

Esperança Tauler Ferré

Joaquín A. Proenza Fernández

Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DEL PERFIL LATERÍTICO DE Ni DE LOMA ORTEGA. REPÚBLICA DOMINICANA



Tamara Gallardo Alonso

Julio, 2008

RESUMEN

En este trabajo se ha caracterizado mineralógicamente y geoquímicamente dos sondeos (969-0303, sondeo estéril y 954-0307, sondeo fértil) de un perfil laterítico de Loma Ortega (República Dominicana), especialmente la zona que corresponde a la saprolita y protolito.

La empresa Falcondo Xstrata Nickel tiene el propósito de explotar el horizonte saprolítico de Loma Ortega. El objetivo principal de este trabajo es aportar nuevos datos que ayuden a una explotación rentable.

Para llevar a cabo este objetivo se han utilizado las técnicas analíticas siguientes: microscopía óptica, difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica con analizador de energías (SEM-EDS) y la microsonda electrónica (EMPA).

El horizonte saprolítico del sondeo 969-0303, está formado en la parte superior por: cuarzo, lizardita, óxidos de Mn y esmectita ferruginosa y la parte inferior por: lizardita y esmectita ferruginosa, principalmente. El horizonte saprolítico del sondeo 954-0307 está formado por: goethita, lizardita y maghemita. En el primer sondeo las fases minerales con contenido en Ni son: las esmectitas y los óxidos de Mn y en el segundo sondeo es la lizardita, respectivamente.

El sondeo 969-0303 estudiado corresponde a un depósito de lateritas tipo arcillas. Presenta un tramo esmectítico desarrollado con minerales portadores de Ni, pero con porcentajes bajos. El sondeo 954-0307 estudiado corresponde a un depósito de lateritas tipo silicatos hidratados. El cual presenta un tramo saprolítico muy desarrollado y enriquecido en minerales portadores de Ni.

ÍNDICE

	Páginas
1.- INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.- Planteamiento y objetivos del trabajo.....	4
1.2.- Muestras estudiadas.....	4
1.3.- Técnicas analíticas.....	6
1.3.1.- Microscopía óptica de luz transmitida y reflexada.....	6
1.3.2.- Difracción de rayos X.....	7
1.3.3.- Microscopio electrónico de barrido con analizador de energías (SEM-EDS).....	8
1.3.4.- Microsonda electrónica.....	9
2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PERFILES LATERÍTICOS NIQUELÍFEROS: LOS PERFILES TIPO SILICATOS HIDRATADOS.....	10
2.1.- Clasificación de las lateritas niquelíferas.....	10
2.2.- Mecanismos de formación y modificación	13
2.3.- Distribución mundial de las lateritas niquelíferas.....	14
2.4.- Lateritas de Ni tipo silicatos hidratados.....	14
3.- MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE TRABAJO.....	17
3.1.- Situación geográfica.....	17
3.2.- Situación geológica.....	17
3.2.1.- Introducción a la geología de la República Dominicana.....	17
3.2.2.- Las peridotitas de Loma Caribe.....	19
3.2.3.- Los perfiles lateríticos de Ni de República Dominicana.....	20
3.2.4.- Los perfiles lateríticos de Ni de Loma Ortega.....	24
4.- CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA.....	26
4.1.- Perfil estéril (sondeo 969-0303).....	26
4.2.- Perfil fértil (sondeo 954-0307).....	28
5.- CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA.....	32
5.1.- Perfil estéril (sondeo 969-0303).....	32
5.2.- Perfil fértil (sondeo 954-0307).....	39
6.-QUÍMICA MINERAL.....	47
6.1.- Cr- espinela.....	47
6.2.- Olivino.....	47
6.3.- Serpentina.....	47

6.4.- Fases hidratadas de Si-Mg-Fe.....	48
6.5.- Saponita.....	48
6.6.- Fases de Mn.....	48
7.- CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES.....	51
8.- REFERENCIAS.....	53
9.- ANEXOS.....	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Planteamiento y objetivos del trabajo

Los depósitos lateríticos de Ni y Co, desarrollados a partir de la meteorización química de rocas ultramáficas y máficas, representan el 70% de las reservas mundiales de níquel, y producen actualmente alrededor del 40% del Ni, que consume la industria (Gleeson et al., 2003; Dalvi et al., 2004). Además, los estudios de mercado del Ni coinciden en que la expansión en la capacidad de producción de este metal se deberá a la explotación de esta tipología de depósito (Dalvi et al., 2004; Ranieri, 2004). Geográficamente estos depósitos se encuentran restringidos entre latitudes de 22° N y 22° S, y son el resultado de la combinación de factores climáticos, litológicos, estructurales y geomorfológicos.

El Caribe contiene alrededor del 10% de los recursos mundiales de níquel laterítico (Dalvi et al., 2004), con los depósitos más importantes en el este de Cuba y en la Cordillera Central de la República Dominicana. Independientemente de su importancia económica, el conocimiento sobre la distribución de Ni y Co en las distintas fases minerales presentes en estos depósitos es sólo conocida a un nivel muy genérico. En la actualidad existen importantes lagunas en el conocimiento de las diferentes fases portadoras de Ni y Co. Por ejemplo, en las fases establecidas como portadoras de Ni (principalmente goethita y silicatos hidratados de Mg) y Co (fases de Mn), se desconoce si estos elementos están como iones adsorbidos en la superficie cristalina o como iones substituyendo en la estructura cristalina. Estas limitaciones están dadas, en parte, por las particularidades de las fases minerales que componen a las lateritas, las cuales mayoritariamente tienen granos de tamaño muy pequeño, son amorfas o de muy pobre cristalinidad.

El presente trabajo tiene como objetivo principal realizar una caracterización geoquímica y mineralógica de dos perfiles representativos del depósito laterítico de Ni Loma Ortega (Cordillera Central de la República Dominicana). Uno de estos perfiles no atravesó zona mineralizada; mientras que el otro perfil corto aproximadamente 15 metros de una zona con más de 1 % de Ni. Los temas específicos a investigar son:

- Caracterización geoquímica de los tipos de perfiles
- Caracterizar las principales fases portadoras de níquel y cobalto

1.2.- Muestras estudiadas

Las muestras estudiadas, como se ha comentado anteriormente, provienen de dos sondeos representativos del depósito laterítico de Ni Loma Ortega, tipo silicato

hidratado, localizado en la Cordillera Central de la República Dominicana. Las muestras han sido amablemente cedidas por la empresa *Falcondo Xstrata Nickel* (<http://www.xstrata.com/operation/falcondobonao/>), grupo que tiene la concesión del depósito.

Los sondeos estudiados son: el 969-0303 y el 954-0307, el primero estéril y el segundo fértil, respectivamente. El sondeo estéril (Fig. 1.1) tiene 30 metros de profundidad, con un protolito dunítico y con cuatro facies minerales, según los geólogos de mina. Las concentraciones de níquel a lo largo de todo el perfil son inferiores al 1.2%. Las muestras están indicadas sobre el perfil-esquemático de las facies de mina. La LO-1, LO-2, LO-4, LO-5 y LO-6 se encuentran a profundidades inferiores a 5m, en la facies de mina C (serpentina “blanda” o saprolita limonitizada). Las muestras LO-9, LO-13, LO-15, LO-16 se encuentran a profundidades entre 5 y 10 m, en la mezcla de facies de mina C, D, E y F, este tramo del perfil esta dominado por las facies E y D (serpentina dura o saprolita ss). La muestra LO-19 esta a profundidades de 16 m, en la facies E, zona saprolítica inferior. Y la muestra LO-23 se encuentra a profundidades de 23 m, en la facies de mina F, es la menos alterada, podría considerarse como el protolito.

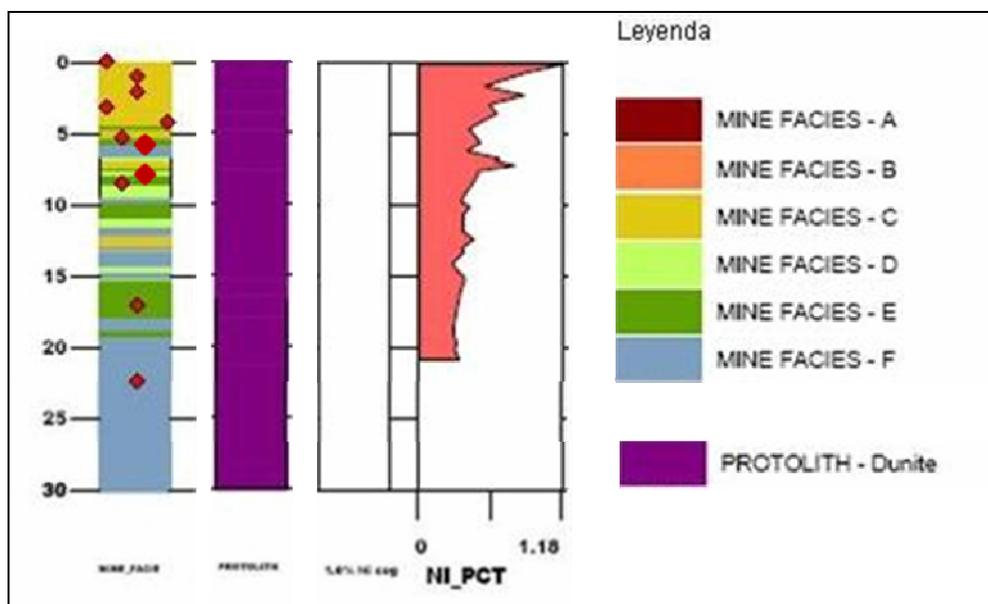


Fig. 1.1. Perfiles esquemáticos del sondeo estéril (969-0303). Las muestras están indicadas sobre el perfil de las facies de mina.

El sondeo fértil (Fig. 1.2) tiene 50 metros de profundidad, con un protolito de harzburgita y dunita y con un predominio de las facies de mina denominadas C, D, E, y F. Un tramo significativo de este perfil presenta concentraciones de níquel >1%, y

hasta >3%. La muestra LO-51 se encuentra a profundidades inferiores a 5 m, en la facies de mina C (saprolita limonitizada). Las muestras LO-52, LO-53 y LO-54 se encuentran a profundidades entre 5 y 11 m, en la mezcla de facies de mina C, D y E (zona mineralizada). La muestra LO-55 esta a profundidades de 41 m, en la facies F, protolito.

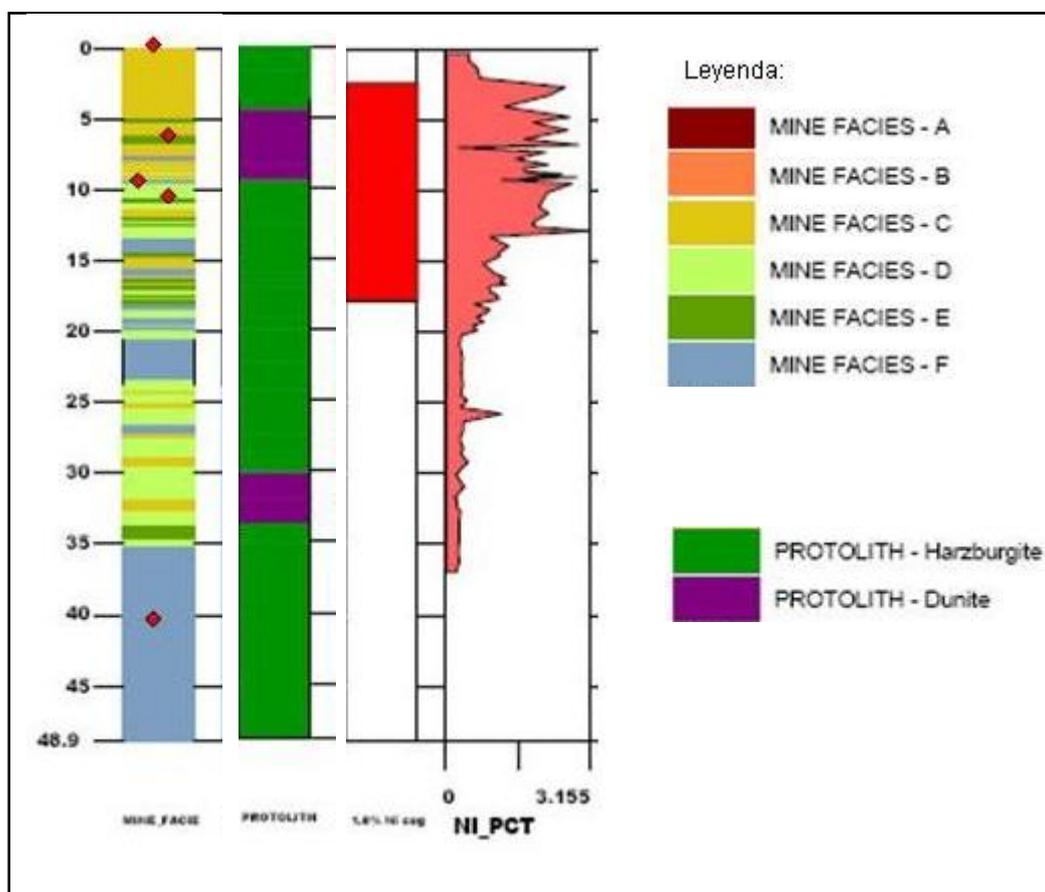


Fig. 1.2. Perfiles esquemáticos del sondeo fértil (954-0307). Las muestras están indicadas sobre el perfil de las facies de mina.

1.3.- Técnicas Analíticas

1.3.1.- Microscopía óptica de luz transmitida y reflejada

Las diferentes asociaciones minerales, así como las relaciones texturales entre los minerales han sido estudiadas en láminas delgadas pulidas mediante microscopía de luz transmitida y reflejada. El equipo usado fue un microscopio óptico de polarización Nikon Eclipse LV100 POL del Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (Fig. 1.3).

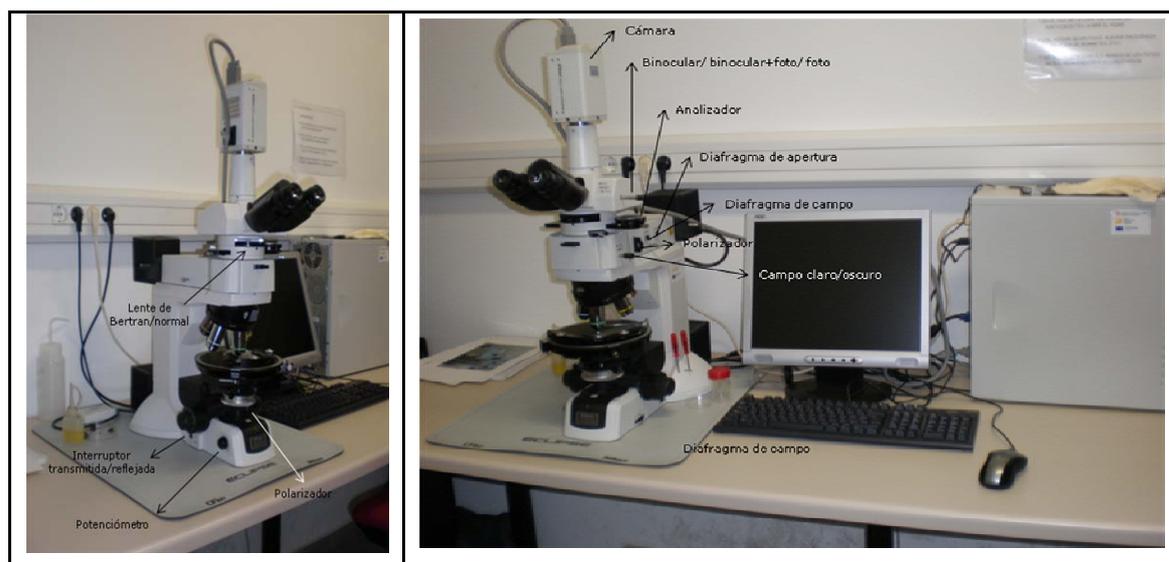


Fig. 1.3. Microscopio óptico Nikon utilizado en el estudio del perfil laterítico de Loma Ortega.

1.3.2.- Difracción de rayos X

Las muestras fueron analizadas mediante DRX. Fracciones representativas de cada muestra, fueron pulverizadas en mortero de ágata hasta un tamaño de partícula inferior a 40 μm . Los análisis fueron realizados en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona. Se ha utilizado un Difractómetro Panalytical X'Pert PRO MPD ALFA1 con monocromador primario, con un ángulo de barrido de 4-100° de 2θ con una longitud de paso de 0.017° de 2θ y un tiempo de adquisición de 50.2 segundos. La radiación utilizada fue de la $K\alpha$ del Cu con $\lambda=1.5418 \text{ \AA}$. En las muestras que tenían mucho hierro se hizo uso del difractómetro de polvo Siemens D-5000 (Fig. 1.4) provisto de un monocromador secundario para disminuir el nivel de radiación de fondo del difractograma originado por el espectro de fluorescencia excitado en la muestra. Para la interpretación de los espectros de DRX se utilizó el programa X'Pert y la base de datos de difracción de minerales del *International Center for Diffraction Mineral Data (JCPDS)*, se ha podido identificar las fases minerales de las muestras. El programa permite realizar un análisis semicuantitativo de las fases minerales presentes en las muestras. En algunas muestras se ha realizado el ajuste del perfil de difracción con el método de Rietveld y el programa Topas.

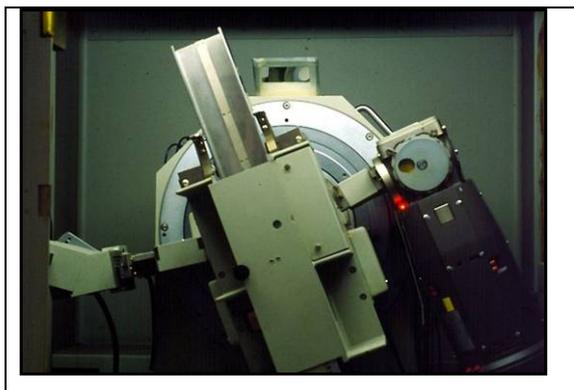


Fig. 1.4. Difractómetro de polvo Siemens D-500 (S1) con cargador automático de muestras (http://www.sct.ub.es/v2/wcat/s08/s08_3000.htm)

1.3.3. Microscopio electrónico de barrido con analizador de energías (SEM-EDS)

El microscopio electrónico utilizado es el *ESEM Quanta 200 FEI, XTE 325/D8395* (Fig. 1.5), el cual tiene acoplado un detector EDS para la adquisición de los espectros del RX (http://www.sct.ub.es/v2/wcat/s23/s23_0000.htm). Se ha trabajado con electrones secundarios para observar la morfología de los granos y electrones retrodispersados para apreciar la composición química de los granos. Se realizaron análisis cualitativos en los diferentes minerales de interés. Los análisis fueron realizados en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona.

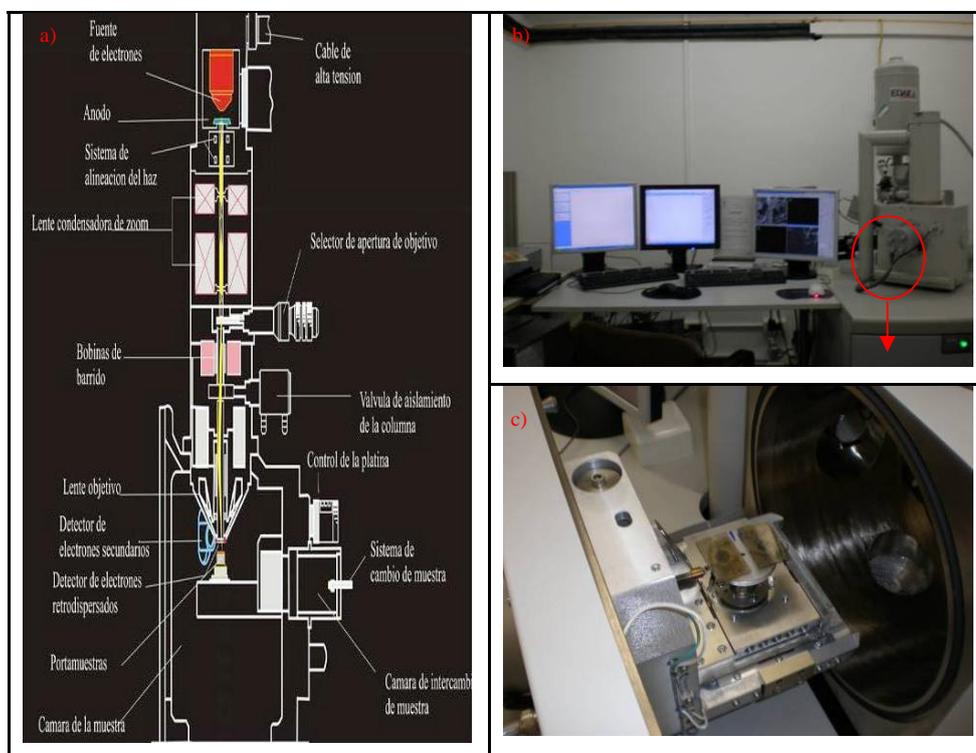


Fig. 1.5. a) Estructura interna del SEM-EDS. b) y c) Fotografías del SEM y portamuestras (*ESEM Quanta 200 FEI, XTE 325/D8395*)

1.3.4-. *Microsonda electrónica*

La microsonda electrónica se ha utilizado para determinar la composición química cuantitativa de los minerales presentes en los diferentes horizontes del perfil. Los análisis han sido efectuados mediante una microsonda electrónica CAMECA SX-50 (Fig. 4.6), equipada con cuatro espectrómetros de dispersión de longitud de onda (*WDS-wavelength dispersive spectrometer*). Los análisis fueron realizados en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona bajo las siguientes condiciones de trabajo: tensión de aceleración de 15-20 kv y una corriente sobre muestra de 20 nA. Se han medido sobre las líneas espectrales de $K\alpha$ del Fe, Mn y Ni con cristal de LiF; las $K\alpha$ del Mg, Si, Al, Na con un TAP y las $K\alpha$ del Ca, Cr, Ti y K con PET. Los patrones utilizados han sido ortoclasa (Si, Al,K), Fe_2O_3 (Fe), periclusa (Mg), wollastinita (Ca), rodonita (Mn), NiO (Ni), Co_2O_3 (Co), rutilo (Ti), albita (Na), Cr_2O_3 (Cr).



