M.J.
- HOLMES, A. (1971). Geología Física. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- MINDECO (1999).- Regional Study of Applied Satellite Data for Evaluation of Resource Potential in the Northern Area of the Republic of Peru. Informe Interno INGEMMET.
- MORALES A.B. (1985). Desglaciación y disminución de Recursos Hídricos. Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Esp., Lima, p.66-76.
- PETTIJOHN, F. J. (1963). Rocas Sedimentarias. Eudeba. Buenos Aires, Argentina.
- PHILIP L. VERPLANCK, DOUGLAS B. YAGER, STANLEY E. CHURCH, AND MARK R. STANTON (1851). Ferricrete Classification, Morphology, Distribution, and Carbon-14 Age Constraints. U.S. Geological Survey Chapter E15. P.720-744.
- TITLEY S.R. (1978). - Geologic History, Hypogene Features, and Processes of Secondary Sulfide Enrichment at Plesyumi Copper Prospect, New Britain, Papua New Guinea: Economic Geology, Vol. 73, 1978, pp. 768 – 784.