Fig. 4.6. Fotografía de la microsonda electrónica CAMECA SX50 (http://www.sct.ub.es/v2/wcat/s25/s25_3000.htm)

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PERFILES LATERÍTICOS NIQUELÍFEROS: LOS PERFILES TIPO SILICATOS HIDRATADOS

Las lateritas niquelíferas son materiales regolíticos. Se forman en zonas de relieve horizontal sobre rocas ígneas básicas o ultrabásicas, ricas en minerales ferromagnesianos como el olivino o el piroxeno (Freyssinet et al., 2005). Los minerales que forman las lateritas niquelíferas son, mayoritariamente, hidróxidos y óxidos de hierro (goethita, lepidocrocita, hematites), a menudo acompañados de sílice, y de hidróxidos y óxidos de aluminio y manganeso (Fig. 2.1). En general estos minerales se disponen en agregados terrosos o crustiformes, formando capas de espesor muy variable, que puede llegar a la decena de metros (Golightly, 1981).

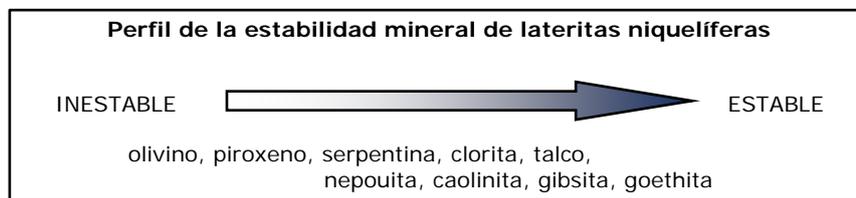


Fig. 2.1. Solubilidad, a pH~7, de los minerales más comunes en un perfil laterítico (Golightly, 1981).

En general, los perfiles de meteorización lateríticos se caracterizan por tener una zona más superficial (laterita s.s.) muy rica en óxidos e hidróxidos de hierro y pobre en sílice. Esta laterita suele contener una zona especialmente rica en hierro (ferricreta o *iron-cap*) en la parte más superior, seguida de una zona de limonita que en algunos casos puede contener arcillas. De la laterita s.s. se pasa en profundidad a una saprolita (zona de roca alterada rica en filosilicatos donde aún se observa la textura de la roca madre o protolito) y finalmente a la roca madre.

2.1.- Clasificación de las lateritas niquelíferas

Se han distinguido tres grandes tipos de depósitos lateríticos de níquel (Brand et al., 1998; Elias, 2002; Gleeson et al., 2003; Freyssinet et al., 2005) (Fig. 2.2):

- *Lateritas niquelíferas tipo arcilla.* La sílice ha sido parcialmente lixiviada del perfil de meteorización. El níquel se acumula en nontronitas y esmectitas (Fig. 2.3), en las partes altas e intermedias de la saprolita. Ejemplos de lateritas niquelíferas tipo arcilla son: Murri Murrin (Australia occidental, 3-5Mt; 0.99% de Ni) y Meseta de Sant Felipe, Camagüey (Cuba, 2-3Mt; 1.3% de Ni) (Gleeson et al., 2003).

- *Lateritas niquelíferas tipo óxido.* El Ni está asociado principalmente a goethita (Fig. 2.3.). También se suele encontrar Co (y Ni) asociado a óxidos de Mn (“asbolanas”). Tanto la goethita como los óxidos y hidróxidos de hierro presentan una alta capacidad de adsorción de Ni en su superficie. Ejemplos de lateritas niquelíferas de tipos óxidos son: Sampala (Indonesia, >5Mt; 1.34% de Ni) i Pinares de Mayarí (Cuba, 2-3Mt; 1.07% de Ni) (Gleeson et al., 2003).
- *Lateritas niquelíferas tipo silicato hidratado.* La mineralización se encuentra en la parte inferior de la saprolita; las menas minerales son silicatos de Mg-Ni hidratados (e.g. lizardita niquelífera (Fig. 2.3), “garnieritas”). Ejemplos de lateritas niquelíferas tipo silicato hidratado son: Sorowako (Indonesia, >5Mt; 1.8% de Ni) y Koniambo (Nueva Caledonia, 3-5Mt; 2.58% de Ni) (Gleeson et al., 2003).

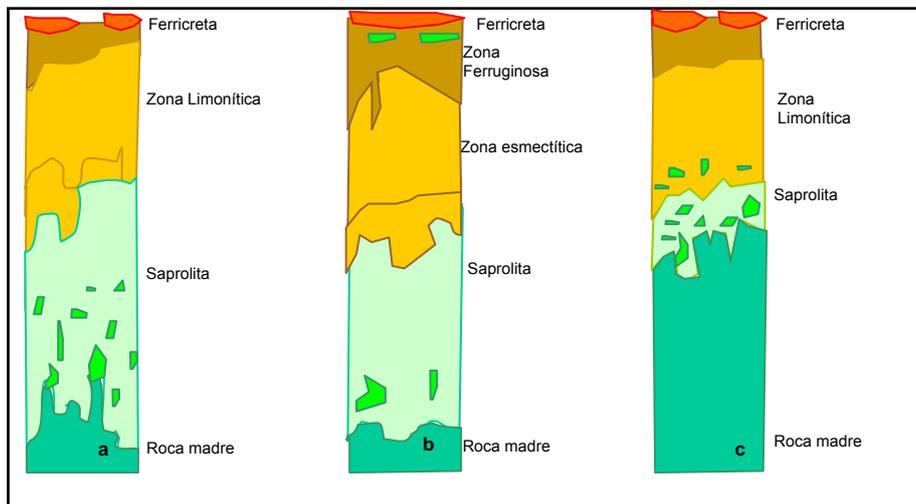


Fig. 2.2. Perfiles esquemático de los diferentes depósitos de lateritas. a) lateritas tipo silicatos hidratados. B) lateritas tipo arcillas. C) lateritas tipo óxidos. (Modificado de Gleeson et al., 2003)

Las lateritas de Ni se consideran reservas económicamente explotables de Ni (y, comúnmente Co). Las concentraciones de Ni y Co se dan en uno o más horizontes o unidades dentro del perfil de meteorización (Golightly, 1981). Hay numerosos minerales portadores de Ni en las lateritas niquelíferas, éstos según Brand et al., (1998) se pueden clasificar en cuatro grandes grupos, según la asociación con el regolito (Fig. 2.3).

Fig. 2.3. Tabla resumen de las fases minerales portadoras de Ni. (Brand et al., 1998)

Mineral	Fórmula ideal	Grupo	Ni (%)
<u>Yacimientos de silicatos hidratados</u>			
Lizardita	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	Serpentina	0.15

Lizardita niquelada	$(\text{Mg}, \text{Ni})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	6.1
Népouita	$(\text{Ni}, \text{Mg})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	32.8
Ni análogo de lizardita			
Clinocrisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	
Pecoraita	$\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	40.5
Ni análogo de clinocrisotil			
Antigorita	$(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	0.1
Antigorita niquelada	$(\text{Mg}, \text{Ni})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	4.9
Bertherina			
Fe ⁺² dominante, amesita es Mg dominante	$(\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Mg})_{2-3}(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	2.8
Brindleyita	$(\text{Ni}, \text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_5(\text{OH})_4$	Serpentina	22.6
Ni análogo de berthierita			
Talco	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Talco	0.3
Willemseita (kerolita)	$(\text{Ni}, \text{Mg})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Talco	27.1
Ni análogo de talco			
Clinocloro	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	Clorita	0.3
Clorita niquelada	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2}, \text{Ni})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	Clorita	7.2
Nimita	$(\text{Ni}, \text{Mg}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	Clorita	16.9
Ni análogo de clinocloro			
Sepiolita	$\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Sepiolita	0.4
Sepiolita niquelada	$(\text{Mg}, \text{Ni})_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Sepiolita	2.9
Falcondoita	$(\text{Ni}, \text{Mg})_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Sepiolita	24
Ni análogo de sepiolita			
7Å garnierita	Pobrementemente cristalina; variación extremada	Serpentina	15.1
10Å garnierita	Pobrementemente cristalina; variación extremada	Talco	19.9
14Å garnierita	Pobrementemente cristalina; variación extremada	Clorita	3.3
Garniertia inclasificable	Pobrementemente cristalina; variación extremada	Clorita, talco, serpentina, sepiolita, vermiculita	17.6
Connarita	$\text{Ni}_2\text{Si}_3\text{O}_6(\text{OH})_4$; pobrementemente cristalina		27.4
Niquel-kerolita	$(\text{Mg}, \text{Ni})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Talco	15.7
Formalmente pimelita, variedad de willemseita	Pobrementemente cristalina; variación extrema		

Yacimientos de óxidos

Goethita	$\text{FeO} \cdot \text{OH}$		4
Hematites	Fe_2O_3	Hematites	1-2
Asbolana	$(\text{Co}, \text{Ni})_{1-y}(\text{Mn}^{+4}\text{O}_2)_{2-x}(\text{OH})_{2-2y+2x} \cdot n\text{H}_2\text{O}$		15 Ni i/o Co
Litioforita	$(\text{Al}, \text{Li})\text{Mn}^{+4}\text{O}_2(\text{OH})_2$		1% Ni 6% Co
Heterogenita	$\text{CoO} \cdot \text{OH}$		4% Ni 15% Co

Yacimientos de arcillas silicatadas

2.2.- Mecanismos de formación y modificación

El desarrollo y características de las lateritas niquelíferas están influenciados por un conjunto de factores como el clima, el relieve, el drenaje entre otros como puede observarse en la siguiente tabla propuesta por Trescases (1975) (Fig. 2.4)

Fig. 2.4. Tabla-resumen de los controles de formación en las lateritas de Ni (Trescases, 1975)

	Lateritas tipo silicatos hidratados	Lateritas tipo arcillas	Lateritas tipo óxidos
Clima	Sabana húmeda-selva	Sabana húmeda; posiblemente formada o modificada en clima semiárido	Sabana; modificada a clima semiárido
Relieve	Moderado	De moderado a bajo	De moderado a bajo
Drenaje	Buen drenaje	Mal drenaje	Bueno y mal drenaje
Tectónica	Favorecido por levantamiento	No favorecido por levantamiento	Favorecido por levantamiento
Estructura primaria	Favorecido por el aumento de la erosión y enriquecimiento de Ni a lo largo de fracturas abiertas	Enriquecimiento en algunas fracturas, favorecido por la falta de drenaje	Favorecido por el aumento de la erosión y enriquecimiento de Ni a lo largo de fracturas abiertas
Litología primaria (sólo en rocas ultramáficas ricas en olivino)	Peridotita>Dunita	Peridotita>>Dunita	Dunita y Peridotita

Las condiciones comunes que se encuentran en los distintos tipos de lateritas son:

- Largos periodos de estabilidad tectónica. Probablemente las rocas ultramáficas se alteran más rápidamente que otro tipo litológicos (Thomas, 1994). Sin embargo, se han estimado unas tasas promedios de meteorización variables entre 10 y 20 m por millones de año, lo que implica que un perfil laterítico, sin erosión, puede desarrollarse entre 1 y 6 millones (Nahon and Tardy, 1992).
- Relieve moderado. La tasa de meteorización debe ser superior a la tasa de erosión de la superficie, lo que está favorecido por el bajo relieve. Trescases (1975) calculó que la tasa de saprolitización en los yacimientos de Thio, Nueva Caledonia, es de 40 a 50 m/ma. De lo contrario, el relieve debe ser suficiente para permitir la filtración de los productos químicos de la meteorización.
- Clima de subtropical a tropical húmedo. Es posible la formación bajo climas templados pero, requiere periodos más largos debido a las menores tasas de meteorización. Esta situación puede haber prevalecido en el sur de Australia, que se ha mantenido en latitudes medias o altas, aunque con periodos de climas subtropicales (Anand y Paine, 2002)

2.3.- Distribución mundial de las lateritas niquelíferas

Una distribución global de las lateritas de Ni se puede observar en la Fig. 2.5. La mayoría de los yacimientos se encuentran en zonas tropicales, húmedas (sudeste de Asia y Oceanía), en Sur América y el Caribe. Aunque también, hay muchos depósitos a latitudes más altas como: el suroeste de Australia, el oeste de Estados Unidos, Grecia, los Balcanes, los Urales de Kazajstán y Rusia central (Budel, 1982).

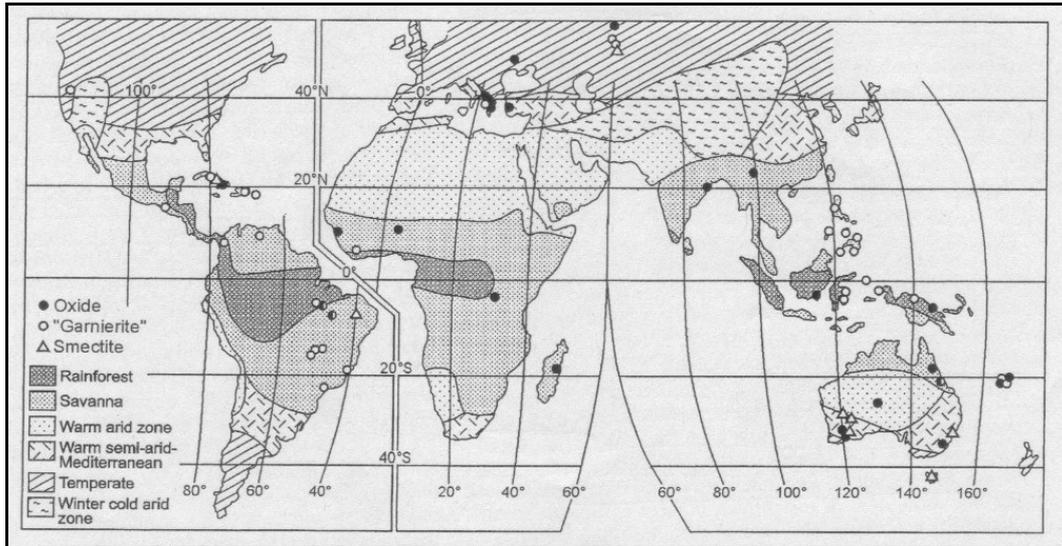
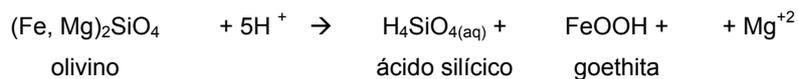


Fig. 2.5. Situación geográfica de los yacimientos de lateritas niquelíferas (Modificada de Budel, 1982).

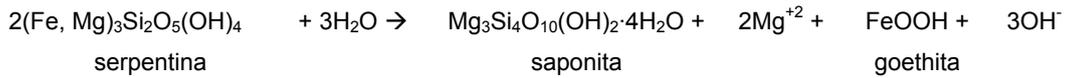
2.4.- Lateritas de Ni tipo silicatos hidratados

Las lateritas de Ni tipo silicatos hidratados son la tipología de lateritas niquelíferas de nuestro estudio. Las más conocidas se encuentran en regiones tectónicamente activas, de relieve moderado, como en el Sudeste de Asia y Oceanía, en América Central y el Caribe (Golightly, 1979).

En colinas y laderas, el nivel freático permanece por debajo del frente de meteorización. En la exposición del perfil laterítico, bajo condiciones meteóricas, el olivino es el primer mineral en alterarse. El resultado de su hidrólisis da como resultado la formación de goethita junto con ácido silícico y magnesio.

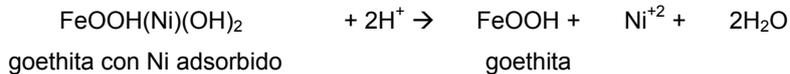


Cuando finaliza la hidrólisis del olivino comienza la del piroxeno y la de la serpentina. Y los productos son: esmechtitas y óxidos de Fe con la lixiviación de Mg. Las esmechtitas derivan de los clinopiroxenos, las nontronitas y montmorillontas derivan de clinopiroxeno ricos en Al y los minerales ferromagnésicos derivan de la serpentina.



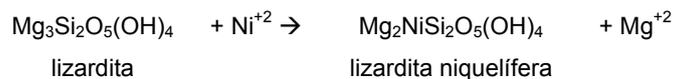
El níquel liberado por la meteorización del olivino y serpentina se mantiene en el perfil, mayoritariamente en la goethita, aunque también en la saponita (e.g. Brand and Butt, 2001).

Estas transformaciones causan un aumento de la porosidad de modo que las soluciones se infiltran rápidamente y son menos alcalinas, y por lo tanto, la densidad disminuye más del 50%. Los silicatos primarios son pseudomórfizados por oxihidróxidos de Fe y esmectitas. Los óxidos de Fe y las esmectitas continúan los procesos de hidrólisis, lixiviando casi por completo el Mg. Como consecuencia, en el horizonte superior dominan óxidos de hierro; o bien, caolinita o gibsita si las concentraciones de Al son muy altas. En esta etapa, la textura de la roca original es irreconocible debido al aumento de la porosidad entre las fracturas y la presencia de microfallas. Con la pérdida total de más del 70% de la masa inicial, la concentración residual por si sola puede dar más de un 1% en Ni. Cuando la vegetación es abundante, los suelos orgánicos producen soluciones con pH bajos, y durante el curso de meteorización, los óxidos de Fe en los horizontes superiores pueden ser disueltos y reprecipitar, lo que produce la lixiviación del Ni.



Finalmente, el Ni es transportado a las profundidades del perfil laterítico y puede ser reabsorbido por goethita o bien reaccionar con los productos de la meteorización del olivino, serpentina y otros minerales para formar “garnierita” y otros silicatos de Mg hidratados. Los óxidos de Mn también se encuentran en la parte inferior de la zona de los óxidos con precipitaciones de Ni y sobre todo de Co (Golightly, 1979; Peletier, 1996).

El Ni también puede reemplazar al Mg en la serpentina.



Debido al drenaje local en condiciones impuestas por la tectónica, estructura y topografía los resultados de los procesos de hidrólisis son compuestos silicatados y/o óxidos hidratados. La tasa de erosión elevada limita la profundidad de meteorización

en valores inferiores a 30 m, por lo tanto, en las zonas de menor relieve los perfiles lateríticos serán menos maduros (Budell, 1982).

3. MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE TRABAJO

3.1.- Situación geográfica

La República Dominicana (Fig. 3.1) ocupa la parte central y oriental de la isla La Española. Limita al norte y al este con el océano Atlántico, al sur con el Caribe y al oeste con Haití. Tiene un área de 48,442 km². Debido a su situación entre los paralelos 17° y 20°, las temperaturas son elevadas, oscilando las medias entre 25° y 28°C.

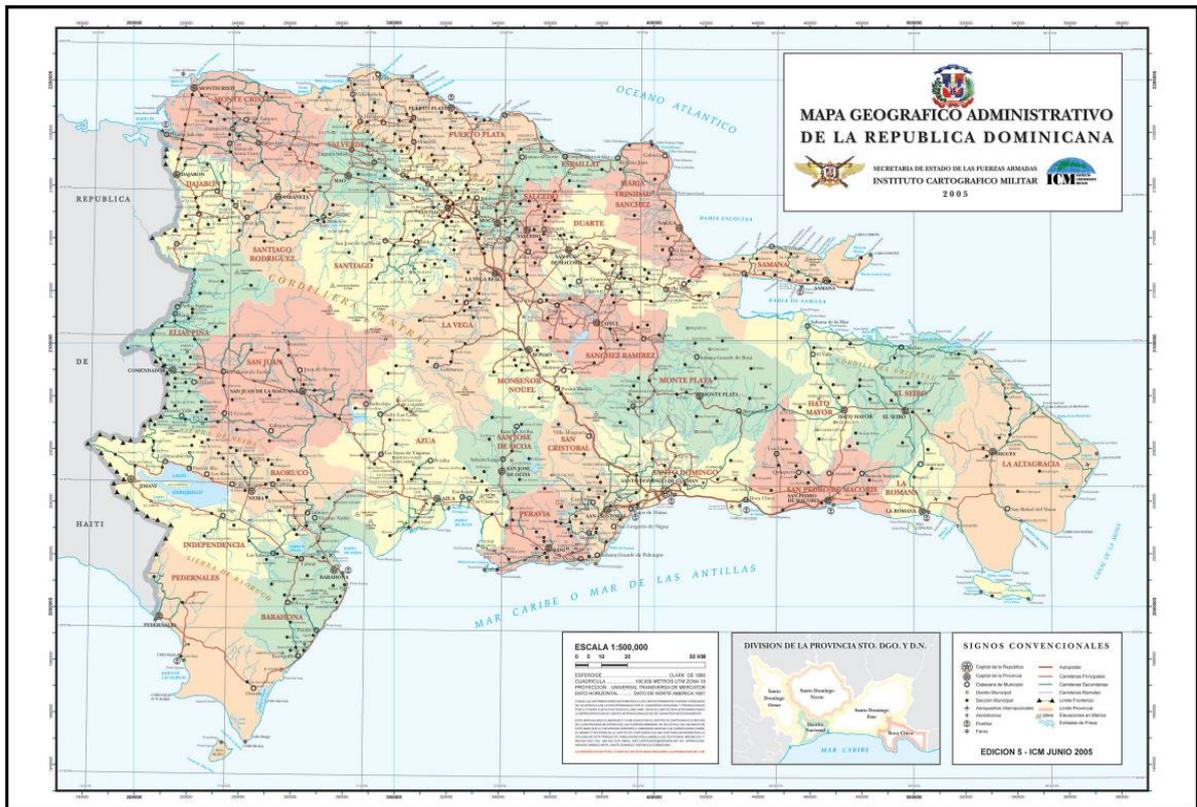


Fig. 3.1. Mapa geográfico de la República Dominicana (www.dominicanaonline.org/.../cpo_mapas1.asp)

3.2.- Situación geológica

3.2.1.- Introducción a la geología de la República Dominicana

La isla de la Española constituye un arco-isla multiepisódico, edificado a lo largo del intervalo de tiempo Cretácico Inferior – Eoceno (Lewis y Draper, 1990; Mann et al., 1991; Draper et al., 1994, 1996). Actualmente, la isla constituye un bloque topográficamente elevado, rodeado al N y al S por fondos oceánicos profundos situados a caballo del límite entre las placas Norteamericana y Caribeña. El desplazamiento transcurrente a lo largo de este límite desde el Eoceno, ha modificado la geometría del arco-isla, produciendo una cuenca de *pull-apart*, la Fosa Caimán, desarrollada sobre sustrato oceánico (Rosencrant et al., 1988). La deformación afecta también, al borde norte de la placa Caribeña, generando desgarres frágiles sinistros y

fallas inversas de dirección O-E a NO-SE, de decenas de kilómetros de longitud. Estas estructuras poseen una actividad tectónica muy reciente controlando la fisiografía de la Isla la Española, dominada por valles y alineaciones montañosas de dirección NO-SE como la Cordillera Central.

En las Antillas, formadas éstas por la cadena de islas de Cuba, la Española, Puerto Rico y las Islas Vírgenes, afloran segmentos del sistema Cretácico-Eoceno de arco-isla cirum-caribeña (AICC). El segmento AICC presente en la isla la Española es magmáticamente poco activo desde el Eoceno Medio-Superior, como consecuencia de su colisión con la plataforma carbonatada de las Bahamas (Fig. 3.2).

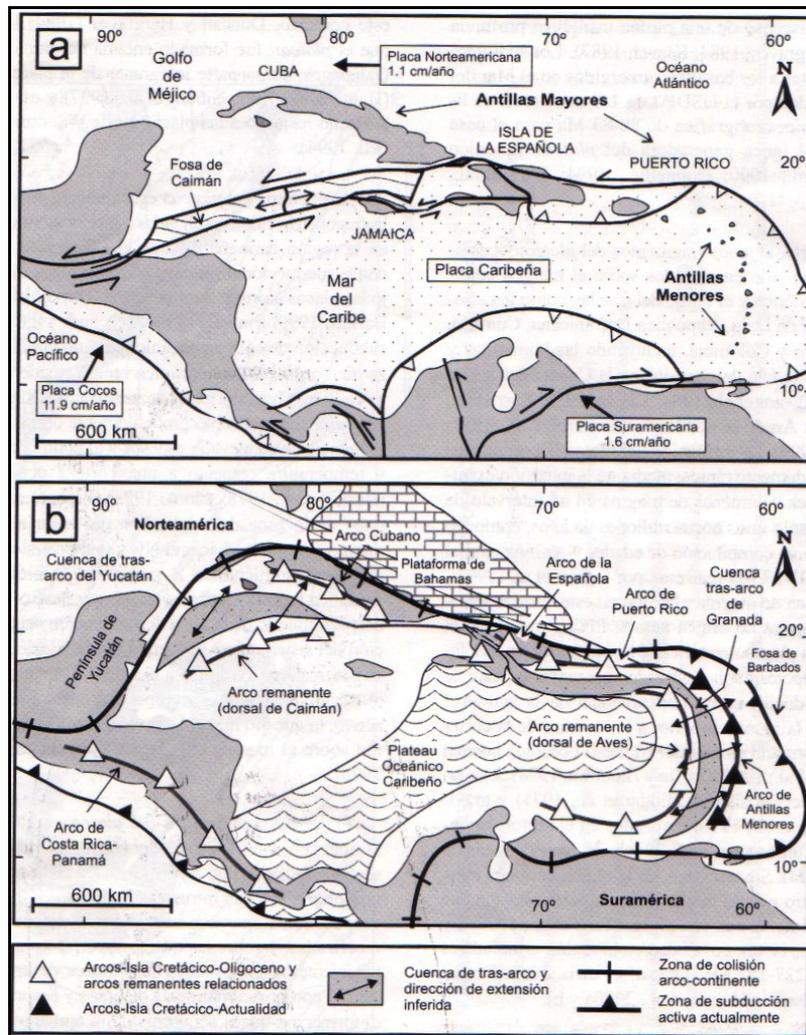


Fig. 3.2. a) Configuración actual de las placas en la región caribeña (mod. de Mann et al., 1991; Lebrón y Perfit, 1994; Pindell, 1994). La Isla de la Española se sitúa sobre la activa zona de desgarre sinistral que separa las placas Norteamericanas y Caribeña. b) Principales elementos tectónicos del sistema de arco-isla cirum-caribeño (AICC) de edad Cretácico-Eoceno. Notar como el *plateau* oceánico ocupa una posición de tras-arco, así como las cuencas de tras-arco del Yucatán, de las Antillas Mayores y de Granada. La plataforma carbonatada de Bahamas se desarrolló sobre la placa Norteamericana desde el Jurásico Superior.

La corteza de la placa Caribeña fue generada durante la creación de fondo oceánico como consecuencia de la separación de las placas Norte y Suramericana en el Jurásico Medio-Superior y Cretácico Inferior (Pindell y Barrett, 1990; Pindell, 1994). Los basaltos N-MORB (Lapierre et al., 1999) que intercalan niveles de chert con fauna de Jurásico Superior en el Complejo Duarte de la isla la Española (Montgomery et al., 1994), representan fragmentos emplazados de la corteza oceánica caribeña más antigua.

3.2.2.- *Las peridotitas de Loma Caribe*

Litológicamente, esta unidad consiste en harzburgitas, lherzolitas y dunitas, variablemente serpentinizadas, que incluyen pequeñas cuerpos de cromitita podiforme e intrusiones pequeñas de gabros piroxénicos y diques doleríticos (Lewis et al., 2006; Proenza et al., 2007). La asociación mineral está compuesta mayoritariamente por olivino y subordinariamente por ortopiroxeno, clinopiroxeno y cromita, cuyas variables proporciones modales dan lugar a una alternancia de capas duníticas y harzburgíticas. Posteriormente al estadio mantélico, las peridotitas fueron serpentinizadas durante su transporte tectónico a niveles altos de la corteza, que fue acompañado con una intensa deformación dúctil (Escuder Viruete et al., 2002). Durante la alteración, los minerales ígneos primarios fueron reemplazados por minerales del grupo de la serpentina (principalmente lizardita), talco y clorita. Los piroxenos y el olivino aparecen como relictos o como porfiroclastos aislados dentro de la masa serpentínica fibrosa. La foliación principal (Sp) en estas rocas está definida por la orientación plano-paralela de los minerales serpentínicos y la disposición planar de venas boudinadas rellenas de serpentinitas. Dicha fábrica presenta a menudo un carácter no-coaxial, evidenciado por la orientación de los minerales retrógrados según dos familias de planos oblicuos, que definen una fábrica compuesta de tiempo S-C (Escuder Viruete et al., 2002) (Fig. 3.3).

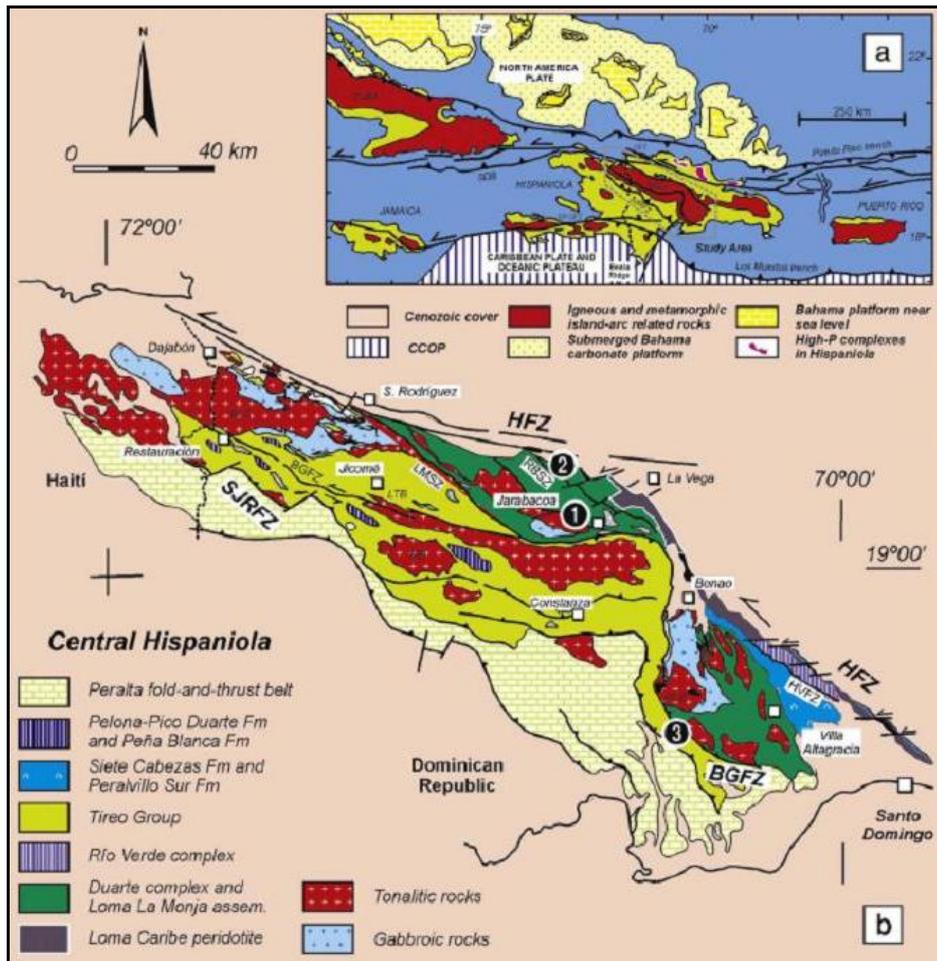


Fig. 3.3. Mapa geológico esquemático del sector meridional de la Cordillera Central Dominicana. E. 1:50.000 de Villa Altagracia y Arroyo Caña (Modificado. de Hernaiz Huerta et al., 2000)

3.2.3.- Los perfiles lateríticos de Ni de República Dominicana

Los perfiles lateríticos en República Dominicana según los criterios de los geólogos de la mina se divide en seis zonas. La división está basada en:

- Contenido de níquel y de hierro
- La textura
- La proporción de fragmentos rocosos
- La profundidad

Zona A: Limonita marrón

Esta zona se distingue por su tonalidad marrón oscuro y textura terrosa. Se sitúa en zonas llanas aunque puede estar ausente debido a la erosión. La zona A contiene los valores más altos en hierro de todo el perfil laterítico, en la zona alta 35% y van disminuyendo gradualmente hacia las zonas más bajas. La SiO₂, Al₂O₃ y MgO tienen unos porcentajes del 16%, del 18% y del 2%, respectivamente. La mineralogía es predominantemente de goethita con intercalaciones irregulares de gibsita, puede

haber cantos rodados dispersados de peridotita serpentinizada, vetas de sílice, Cr-spinelas, magnetita, óxidos y hidróxidos de Mn-Co (asbolanas). También pueden aparecer pisolitos de hematites de hasta 1 cm de diámetro. El contacto con la zona B es generalmente transicional. La mayoría de los elementos, incluyendo el cobalto, el silicio, el magnesio y el níquel han sido eliminados por lixiviación, con el consiguiente enriquecimiento en hierro.

Zona B: Limonita Ocre-marrón

La zona B tiene tonalidad de rojiza a marrón amarillento, se encuentra en zonas llanas o de suaves relieves. Es una zona muy compacta y tiene una textura tipo-arcilla con una cierta plasticidad. El contenido de cobalto aumenta hacia los niveles inferiores de la zona B (en los primeros 2 – 5 m). La mayoría del manganeso se encuentra como asbolana. La mineralogía consiste, sobre todo, en goethita, con cantidades menores de serpentina en los contactos con las zonas inferiores del perfil. Su contenido en cuarzo solamente es del 6% en peso, aunque de vez en cuando puede aumentar presentándose como vetas de sílice. El contacto de la zona B con las zonas C, D o E, acostumbra a ser gradacional y extremadamente irregular.

Zona C: Serpentina blanda

La zona C es de color verde con tonalidades de amarillentas a rojas. Es blanda y algo arcillosa, aunque puede tener cierta plasticidad. Cuando está seca acostumbra a desmenuzarse y adquiere colores de grises a marrón. En comparación con la zona limonítica, que ha sido afectada por suelos de *creep* y *slumps*, este material se forma generalmente *in situ*. Químicamente, la zona C se caracteriza por el aumento de níquel y elementos asociados (Co, Mn, S y Al). La mineralogía es típica de zona transicional entre capas ricas en hierro de las zonas de limonita y la zona inferior ultramáfica rica en magnesio. La fase mineral dominante es serpentina (lizardita) que junto con la goethita son las fases más abundantes en los contactos transicionales con la zona B. El cuarzo puede encontrarse localmente en la textura *boxwork*, llegando a porcentajes del 40% en la zona de mineralización del níquel. Hay vetas de cuarzo niquelífero criptocristalino acompañado por “garnieritas” o sepiolita-falcondoita de color verde. El contacto de la zona C con la zona D es irregular.

Zona D: Serpentina Dura

La zona D está formada por fragmentos angulosos de serpentina (20-50%), son cantos rodados de serpentina dura de 5-25 cm de diámetro cementados en una matriz de serpentina blanda. Los fragmentos de roca tienen tonalidades ocre-amarillo pálido o

gris oscuro y suelen presentar zonas de alteración concentradas de hasta 5 cm. Muchos de los cantos rodados son cortados por vetas de serpentina, que también se enriquecen en níquel. En esta zona D el perfil laterítico tiene un enriquecimiento de serpentina y alcanza su máximo por lo que se refiere a los porcentajes de Ni; la mayoría de las zonas superficiales están enriquecidas en níquel (Ni del hasta 3%) y hay una disminución interna gradual hacia la base (del 0.30% a 0.60% de níquel).

Zona E: Peridotita serpentinizada

La zona E es de color gris por la presencia de peridotita serpentinizada. La concentración de Ni es idéntica a la zona D, en cambio aumentan los minerales ferromagnesianos (olivino y enstatita). El 50-70% del volumen de esta peridotita son fragmentos masivos angulosos de diámetro 25 cm. Hay fracturas de hasta 5 mm de ancho, rellenas de "garnieritas". Las vetas de sílice siguen a lo largo de los planos pero suelen estar rellenas de serpentina, "garnieritas" y/o limonita amarilla. El contacto de la zona E con la zona F es muy irregular.

Zona F: Peridotita inalterada

La zona F está visiblemente inalterada, formada mayoritariamente por harzburgita de grano grueso, dunita negra granulosa y serpentinita negra con tonalidades verdosa. Esta zona suele carecer de mineralización, pero puede haber fracturas rellenas de "garnierita". La roca estéril está debajo de la mineralización, con contacto muy irregular. A veces algunas inclusiones de la zona E pueden dar mineralizaciones. Químicamente, tiene valores extremadamente bajos en níquel y hierro (0.37% y 6.8%, respectivamente) en cambio, los valores de magnesio son moderadamente altos (34%).

Esta descripción del perfil presenta gráficamente a continuación en la Fig. 3.4.

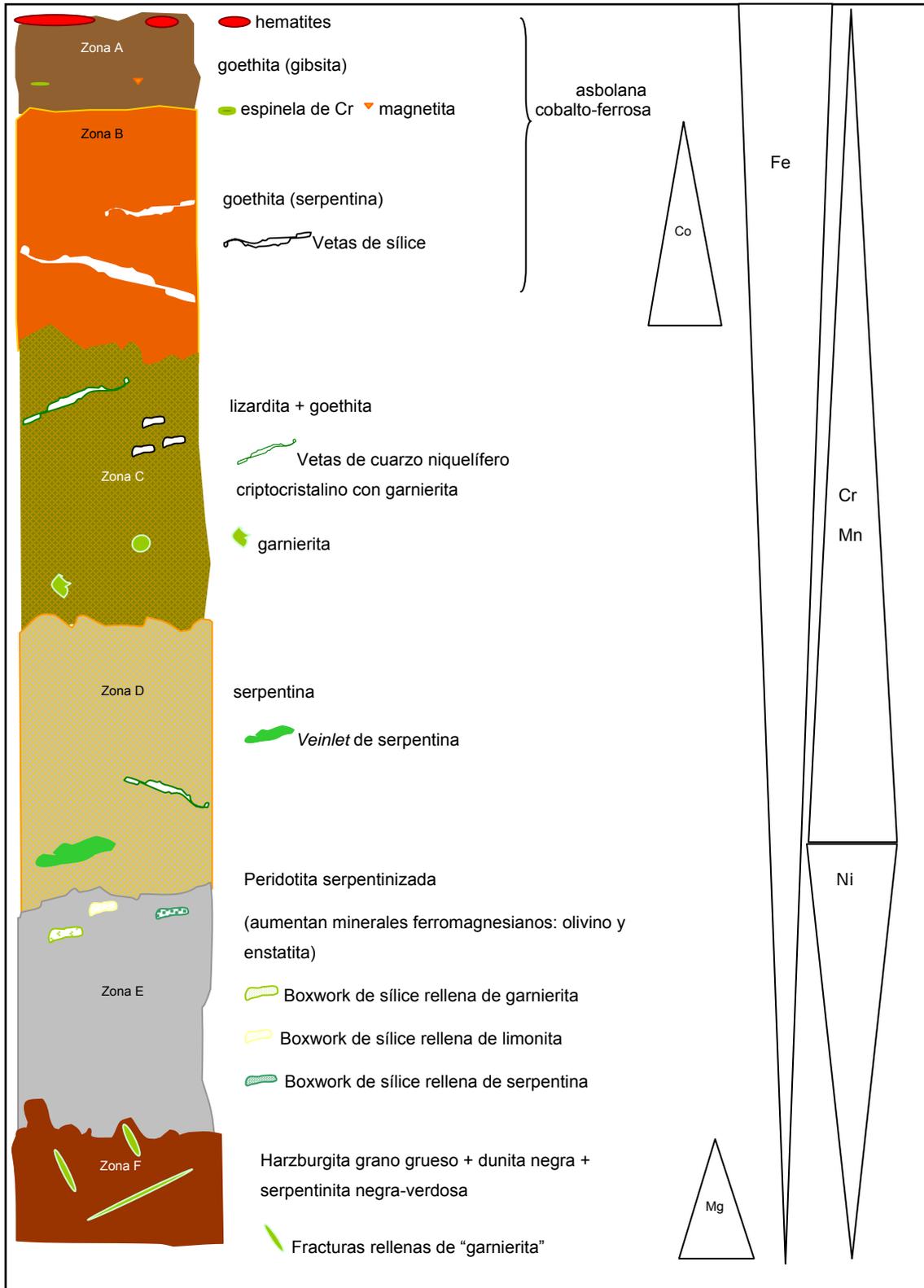


Fig. 3.4. Perfil laterítico esquemático según la descripción de los geólogos de mina

3.2.3.- Los perfiles lateríticos de Ni de Loma Ortega

El depósito laterítico de Ni de Loma Ortega es una de las áreas mineras que forman los depósitos lateríticos de Falcondo, cerca de Bonaó, en la parte central de la República Dominicana. En general, y siguiendo la terminología utilizada por los geólogos de la mina el perfil laterítico es dividido en cuatro zonas (Fig. 3.5).

- Zona limonítica (limonita roja y limonita amarilla, facies A, y B).
- Zona de transición (saprolita limonitizada, facies C).
- Zona saprolítica s.s. (saprolita blanda y saprolita dura, facies D y E).
- Peridotitas no meteorizadas (protolito, facies F).

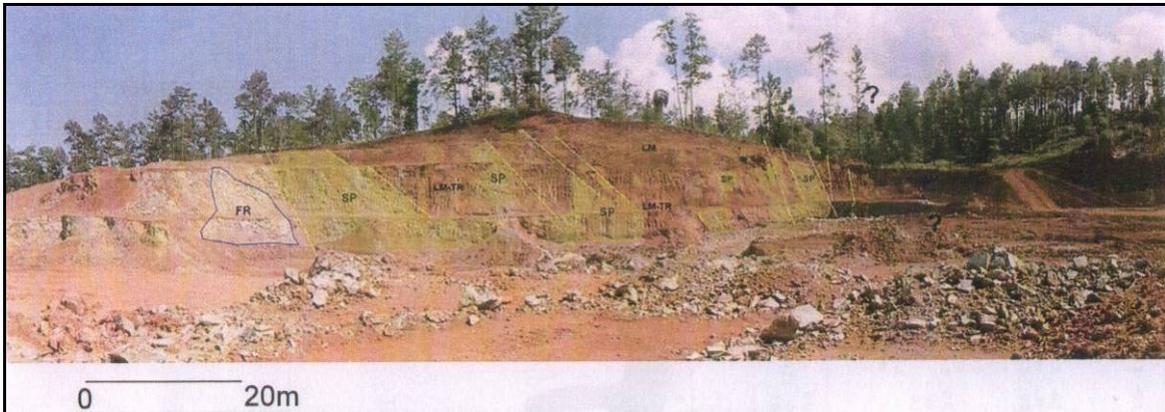
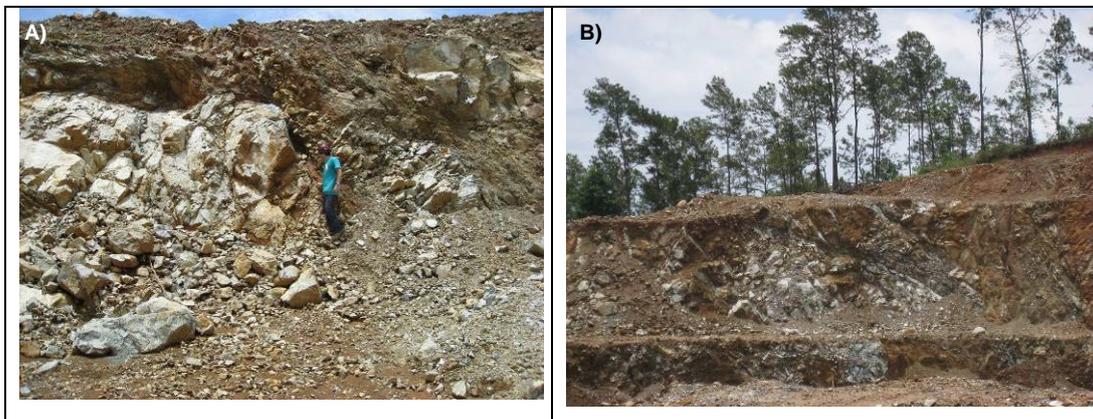


Fig. 3.5. Depósito laterítico de Loma Ortega. Corte orientado: ESE. LM, corresponde a zona limonítica. TR: zona transicional. SP: material saprolítico. FR: Peridotitas no meteorizadas.

Como se observa en las Fig. 3.5 y 3.6 el depósito laterítico de Ni de Loma Ortega puede tener diques de gabros y tiene una familia de fallas que están controladas por la intensa meteorización. El drenaje es un factor clave para la formación de este depósito laterítico.



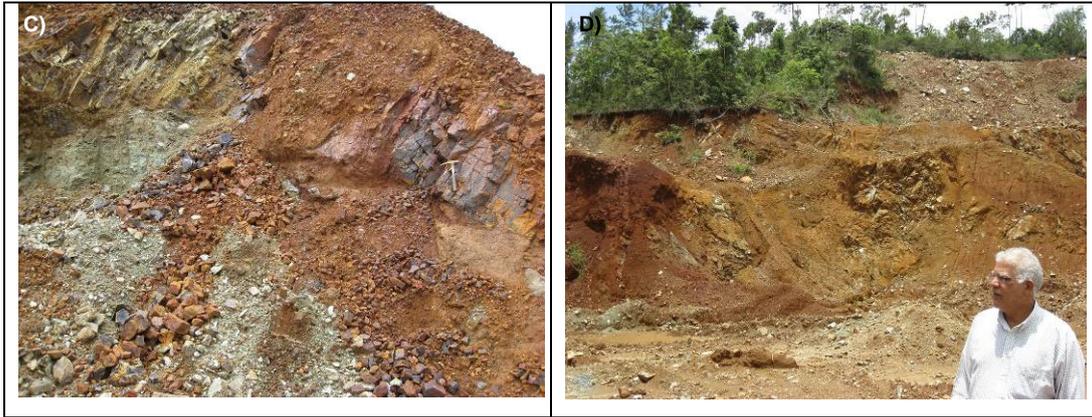


Fig. 3.5. Fotografías del depósito laterítico de Loma Ortega. A y B) dique de gabros. C y D) Horizontes ricos en óxidos.

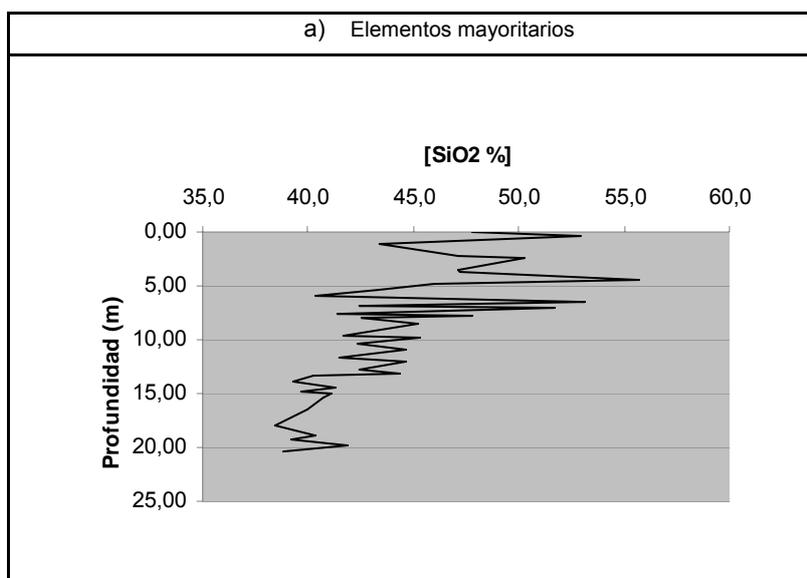
4. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

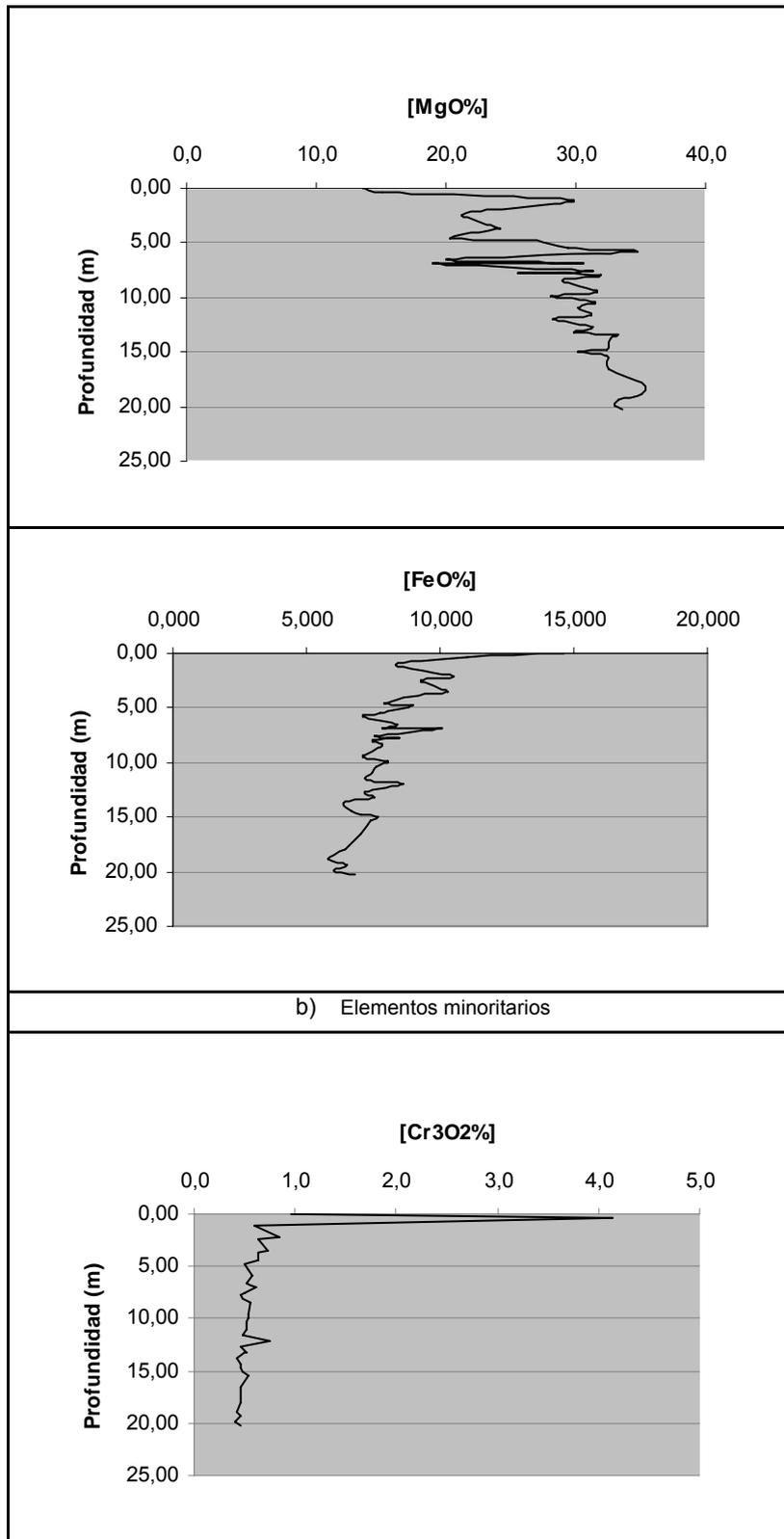
Los análisis geoquímicos de roca total han sido realizados en Canadá mediante Fluorescencia de rayos X, y cedidos por la empresa Falcondo Xstrata Nickel.

4.1.- Perfil estéril (sondeo 969-0303)

La litogeoquímica de los elementos mayores (SiO_2 , MgO y Fe_2O_3) del perfil estéril muestra un marcado incremento en las concentraciones de Fe y Si y una disminución en las de Mg hacia la parte alta del perfil (zona de saprolita limonitizada) (Fig. 4.1a). El incremento de los contenidos de SiO_2 hacia la parte alta del perfil es una característica inusual de los perfiles tipo silicato hidratado. También, en la parte más alta del perfil los valores de MgO están alrededor del 15%, lo cual implica que una parte importante del Mg no ha sido completamente lixiviada del perfil de meteorización.

Los elementos minoritarios son el Al_2O_3 , el MnO , el Cr_2O_3 , el Ni y el Co (Fig. 4.1b). Los contenidos de Al_2O_3 y Cr_2O_3 en general presentan un incremento hacia la parte alta, donde, por ejemplo, los contenidos de Cr llegan alcanzar valores de hasta 4% en peso de Cr_2O_3 . Las concentraciones de Ni (Fig. 4.2) son muy bajas, aumentando ligeramente hacia la zona de saprolita limonitizada. Los contenidos de Co son muy bajos a lo largo de todo el sondeo, en comparación con los otros elementos minoritarios, aunque se aprecia un incremento desde la zona saprolítica a la de la saprolita limonitizada, donde los valores se duplican.





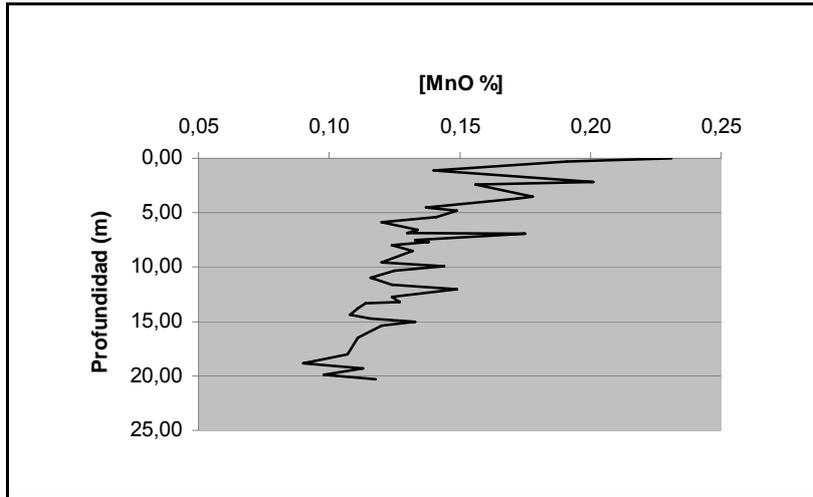


Fig. 4.1. a) Variación de los elementos mayores (SiO_2 , MgO y FeO) con la profundidad del perfil laterítico estéril. b) Variación de los elementos menores (Cr_2O_3 y MnO) con la profundidad del perfil laterítico estéril.

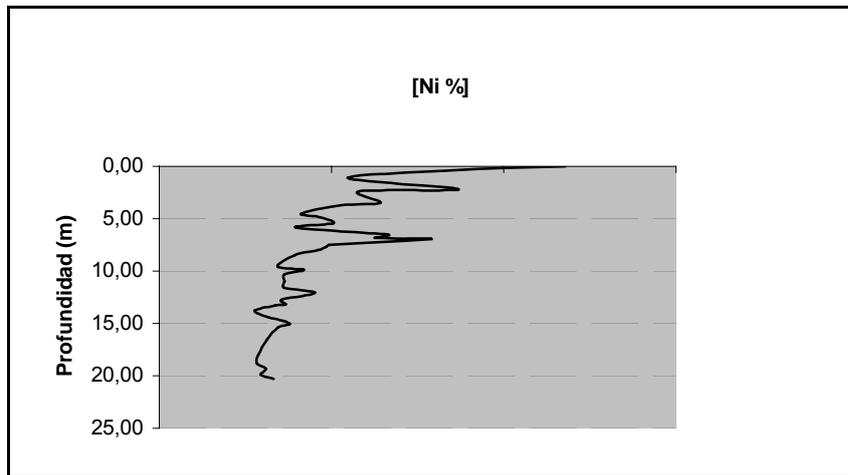
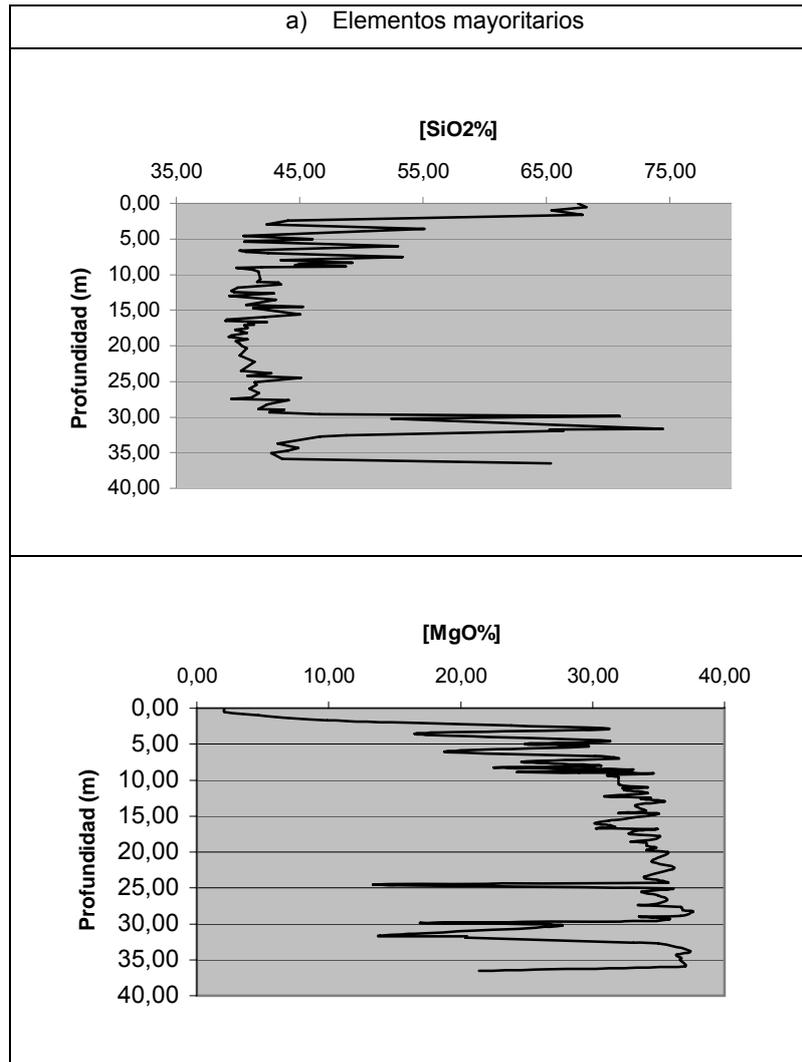


Fig. 4.2. Variación del contenido de Ni con la profundidad del perfil laterítico estéril.

4.2.- Perfil fértil (sondeo 954-0307)

Los contenidos de Fe_2O_3 se incrementan hacia la parte alta del perfil, de manera análoga a la tendencia observada en el perfil estéril. Este incremento está relacionado en ambos perfiles con el aumento de las proporciones modales de oxihidróxidos de Fe. Los contenidos de SiO_2 también aumentan hacia la parte alta del perfil (profundidad inferior a 10 m), particularmente en el horizonte de saprolita limonitizada. Por otra parte, los contenidos de MgO , con la excepción de algunas muestras anómalas, tienen muy poca variación en intervalos comprendidos entre los 10 y 40 metros, en cambio experimentan una marcada disminución hacia la parte alta del perfil (Fig. 4.3a).

Los contenidos de Al_2O_3 , y de Ni presentan un comportamiento diferente al observado en el perfil estéril. El Al_2O_3 , tiene concentraciones máximas en la zona intermedia del perfil y las concentraciones más bajas en la zona saprolítica limonitizada. Los contenidos de Cr_2O_3 y de MnO aumentan hacia la parte alta del perfil, una tendencia similar a la observada en el perfil estéril (Fig. 4.3b). Los porcentajes de Ni en la zona mineralizada son el doble o el triple que en perfil 969-0303 (Fig. 4.4).



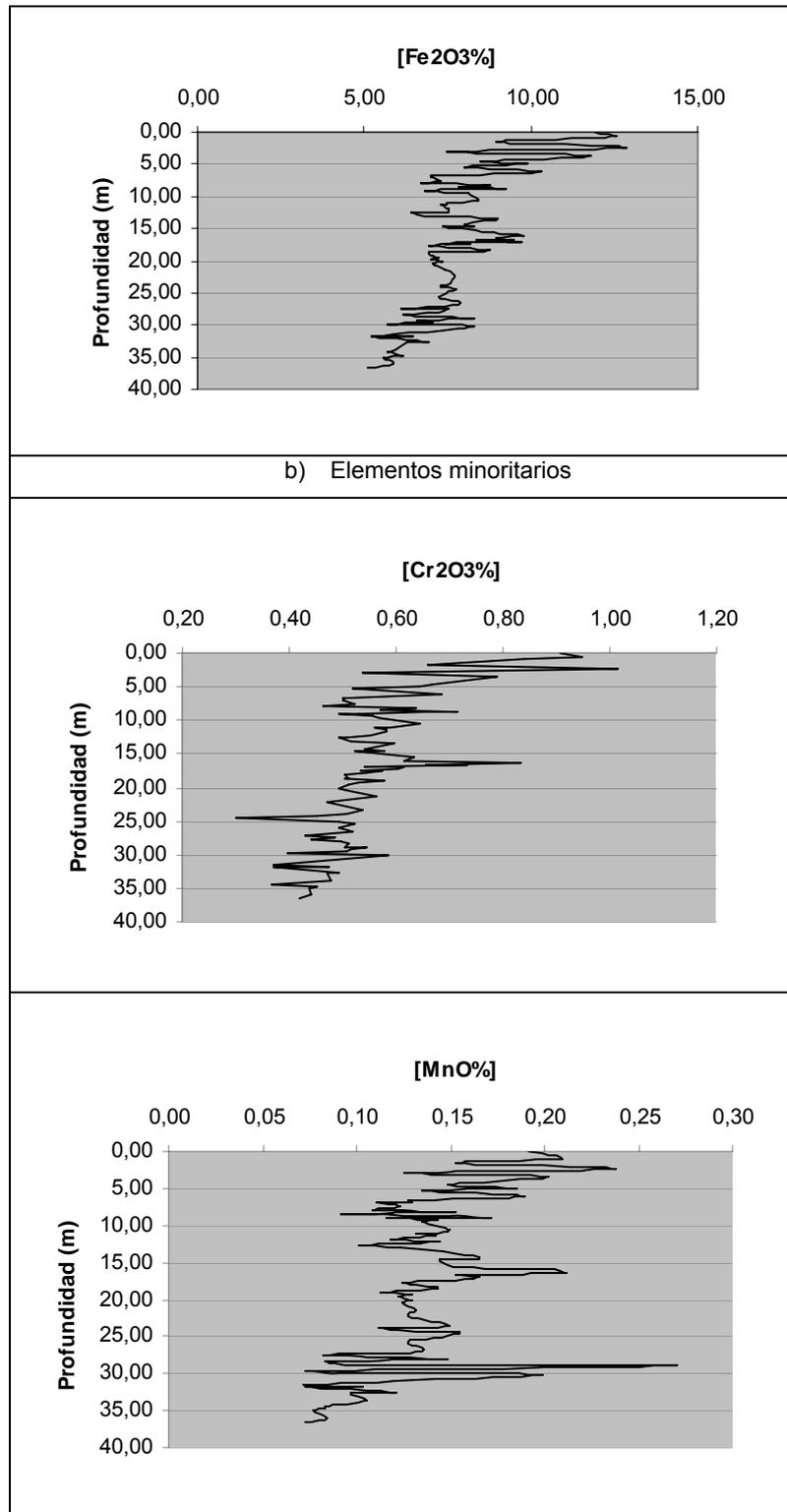


Fig. 4.3. a) Variación de los elementos mayores (SiO₂, MgO y FeO) con la profundidad del perfil laterítico estéril. b) Variación de los elementos menores (Cr₂O₃ y MnO) con la profundidad del perfil laterítico fértil.

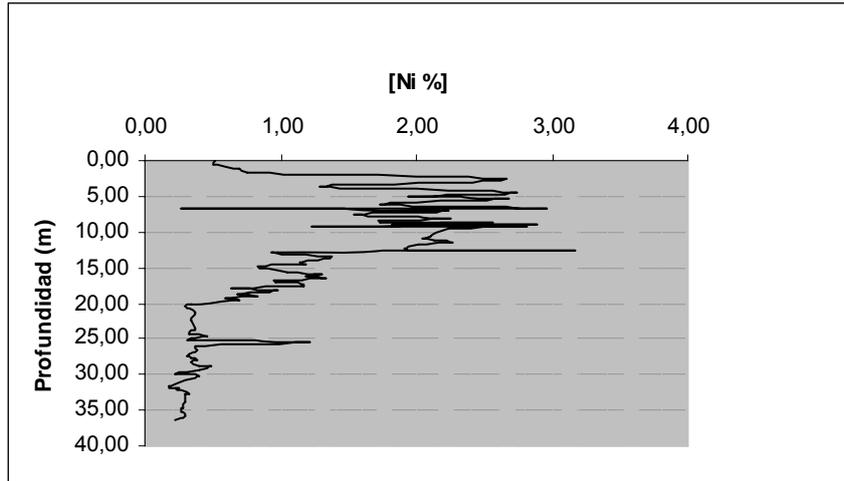


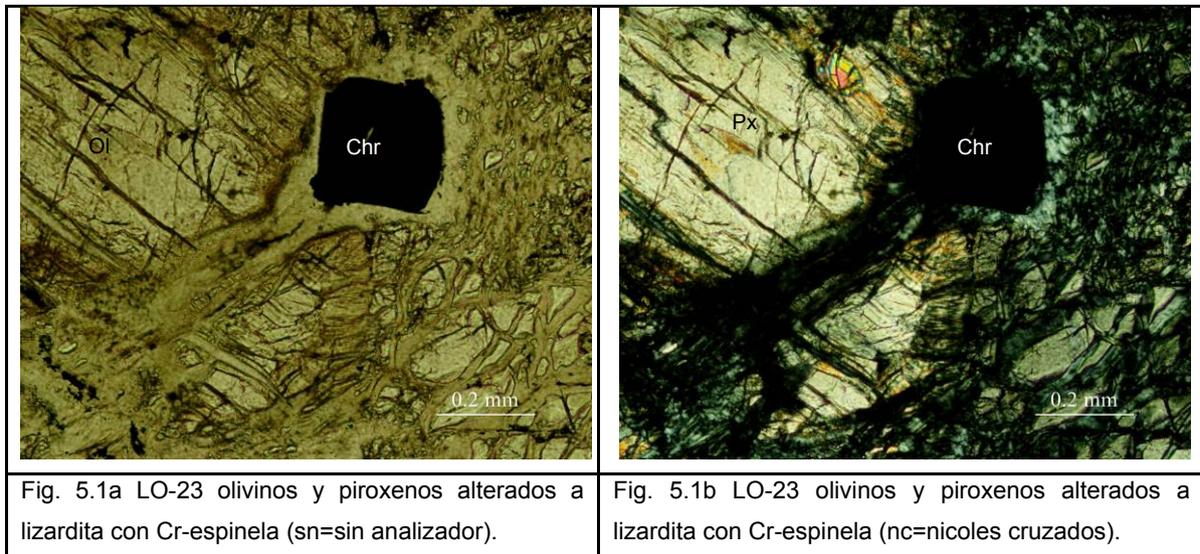
Fig. 4.4. Variación del contenido de Ni con la profundidad del perfil laterítico fértil.

5. CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

5.1.- Perfil estéril (sondeo 969-0303)

En este sondeo que representa al perfil laterítico estéril, las concentraciones de Ni no superan al 1% en peso. El sondeo alcanza una profundidad de 25 m. Se divide en cuatro zonas según la mineralogía del perfil laterítico. Estas zonas son: protolito, saprolita inferior, saprolita superior y saprolita limonitizada.

Protolito. Las muestras de esta zona (profundidad > 20 m) son muy compactas, de color marrón verdoso. Están formadas, principalmente, por olivinos (forsterita) alterados por los bordes y a lo largo de las fracturas a lizardita, piroxenos (enstatita) alterados por los bordes y siguiendo las líneas de exfoliación a lizardita. Como mineral accesorio se observan granos idiomórficos de Cr-espinelas (Fig. 5.1 a y b).



Saprolita inferior. Las muestras provienen de la zona del testigo entre 15 y 20 m, de color marrón, con cierta tonalidad rojiza y/o ocre. Pueden presentar vetas blanquinosas duras. Algunos granos de olivino están totalmente alterados y reemplazados por óxidos de hierro. En algunos granos, los bordes están alterados a lizardita, la enstatita está totalmente bastitizada. La Cr-espínela accesorio conserva la morfología euédrica primaria (Fig 5.2 a y b). Se observan abundantes fracturas de aproximadamente 100 μm de ancho que están totalmente rellenas de lizardita (Fig.5.3 a y b).

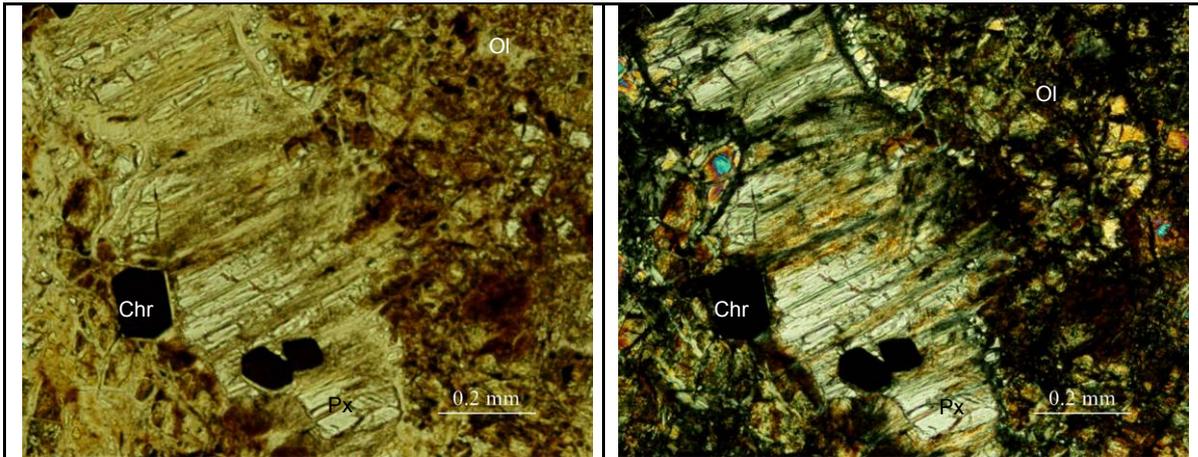


Fig. 5.2a LO-18 granos de piroxeno y olivino totalmente alterados con Cr-espínela euédrica alterados (sn).

Fig. 5.2b LO-18 granos de piroxeno y olivino totalmente alterados con Cr-espínela euédrica alterados (nc).

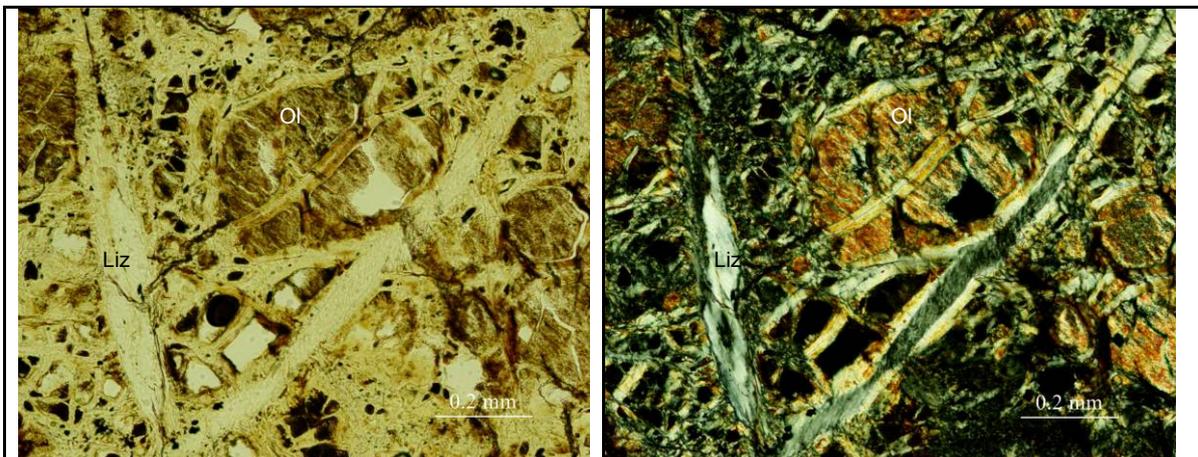


Fig. 5.3a LO-17 vetas con lizárdita que cortan olivinos alterados (sn).

Fig. 5.3b LO-17 vetas con lizárdita que cortan olivinos alterados (nc).

Los resultados de los análisis realizados con DRX muestran la lizárdita como mineral mayoritario y Cr-espínela como mineral accesorio (Fig. 5.4).

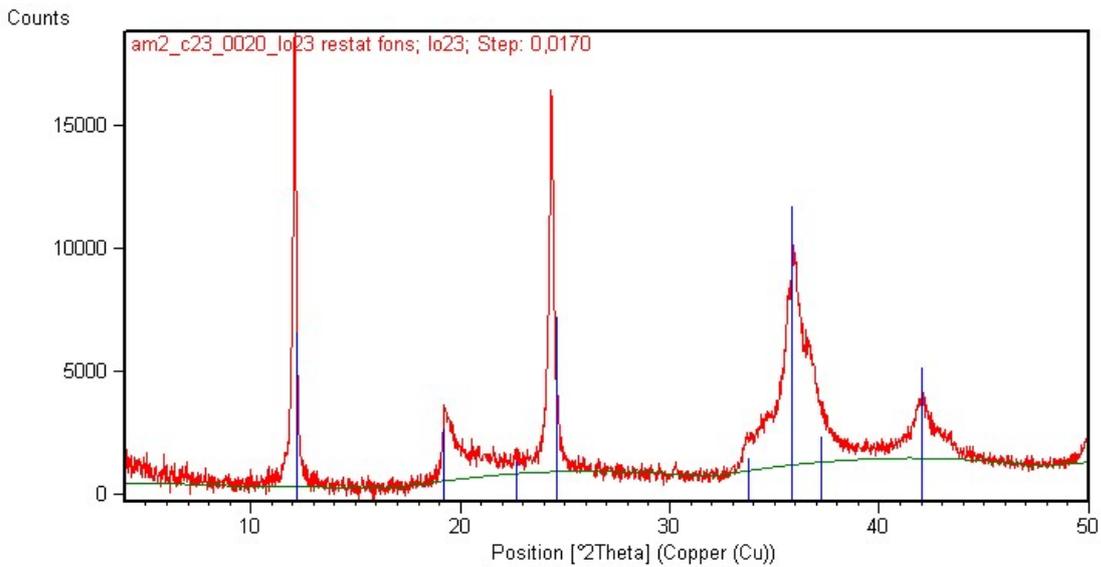


Fig. 5.4. Espectro DRX de una muestra de la saprolita inferior donde se analizó una sólo fase mineral, lizardita (líneas azules).

Saprolita superior. Se encuentra a profundidades entre 5 y 15m, las muestras siguen siendo marrones pero con tonalidades más rojizas y más terrosas. En estas muestras se observa una primera generación de cuarzo microcristalino en vetas que tienen más de 300 μm de ancho. El cuarzo ha cristalizado en las paredes de las vetas y ha sido cubierto por una fase criptocristalina de color rojo intenso que no presenta comportamiento óptico y que corresponde a una esmectita rica en Fe (Fig. 5.5 a y b). Los granos de olivino totalmente alterados a óxidos de hierro, también han quedado rodeados de este cuarzo microcristalino (Fig. 5.6 a y b). Algunos granos de olivino están totalmente alterados a lizardita (Fig. 5.7 a y b).

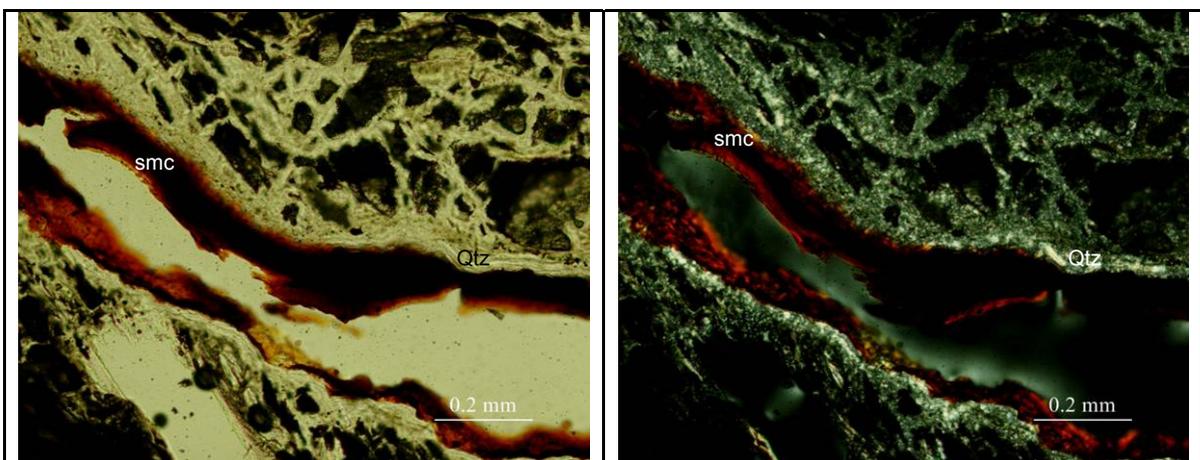


Fig. 5.5a LO-15 cuarzo y esmectita Fe en vetas (sn).

Fig. 5.5b LO-15 cuarzo y esmectita Fe en vetas (nc).

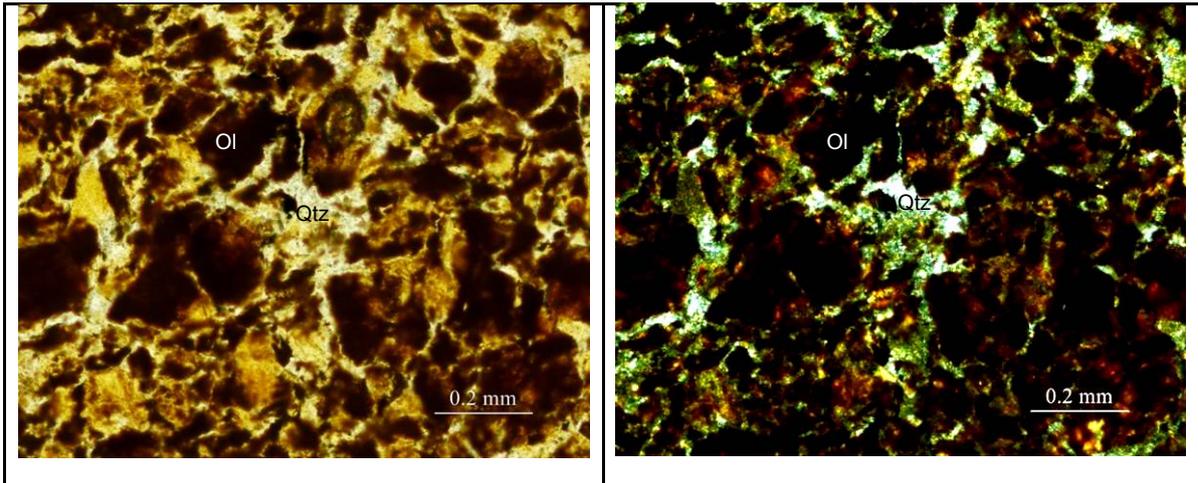


Fig. 5.6a LO-15 granos de olivino alterados a óxidos de Fe, rodeados de cuarzo microcristalino (sn).

Fig. 5.6b LO-15 granos de olivino alterados a óxidos de Fe, rodeados de cuarzo microcristalino (nc).

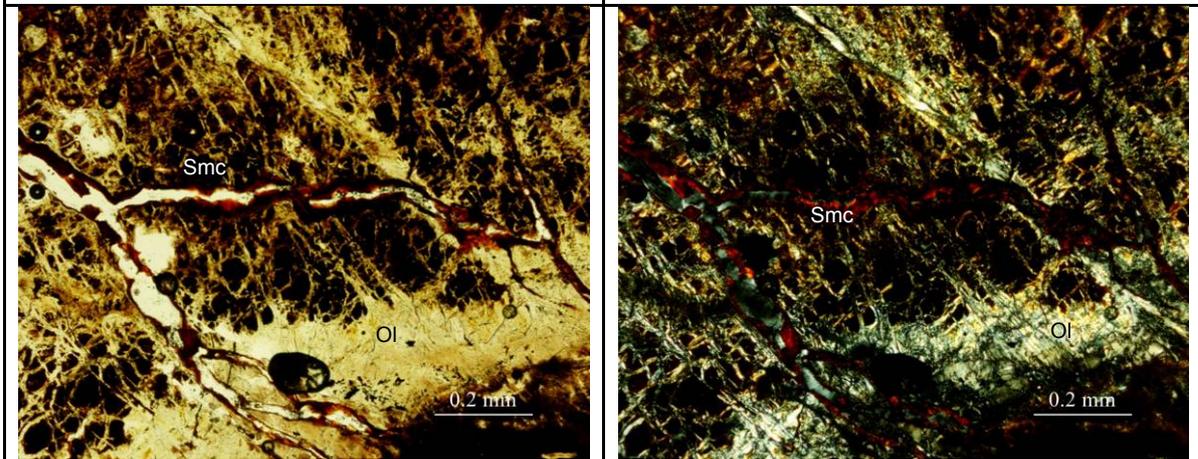


Fig. 5.7a LO-14 granos de olivino alterados a lizardita y vetas con esmectita Fe (sn).

Fig. 5.7b LO-14 granos de olivino alterados a lizardita y vetas con esmectita Fe (nc).

En la zona de la saprolita superior las muestras analizadas con DRX presentan lizardita y cuarzo junto con maghemita y una esmectita muy rica en hierro, espectro de DRX (Fig. 5.8).

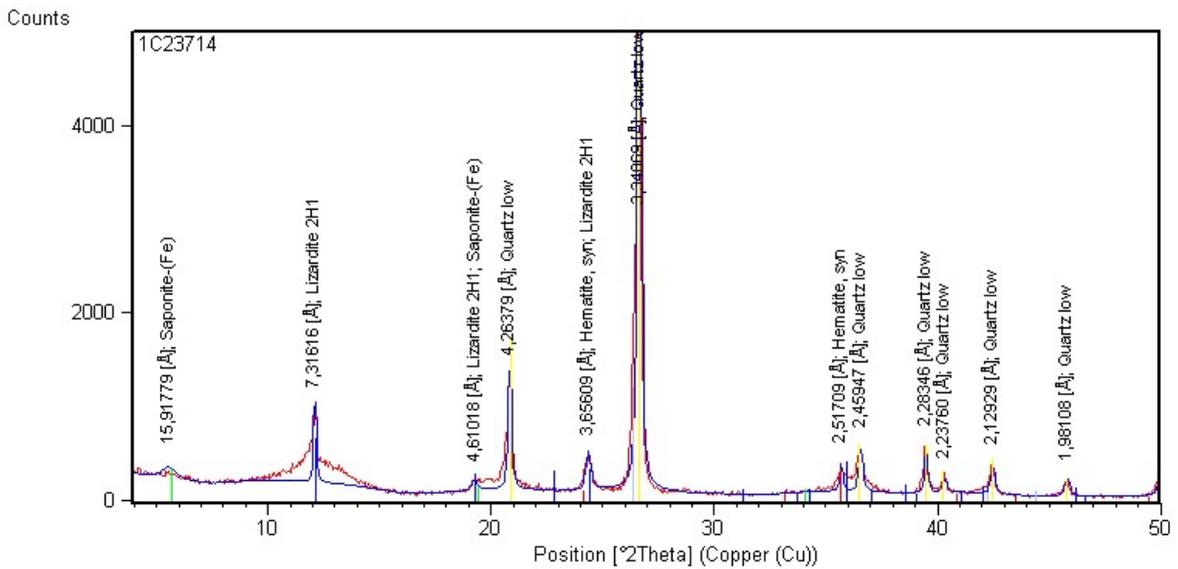


Fig. 5.8. Espectro de DRX de la zona saprolítica superior donde se analizó: saponita (línea verde), lizardita (línea azul), cuarzo (línea amarilla) y hematitas (línea roja)

Saprolita limonitizada. Las muestras están entre 0 y 2.5 m, es decir la parte del testigo más cerca de la superficie. Las muestras son de color marrón ocre y son menos compactas; presentan una patina ocre muy terrosa. La composición es muy similar a las muestras correspondientes a la saprolita superior pero con más porosidad y vetas. El cuarzo ha cristalizado en las paredes de las vetas y la fase esmectítica rica en Fe está rellenoando el resto de estas (Fig. 5.9 a y b). Los olivinos están totalmente alterados a óxidos de Fe y rodeados de una matriz formada por lizardita y óxidos de Fe. Los cristales de Cr-espinelas conservan su morfología euédrica y solamente con el microscopio electrónico se puede observar que presentan una ligera alteración en los bordes de grano (Fig. 5.10 a y b).

Las imágenes de SEM-EDS de estas muestras han sido estudiadas con detalle y se ha observado que los granos de olivino empiezan a alterarse por los bordes a óxidos de Fe (Fig. 5.11 a). En las vetas se ha podido comprobar que había lizardita con óxidos de Mn, probablemente asbolanas (Fig. 5.11 b). Se ha podido analizar la fase mineral criptocristalina de color rojo que rellena las vetas con el EDS del Microscopio Electrónico y puede corresponder a una esmectita rica en Fe (Fig. 5.12 a, b y c).

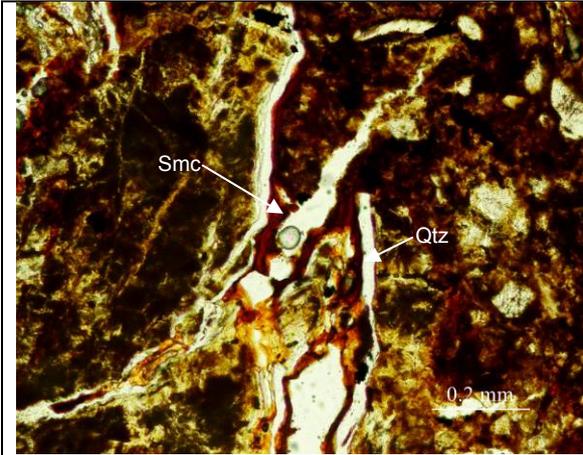


Fig. 5.9a LO-1 vetas con cuarzo y esmectita Fe (sn).

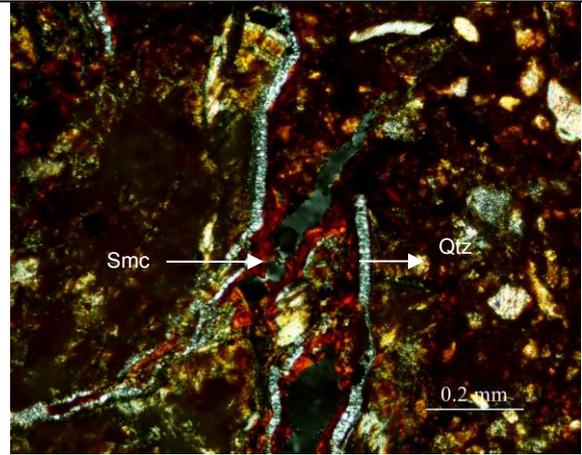


Fig. 5.9b LO-1 vetas con cuarzo y esmectita Fe (nc).

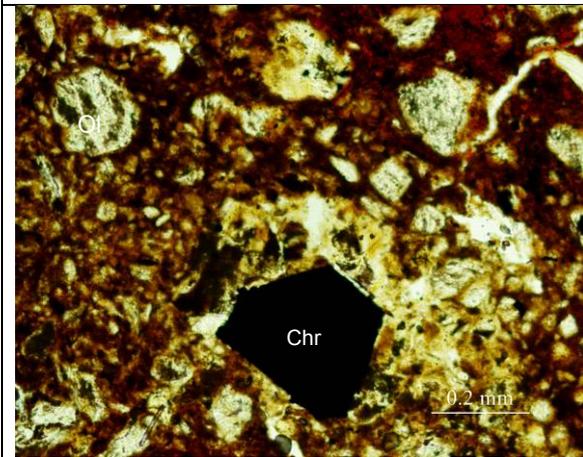


Fig. 5.10a LO-1, olivinos totalmente alterados a óxidos de Fe y rodeados de una matriz formada por lizardita y óxidos de Fe. Los cristales de Cr-espinelas conservan su morfología euédrica (sn).

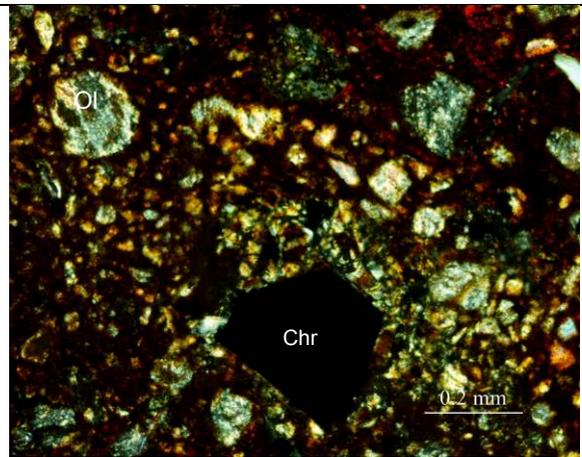


Fig. 5.10b LO-1, olivinos totalmente alterados a óxidos de Fe y rodeados de una matriz formada por lizardita y óxidos de Fe. Los cristales de Cr-espinelas conservan su morfología euédrica (nc.)

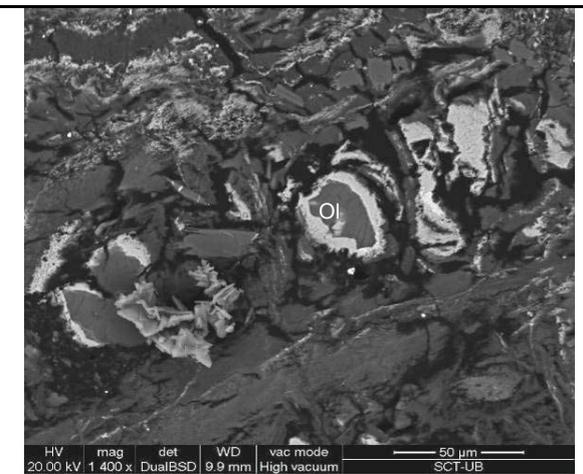


Fig. 5.11a. LO-1 Imagen de microscopía electrónica, los granos de olivino empiezan a alterarse por los

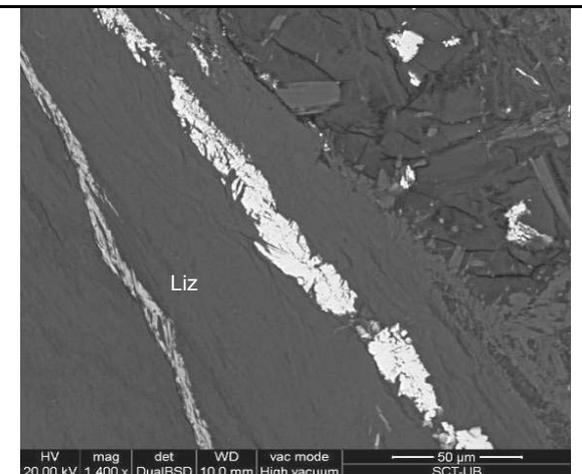


Fig. 5.11b LO-1 Imagen de microscopía electrónica vetas de lizardita con óxidos de Mn.

bordes a óxidos de Fe.



Fig. 5.12a LO-2 vetas con esmectita rica en Fe de color rojo (sn).

Fig. 5.12b LO-2 imagen de microscopia electronica. Vetas con esmectita rica en Fe.

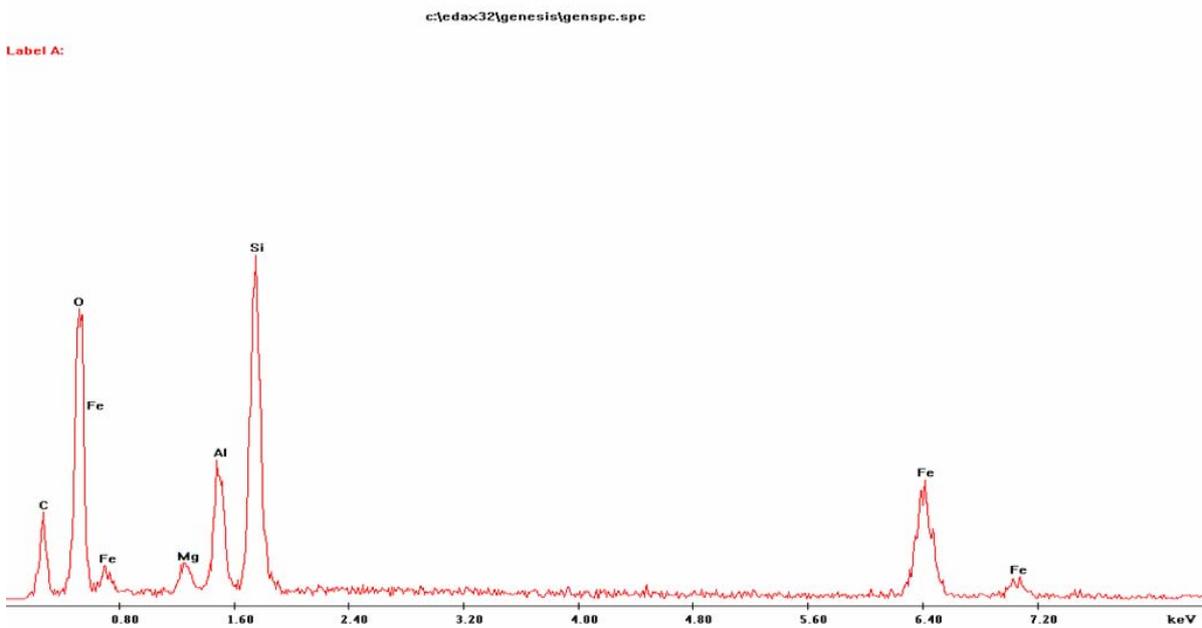


Fig. 5.12 c Espectro EDS de esmectita de color rojo que llena las vetas.

En los espectros de DRX de estas muestras (Fig. 5.13) se observa cuarzo y lizardita mayoritariamente con hematites y goethita, junto con una esmectita rica en Fe que corresponde a la fase mineral de color rojo que rellenaba las vetas analizada con SEM-EDS y Cr-espinela como mineral accesorio.

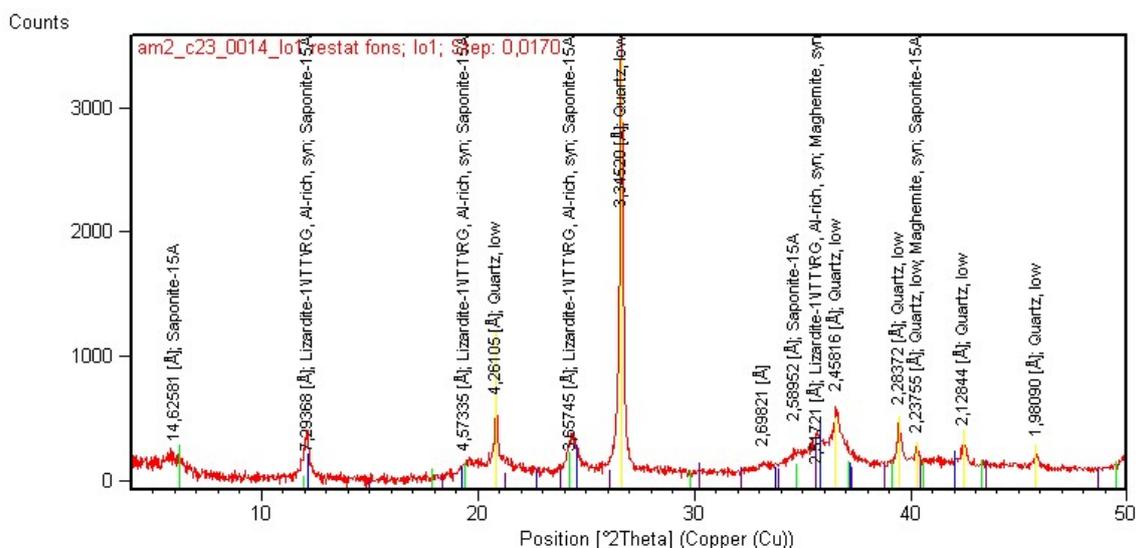


Fig. 5.13. Espectro de DRX de la saprolita limonitizada, donde se analizó: saponita (línea verde), Lizardita (línea azul), cuarzo (línea amarilla) y maghemita (línea púrpura)

5.2.- Perfil fértil (sondeo 954-0307)

Este sondeo representa al perfil laterítico fértil, las concentraciones de Ni superan al 1.2% llegando a valores de 3.1%. El sondeo es de 45 m. Se divide en tres zonas según la mineralogía del perfil laterítico: protolito, saprolita s.s y saprolita limonitizada

Protolito. Las muestras de mano son masivas, de color gris y/o ocre con pátinas verdes y negras y corresponden a profundidades superiores a 30 m. Las muestras están muy serpentinizadas, y no se han observado minerales ígneos primarios. Presentan una marcada foliación, definida por los granos de lizardita, el cual es el mineral más abundante. Se observan vetas rellenas de lizardita. Algunos granos de ortopiroxeno conservan su foliación (Fig. 5.14).

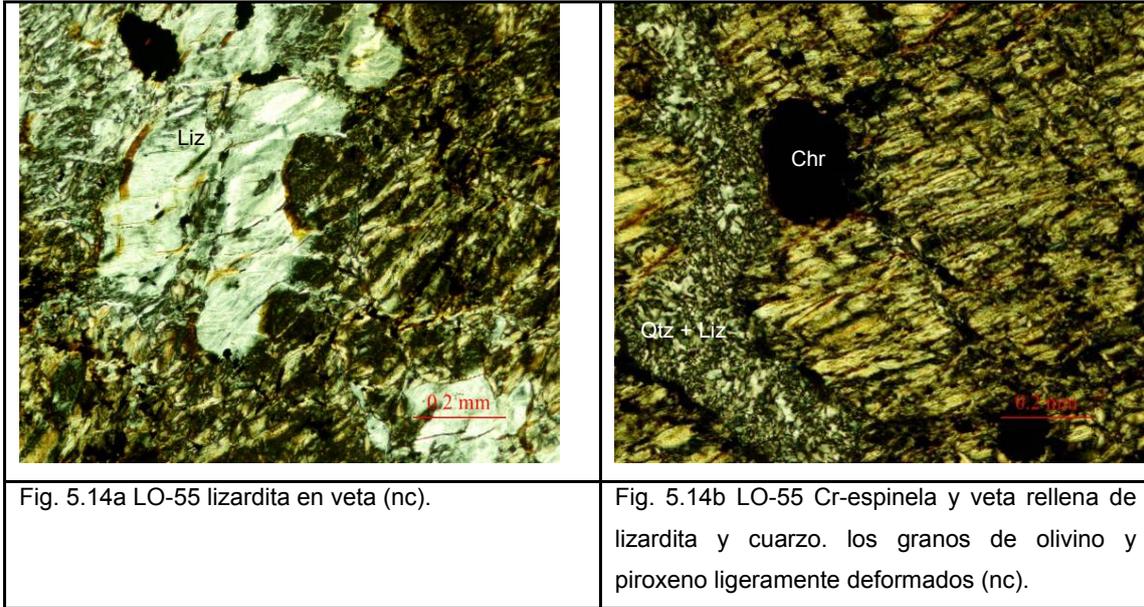


Fig. 5.14a LO-55 lizardita en veta (nc).

Fig. 5.14b LO-55 Cr-espinela y veta rellena de lizardita y cuarzo. los granos de olivino y piroxeno ligeramente deformados (nc).

El espectro de difracción de rayos X (Fig. 5.15) de muestras de esta zona permite identificar lizardita como fase abundante acompañado de maghemita como fase mineral minoritaria.

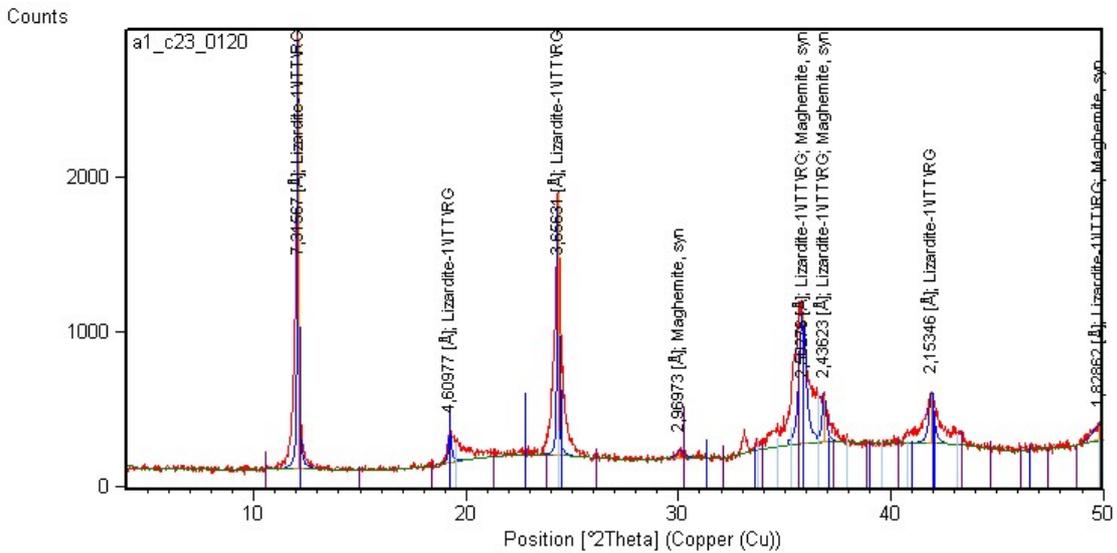
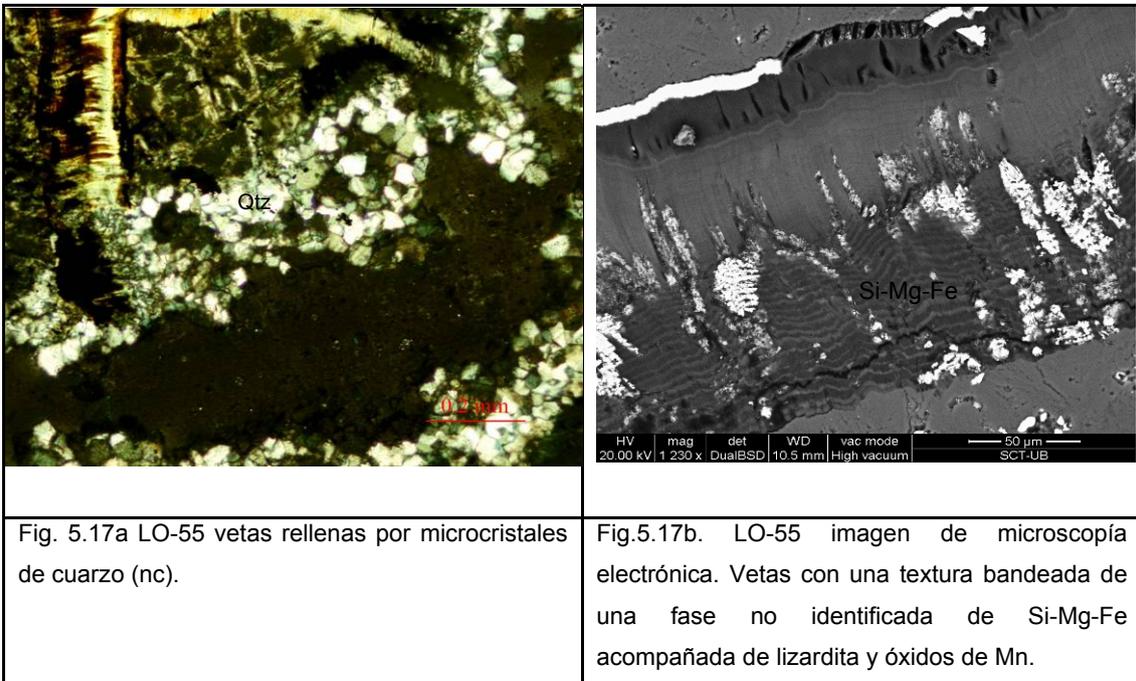
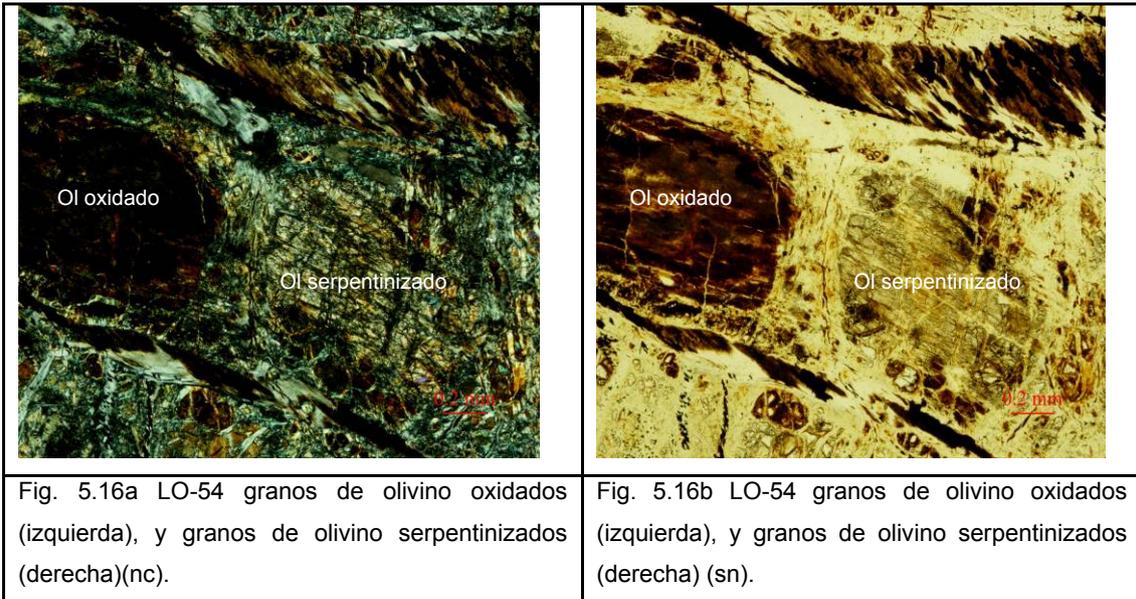
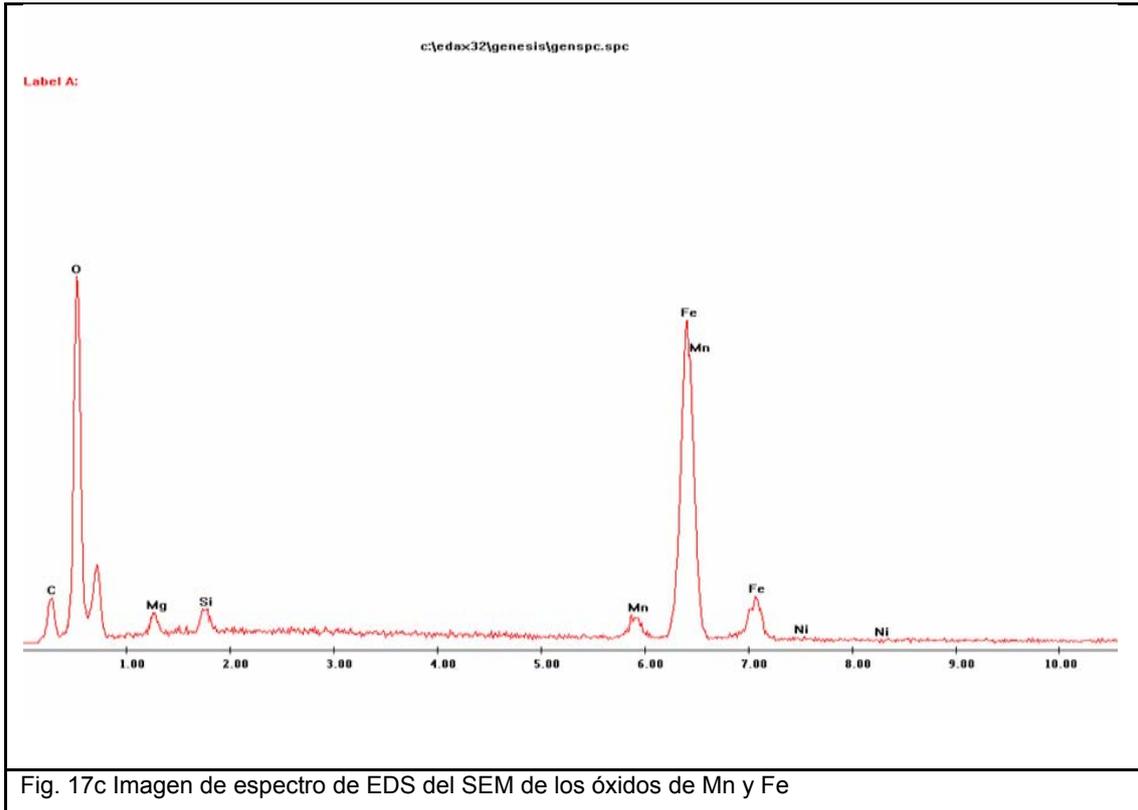


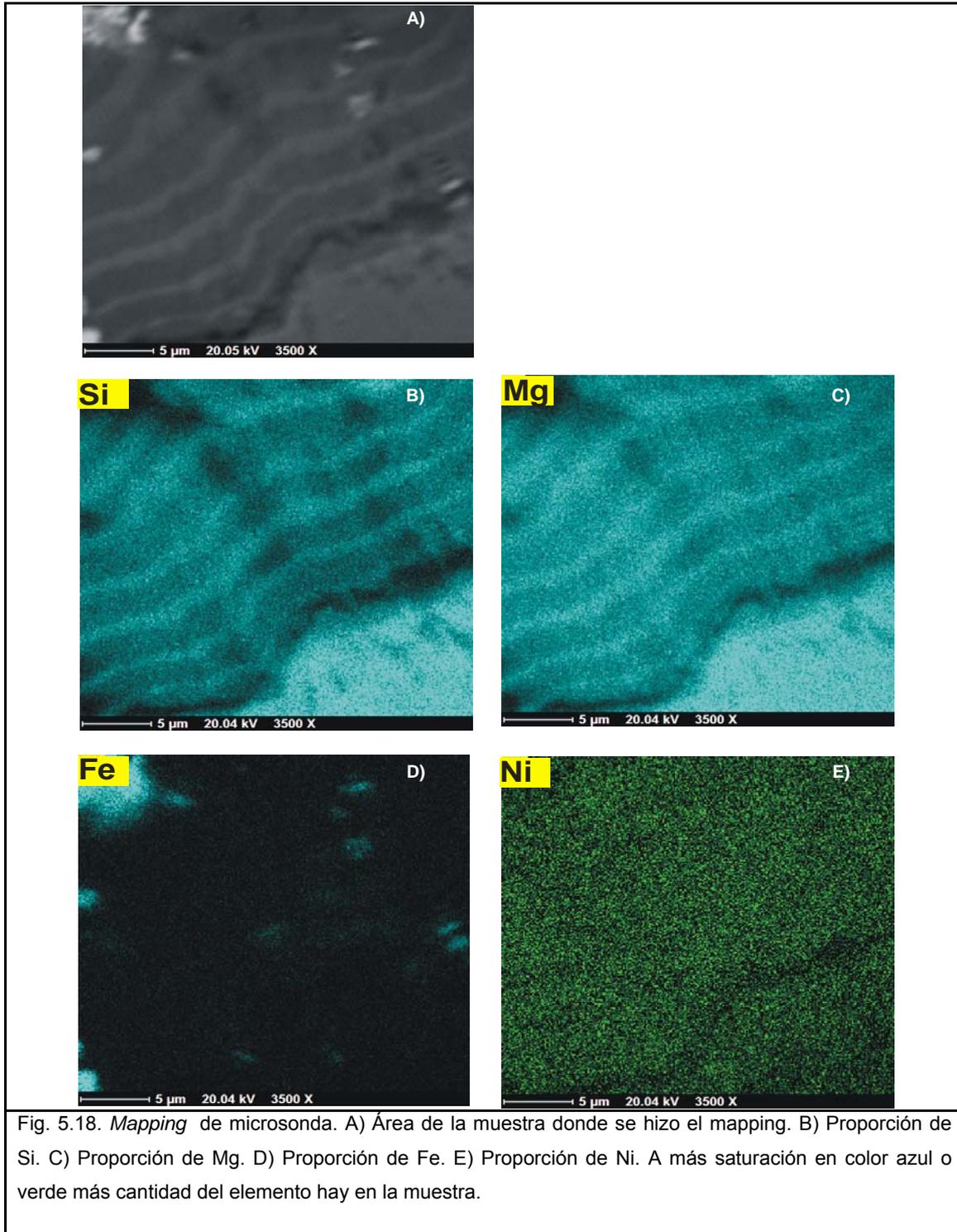
Fig. 5.15. Espectro DRX del protolito donde se analizó: lizardita (línea azul) y maghemita (línea púrpura).

Saprolita s.s. Muestras entre 5 y 15 metros del sondeo. Las muestras de roca son menos compactas y más terrosas, de color ocre con pátinas verdes y negras. En esta zona se encuentran olivinos alterados a lizardita y a óxidos de Fe (Fig. 5.16 a y b). Se encuentran vetas rellenas por cuarzo microcristalino. También se observa una fractura con un bandeado formado por una fase hidratada, no identificada, de Si-Fe-

Mg acompañada de óxidos de hierro y manganeso (Fig. 5.17a, b y c). Con el objetivo de conseguir un análisis cuantitativo de los elementos químicos presentes en este bandeado se realizó un *mapping* de rayos X con la microsonda de: Mg, Si, Fe y Ni (Fig. 5.18), se puede observar que el bandeado es producto de los contenidos de Mg y Si. Este tipo de zonación dentro de vetas es similar al producido por mecanismo de “crack-seal” (Andreani et al, 2004).







Las fases minerales identificadas mediante la DRX (Fig. 5.19) son: cuarzo y lizardita en mayor proporción y goethita con maghemita en menor cantidad.

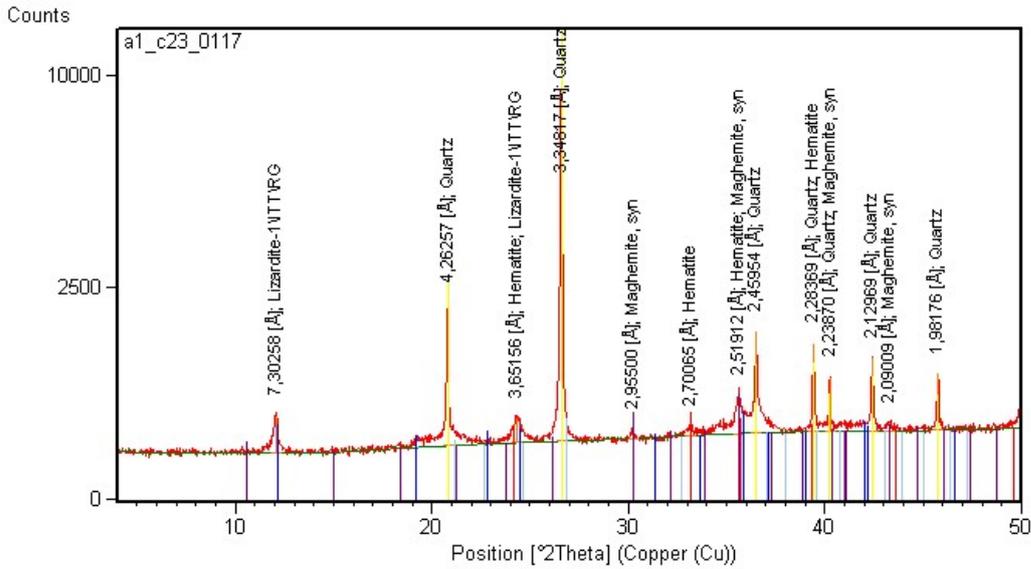
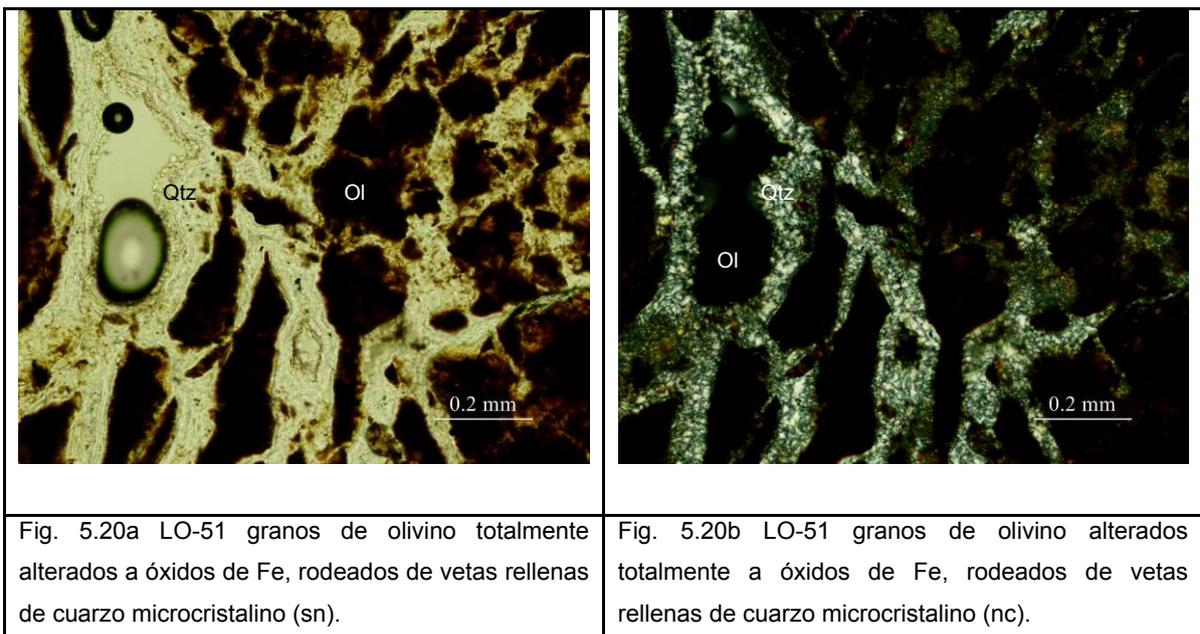


Fig. 5.19. Espectro de DRX de la zona mineralizada donde se analizó: lizardita (línea azul), cuarzo (línea amarilla), hematitas (línea roja) y maghemita (línea púrpura).

Saprolita limonitizada. Los resultados corresponden a muestras de menos de 5m de la superficie. Se aprecian vetas rellenas de cuarzo que cortan los granos de olivino totalmente alterados a goethita. El cuarzo se encuentra en el relleno de vetas formando textura *boxwork* (Fig. 5.20a y b). Como mineral accesorio se sigue encontrando Cr-espínela, con morfología euédrica. En las vetas mediante las imágenes de microscopía electrónica y los análisis de EDS se observa que están rellenas de óxidos de Fe, Ni y Mn (Fig. 5.21a, b y c).



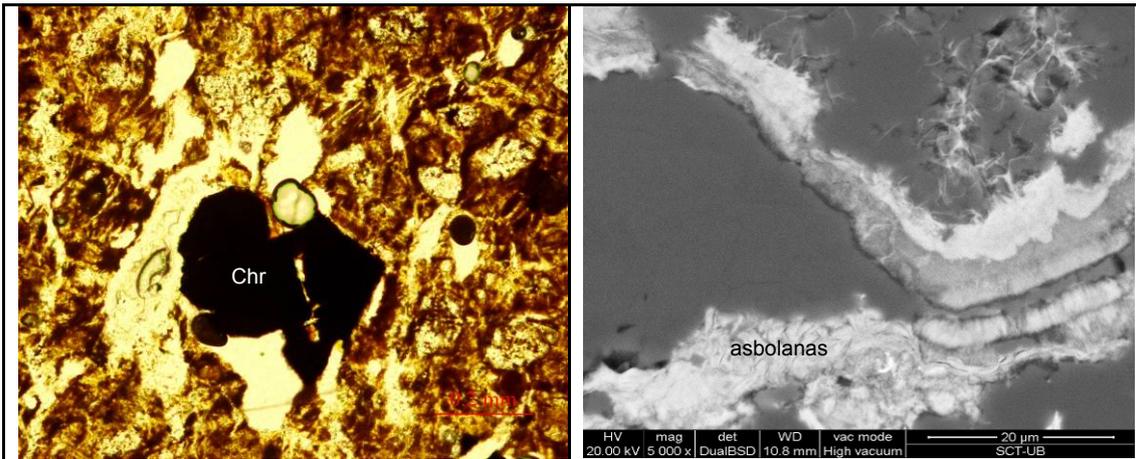


Fig. 5.21a LO-51 granos euédricos de Cr-spinela rodeados de olivinos alterados totalmente a óxidos de Fe. (sn)

Fig. 5.21b LO-51 imagen de microscopía electrónica de vetas rellenas de óxidos de Fe y Mn.

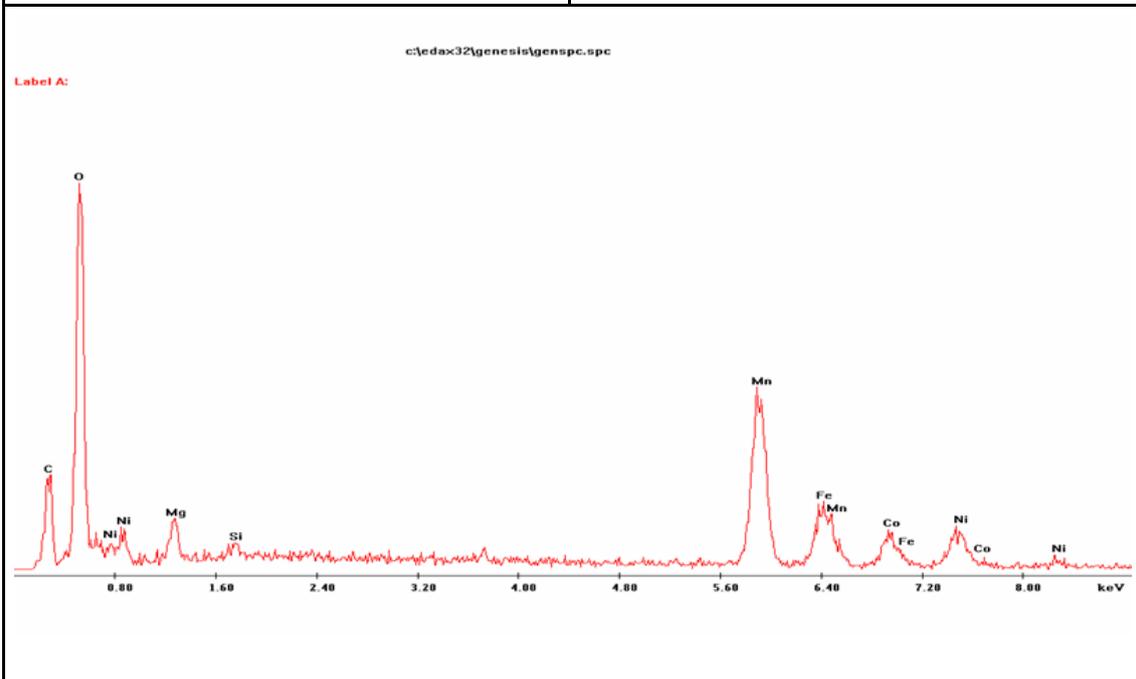


Fig. 21c Espectro EDS de las vetas rellenas de óxidos de Mn y Fe.

En el análisis mineralógico mediante difracción de rayos X de las muestras de la saprolita limonitizada (Fig. 5.22) se observa la presencia de: cuarzo 71.5(19)%, goethita 26.0(19)%, maghemita 1.47(24)% y hematites 1.07(39)%, en peso. Ha sido necesario realizar un ajuste del perfil de difracción, con el método de Rietveld y el programa Topas, para identificar y cuantificar correctamente las fases minerales presentes. La goethita es una fase mineral abundante muy poco cristalina que únicamente se ha podido identificar al realizar el ajuste del perfil de difracción. En el análisis se ha determinado los parámetros de celda del cuarzo $a=4.91596$ (11),

c=5.40775 (18) Å, grupo espacial P3₂21 con tamaño de partícula 450 nm, la goethita, a=9.9949 (88) , b=3.0270 (24) y c=4.6150(42) Å, grupo espacial Pnma y que el tamaño de los cristales es muy pequeño (12nm). La hematites, a=5.0256 (85), c=13.792(29) Å, R3c y tamaño de partícula 40 nm y la maghemita, a=8.3435(19) Å, P4₃32 y tamaño de partícula 103 nm son fases muy poco abundantes.

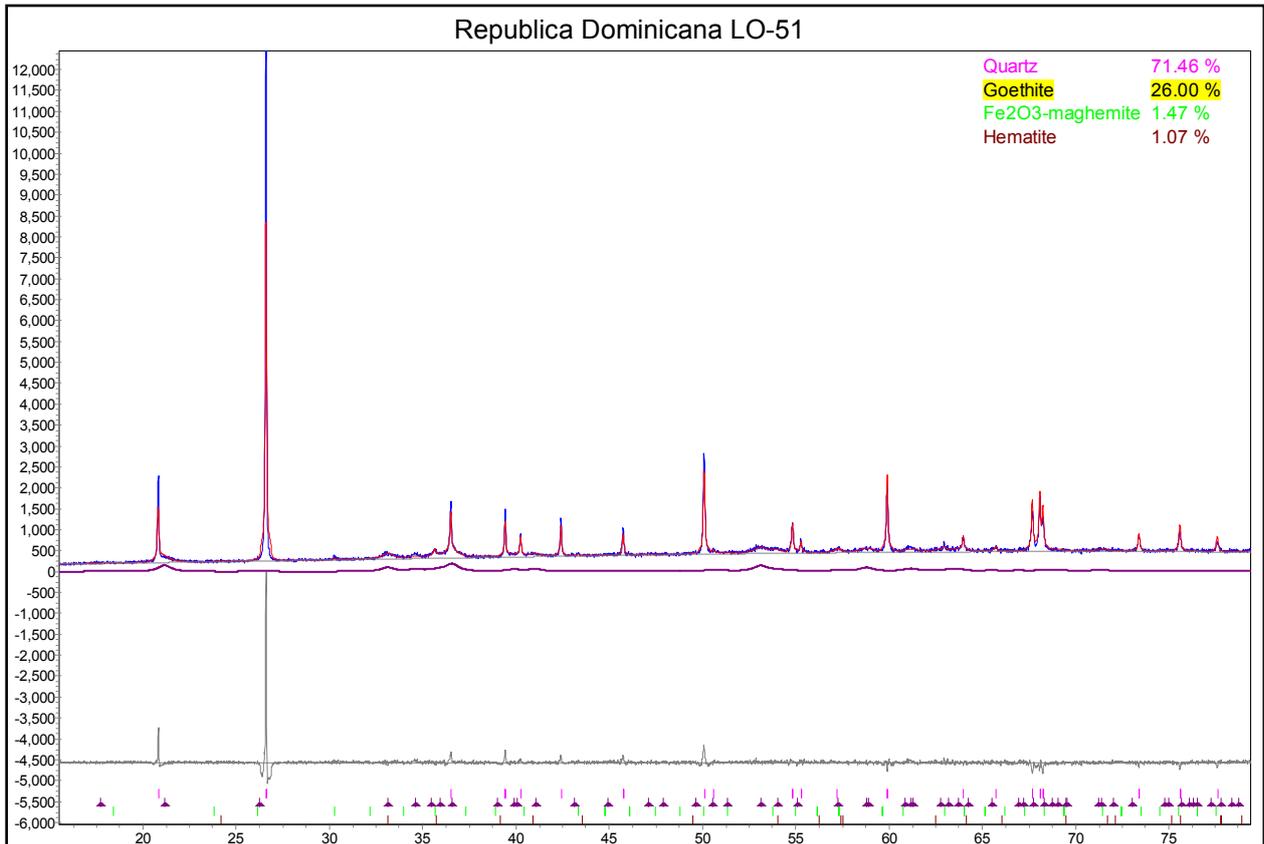


Fig. 5.22. Perfil de difracción de rayos X ajustado por el Método de Rietveld con el programa Topas. En azul perfil experimental, en rojo perfil calculado, en lila perfil calculado de la goethita, en la parte inferior la diferencia entre el perfil experimental y el perfil calculado. En la parte superior derecha aparece el valor del análisis cuantitativo para las fases minerales. (análisis realizado por el Dr. Salvador Galí del Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales).

En la tabla (Fig. 5.23) se presentan las diferentes fases minerales en base a la zona del perfil laterítico y al sondeo al que pertenecen.

La parte superior de los dos perfiles lateríticos corresponde a la saprolita limonitizada. En los dos sondeos hay gran abundancia de cuarzo, las muestras están muy silicificadas como ha podido observarse en el estudio mediante el microscopio óptico. En el perfil estéril, además, las muestras presentan lizardita y una esmectita

rica en hierro. En el perfil fértil hay goethita junto con pequeñas cantidades de hematites y maghemita.

En la zona saprolítica del sondeo fértil (954-0307) se observa la presencia de lizardita que va aumentando con la profundidad del sondeo y disminuyendo la cantidad de goethita. Las muestras de esta parte del sondeo ya no están silicificadas. En el perfil estéril (969-0303) la proporción de cuarzo y de la esmectita van disminuyendo con la profundidad del sondeo y aumenta la proporción de lizardita.

La lizardita es la fase mineral dominante en las muestras del sondeo en la zona del protolito en ambos tipos de perfiles.

Fig. 5.23. Tabla-resumen de las fases minerales encontrados con DRX en los dos sondeos.

		SONDEO 969-0303									SONDEO 954-0307				
		Qtz	Lz	Fe-Sm	Mgh	Hem	Mg-Chr	Fo			Gt	Lz	Mgh	Qtz	Hem
Saprolita limonitizada	LO-1	xxx	x	xx					Saprolita limonitizada	LO-51	xx		x	xxx	x
	LO-2	xxx	x	xx			x								
	LO-4	xx	x	xx	x										
	LO-5	xx	x	xx	x										
	LO-6	xx	x	xx	x										
		Qtz	Lz	Fe-Sm	Mgh	Hem	Mg-Chr	Fo			Gt	Lz	Mgh	Qtz	Hem
Saprolita superior	LO-9	x	xx	x					Saprolita ss	LO-52	xx	x	x		
	LO-13	x	xx	x						LO-53	xx	xx	x		
	LO-15	x	xx	x		x				LO-54	x	xx	x		
	LO-16	x	xx	x		x									
Saprolita inferior	LO-19		xx	x				x							
		Qtz	Lz	Fe-Sm	Mgh	Hem	Mg-Chr	Fo			Gt	Lz	Mgh	Qtz	Hem
Protolito	LO-23		xxx						Protolito	LO-55		xxx	x		

x: poco abundante o fases minerales accesorias. xx: abundante. xxx: muy abundante.

6. QUÍMICA MINERAL

6.1.- Cr-espínela

Las Cr-espínelas analizadas, preservan zonas inalteradas en los centros de los granos. Los contenidos de SiO₂, Tabla 1 de Fig. 6.1, son invariablemente bajos (< 0.2 % en peso) y no se correlacionan con el contenido de los otros óxidos mayores en la Cr-espínela. Sólo los análisis realizados en estos núcleos de granos homogéneos han sido considerados para la interpretación de la Cr-espínela ígnea primaria.

La composición de la Cr-espínelas analizadas es remarcablemente homogénea en términos de #Cr [Cr/(Cr+Al)] y #Mg [Mg/(Mg+Fe²⁺)] (Fig. 6.2). El #Cr varía entre 0.87 y 0.90, correspondiendo a contenidos de Cr₂O₃ entre 60.40 y 63.9 % en peso, y de Al₂O₃ entre 4.7 y 6.1 % en peso. El #Mg oscila entre 0.44 y 0.50.

Tabla 1 de la Fig. 6.1.- Datos de la composición química de Cr-espínela de Loma Ortega. (Consultar los anexos la totalidad de los datos)

Chr	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3(c)	FeO	V2O3	MnO	MgO	ZnO	NiO	CoO	Sum Ox%
LO-2	0,10	0,04	6,00	62,45	1,87	21,27	-	0,44	7,34	-	0,04	0,05	99,60
LO-4	0,11	0,03	5,32	63,14	1,37	23,18	-	0,51	6,05	-	0,03	0,03	99,77
LO-16	0,03	0,04	5,29	63,50	1,56	21,33	0,24	0,37	7,16	0,23	0,03	0,01	99,82
LO-21	0,06	0,02	4,94	63,30	2,12	21,52	0,17	0,45	6,95	0,15	0,09	0,06	99,83
LO-53	0,05	0,05	5,81	62,49	1,90	21,20	0,21	0,36	7,25	0,29	0,01	0,06	99,66

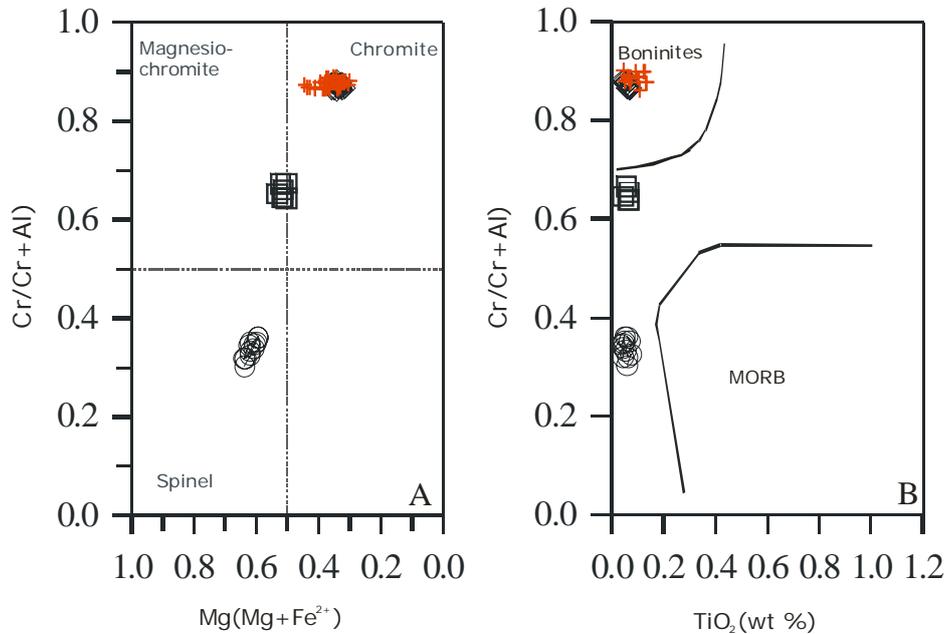


Fig. 6.2. #Cr [Cr/(Cr+Al)] vs. #Mg [Mg/(Mg+Fe)] en la Cr-espínela accesoria (los puntos rojos pertenecen a análisis de Loma Ortega). Los campos composicionales de las Iherzolita, harzburgita y dunita de las peridotitas de Loma Caribe también son mostrados, a manera de comparación (Proenza *et al.*, 2007).

6.2.- Olivino

Los contenidos de forsterita [$100(\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}))$] varía entre 81.5 y 86.9, mientras que los contenidos de Ni analizados varían entre 0.1 y 0.47 % en peso, Fig. 6.3.

Tabla 1 de Fig 6.3.- Composición química de olivino de Loma Ortega. (Consultar los anexos la totalidad de los datos)

Olivino	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Sum Ox%
Sondeo 969-0303										
LO-19	41,14	0,00	0,02	0,02	8,36	0,12	50,22	0,00	0,36	100,26
LO-21	41,05	0,00	0,00	0,02	7,77	0,11	51,92	0,01	0,47	101,35

6.3.- Serpentina

Las serpentinas pobres en Ni (sondeo 969-0303) tienen contenidos de Ni entre 0.04 y 0.30 % en peso, de FeO entre 2.10 y 10 % en peso, y de Al₂O₃ entre 0.01 y 0.08% en peso. En cambio, las serpentinas níquelíferas (sondeo 954-0307) tienen contenidos de Ni entre 0.5 y 1.44 % en peso, de FeO entre 2.3 y 2.51 % en peso, y de Al₂O₃ entre 0.02 y 0.07 % en peso, Fig. 6.4.

Tabla 1 de Fig. 6.4.- Composición química de lizardita de Loma Ortega. (Consultar los anexos la totalidad de los datos)

lizardita	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	NiO	Na ₂ O	MnO	K ₂ O	H ₂ O(c)	Sum Ox%
Sondeo 969-0303													
LO-4	45,20	0,00	0,02	0,01	2,01	39,68	0,01	0,10	0,00	0,01	0,00	13,02	100,05
LO-10	40,90	0,01	0,00	0,02	6,02	37,08	0,06	0,69	0,01	0,10	0,00	12,39	97,27
LO-19	42,14	0,02	0,01	0,03	3,92	40,42	0,00	0,26	0,00	0,04	0,00	12,79	99,64
LO-21	41,37	0,00	0,00	0,01	4,79	40,40	0,02	0,29	0,00	0,05	0,00	12,74	99,66
Sondeo 954-0307													
LO-53	44,45	0,02	0,07	0,05	2,55	38,80	0,04	1,00	-	0,04	0,03	12,91	99,92

6.4.- Fases hidratadas de Si-Mg-Fe

Las fases hidratadas de Si-Mg-Fe tienen contenidos de SiO₂ entre 26.68 y 50.22% en peso, de MgO entre 10 y 30.4% en peso, de FeO entre 3.5 y 58.21% y de Ni entre 0.04 y 0.54% en peso, Fig. 6.5.

Tabla 1 de Fig. 6.5.- Composición química de las fases de Mg-Fe-Si de Loma Ortega. (Consultar los anexos la totalidad de los datos)

Fases Mg-Fe-Si	Mg Ox%	Si Ox%	Ca Ox%	Ti Ox%	Cr Ox%	Mn Ox%	Fe Ox%	Co Ox%	Ni Ox%	Sum Ox%
Sondeo 969-0303										
LO-2	23,58	44,89	0,01	0,00	0,06	0,01	2,47	0,05	0,71	71,91
LO-10	32,35	42,15	0,05	0,02	0,08	0,03	5,59	0,01	0,78	81,06
LO-16	0,44	0,22	0,00	0,03	0,00	0,01	91,98	0,08	0,04	92,84
LO-19	21,67	52,22	0,18	0,00	0,00	0,01	8,72	0,02	0,43	83,43

6.5.- Esmectita

La esmectita rica en Fe, tiene contenidos de SiO₂ entre 31 y 44.89%, de MgO entre 27.5 y 28.69%, de FeO entre 2.47 y 3.10%, de Al₂O₃ 0.13% y de NiO entre 0.67 y 0.85%.

6.6.- Fases de Mn

Los óxidos de Mn analizados en ambos perfiles presentan altos contenidos de Co (6.5 % en peso), y de Ni (hasta 16 % en peso). Los contenidos de MnO₂ varían entre 30 y 53 % en peso, y los de Al₂O₃ son extremadamente bajos (< 0.30 % en peso) Fig. 6.6. Estas composiciones son características de asbolanas ricas en Ni (Fig. 6.6).

Tabla 1 de Fig.6.6.- Composición química de óxidos de Mn de Loma Ortega. (Consultar los anexos la totalidad de los datos)

Ox. de Mn	Mg Ox%	Al Ox%	Si Ox%	K Ox%	Ca Ox%	Ti Ox%	Cr Ox%	Mn Ox%	Fe Ox%	Co Ox%	Ni Ox%	Sum Ox%
Sondeo 969-0303												
LO-4	10,84	0,28	11,23	0,00	0,98	0,02	0,08	27,98	10,35	4,06	12,53	78,41
LO-10	5,98	0,00	4,92	0,00	0,08	0,05	0,06	11,46	59,31	0,08	0,58	82,56
Sondeo 954-0307												
LO-51	0,00	0,03	0,59	0,06	0,04	0,00	0,04	52,82	0,19	0,48	16,06	70,81

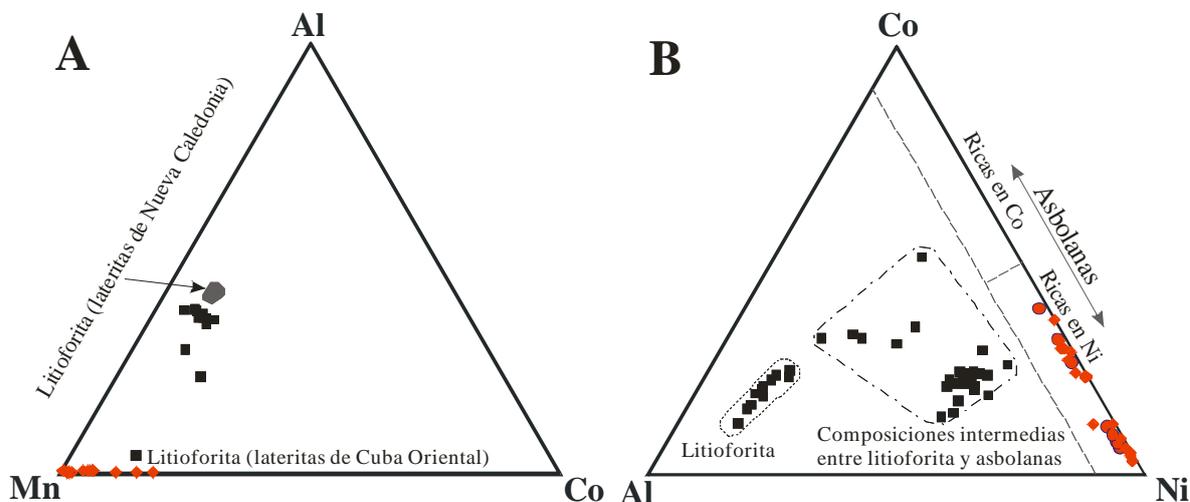


Figura 6.6. A) Composición química (en términos de Mn-Al-Co) de las asbolanas presente en el depósito de Loma Ortega (puntos rojos), a manera de comparación también se muestra el campo composicional de la litofoforita descrita en las lateritas de Nueva Caledonia (Llorca y Monchoux, 1991) y en las de Cuba Oriental (Labrador et al., 2006). B) Composición química (en términos de Al-Co-Ni) de las asbolanas analizadas e Loma Ortega. Análisis realizados mediante microsonda electrónica.

7. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

- La Cr-espinela es el único mineral ígneo primario que sobrevive a los estadios más avanzados del proceso de laterización (parte alta del perfil laterítico). Su composición química, analizada en zonas inalteradas, es un excelente indicador petrogénico que nos permite conocer el tipo de peridotita (roca madre) a partir de la cual se desarrolló el perfil meteorización.

- En los dos perfiles estudiados no aparece la zona limonítica ss, de aspecto terroso y poco consolidado, y dominada por oxihidróxidos de Fe. Las muestras estudiadas de las partes más superiores de los dos perfiles son compactas con una débil película ocre y con restos de fragmentos de color amarillo claro. Éstas se corresponden con el denominado horizonte de saprolita fina o saprolita limonitizada.

- En el sondeo fértil (sondeo 954-0307) la principal fase portadora de Ni es la lizardita ($\text{NiO} > 1\%$ en peso) que se encuentra en la zona de saprolita ss, junto con la goethita que va su porcentaje disminuyendo con la profundidad. En todo el fértil no se ha detectado la presencia de esmectitas. El perfil puede ser clasificado como tipo silicato hidratado.

- En el perfil estéril (sondeo 969-0303) las fases analizadas que tienen contenidos significativos de Ni son: la asbolana y la esmectita rica en hierro (hasta 1.7% en peso de NiO). La esmectita rica en hierro se encuentra rellenando vetas en la saprolita limonitizada y en la saprolita superior, en la parte alta del perfil laterítico. La composición química de esta fase (ver anexos) es: 25.75%Si, 9.50% Al, 34.35% Fe, 1.9% Mg, valores muy similares a los descritos por Gaudin et al., (2004) en el estudio de esmectitas férricas del depósito Murin Murrin (Western Australia) que se forman por reemplazamiento de granos serpentinizados de forsterita o aparecen rellenando vetas previas. Concretamente nuestros análisis coinciden mejor con las esmectitas de vetas descritas por Gaudin et al. (2004). Por otra parte, en el perfil estéril la lizardita producto de la alteración del olivino no contiene Ni. Además, no se han detectado proporciones modales significativas de goethitas y litioforita en las muestras analizadas, únicamente pequeñas cantidades de maghemita, hematites, las cuales no contienen Ni. Todas estas características, sobre todo la presencia de esmectita a lo largo de todo el perfil de meteorización, sugiere que el denominado perfil estéril se corresponde más con un perfil tipo arcilla que con un perfil tipo silicato hidratado. Otro argumento a favor de

esta hipótesis, es la extensa silicificación presente a lo largo de todo el perfil estéril, característica típica de los perfiles tipo arcilla.

- En los yacimientos de lateritas niquelíferas, el Ni y el Co pueden ser incorporados en óxidos e hidróxidos de Mn (Elias et al., 1981, Llorca y Monchoux, 1991). En general, en los perfiles de meteorización laterítica todos los materiales negros ricos en Mn, Co y Ni, mayoritariamente amorfos o de muy baja cristalinidad, han sido denominados “asbolanas”. Estos productos negros constituyen excelentes guías de la mineralización. Las principales fases de Mn que contienen Ni y Co en los dos perfiles estudiados son asbolanas. En cambio, la litioforita (fase de Mn-Ni-Co-Al) un mineral característico de los perfiles lateríticos tipo óxidos de Cuba Oriental (Labrador et al., 2006; 2007) no fue detectada. Por tanto, nuestros resultados sugieren que la asbolana es característica de los perfiles tipo silicato hidratado, mientras que la litioforita es característica de los perfiles tipo óxido.

8. REFERENCIAS

- Andreani, M., Baronnet, A., Boullier, A.M., Gratier, J.P. (2004). A microestructural study os a “crack-seal” type serpentine vein using SEM and Tem Techniques. *Eur. J. Mineral*, 16, pp585-595.
- Ariosa, J.D., Lavaut, W., Bergues, P.S., Díaz, R., (2003) Modelo geológico descriptivo para los yacimientos lateríticos de Fe-Ni-Co en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa de Cuba oriental. *Minería y Geología Nos- 1-2*, pp 19-36.
- Dalvi A.D., Bacon, W.G., Osborne R.C. (2004): Past and future of nickel laterite projects. In: Imrie W. P., Lane D. M. (eds.), International Nickel Laterite Symposium TMS 2004 – 133rd Annual Meeting and Exhibition, Charlotte, N. Carolina, 23.
- Elias, M. (2002): nickel laterite deposits – Geological overview, resources and exploration. En cooke, D., Pontgratz, J., eds. *Giant ore deposits. Characteristics, genesis and exploration*: CODES Special Publication 4, Hobart, University of Tasmania, 205-220.
- Elias, M., Donaldson, M.J., Giorgetta, N. (1981): Geology, mineralogy, and chemisty of lateritic nickel-cobalt deposits near kalgoorlie, Western Asutralia. *Economic Geology*, 76, 1775-1783.
- Freyssinet, Ph., Butt, C.R.M., Morris, R.C., Piantone, P. (2005). One-forming processes related to latheritic Weathering. *Society of Economic Geologist, Inc. Economic Geology 100th Aniversary Volume*. pp 681-722.
- Gaudin, A., Grauby, O., Noack, Y., Decarreau, A., Petit, S. (2004) Accurate crystal chemistry of ferric smectites from the lateritic nickel ore of Murrin Murrin (Western Asutralia). I. XRD and multi-scale chemical approached. *Clay Minerals*, 39, 301-315.
- Gleeson S. A., (2005). Nickel laterites through geological time. Salt Lake City Annual Meeting (October 16–19, 2005)
- Gleeson S. A., Butt C. R. M., Elias M. (2003) Nickel laterites: A review. *SEG Newsletter* 54, 11-18.
- Gleeson, S.A., Herrington, R.J., Durango, J., Velázquez, C.A., Koll, G. (2004): The mineralogy and geochemistry of de Cerro Matoso S.A. Ni laterite deposit, Montelíbano, Colombia. *Economic Geology*, 99, 1197-1213.
- Golightly J.P. (1979): Nickeliferous laterite deposits: a general description. In: Evans D. J., Shoemaker R. S., Velman H. (eds.), International Laterite Symposium, New Orleans, Society of Mining Engineers, 38-56.

- Golightly J.P. (1981): Nickeliferous laterite deposits. *Economic Geology* 75th Anniversary Volume, 710-735.
- Labrador, M., Proenza, J.A., Gali, S., Melgarejo, J.C., Tauler, E., Rojas-Purón, A., Muñoz-Gómez, N., Rodríguez-Vega, A., (2006) XXVI Reunión de la sociedad española de mineralogía.
- Lewis, J.F., Draper, G., Proenza, J.A., Espaillet, J., Jimenez. J. (2006): Ophiolite-Related Ultramafic Rocks (Serpentinites) in the Caribbean Region: A Review of their Occurrence, Composition, Origin, Emplacement and Nickel Laterite Soils. *Geologica Acta* (vol 4(1), in press).
- Lithgow. E.W., (1993). Nickel laterites of Central Dominican Republic. Part I. Mineralogy and ore dressing. The Paul E. Queneau International Symposium Extractive Metallurgy of Copper, Nickel and Cobalt Volume I: Fundamental Aspects. The Minerals, Metals & Materials Society.
- Llorca, S., Monchoux, P. (1991): Supergene cobalt minerals from New Caledonia. *Canadian Mineralogist*, 29, 149-161.
- Manceau, A., Schlegel, M.L., Musso, M., Solé, V.A., Gauthier, C., Petit, P.E. & Trolard, F. (2000): Crystal chemistry of trace elements in natural and synthetic goethite. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 64, 3643-3661.
- Mendialdua, J., Casanova, R., Rueda, F., Rodriguez, A., Mantilla, M., Quiñones, J., Alarcón, L., Escalante, E., Hoffman. P. (2003) Caracterización por XPS de lateritas estándar. *Revista mexicana de Física*. 49 suplemento, 3, pp 207-210
- Miranda, J., Miranda, J.R., Chaviano, L., (2002). Nuevo parámetro químico-mineralógico de pronóstico minero-metalúrgico, que permite el perfeccionamiento de los procesos industriales de los minerales lateríticos. *Revista Cubana de Química*. Vol. XIV, 1, pp 78-83
- Nzokwe, G.Y., Ferré, E.C., Fifarek, R., Banerjee, S.K., Dyar, M.D., Hamilton, V.E., Maurizot, P., Tessarolo, C., (2007). Laterites developed on a peridotitic bedrock and magnetic similitudes with Martian regoliths *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9
- Pelletier, B. (1996): Serpentinites in nickel silicate ore from New Caledonia. En: E.J. Grimsey i I. Neuss (eds.), Nickel'96. Conference proceedings Kalgoorlie, Australian Institute of Mining and Metallurgy, Publication Series, No. 6/96 pp. 197-205.
- Proenza, J.A., Zaccarini, F., Lewis, J.F., Longo, F., Garuti, G., (2007): Chromian spinel composition and the platinum-group minerals of the PGE-Rich Loma Peguera chromitites, Loma Caribe peridotite, Dominican Republic. *The Canadian Mineralogist*. Vol 45, pp 631-648.

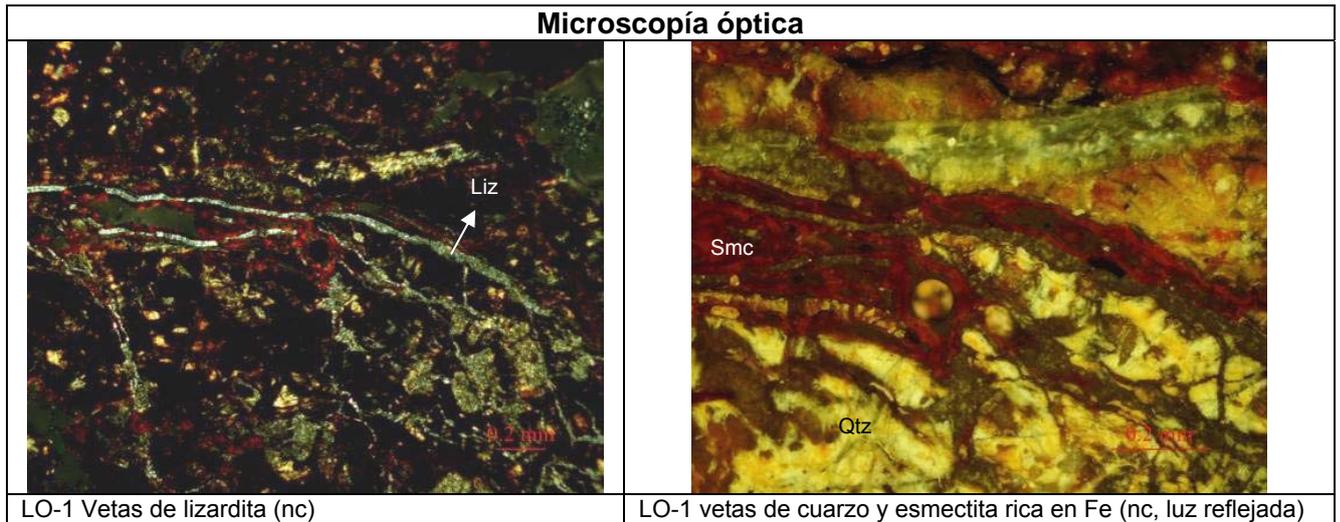
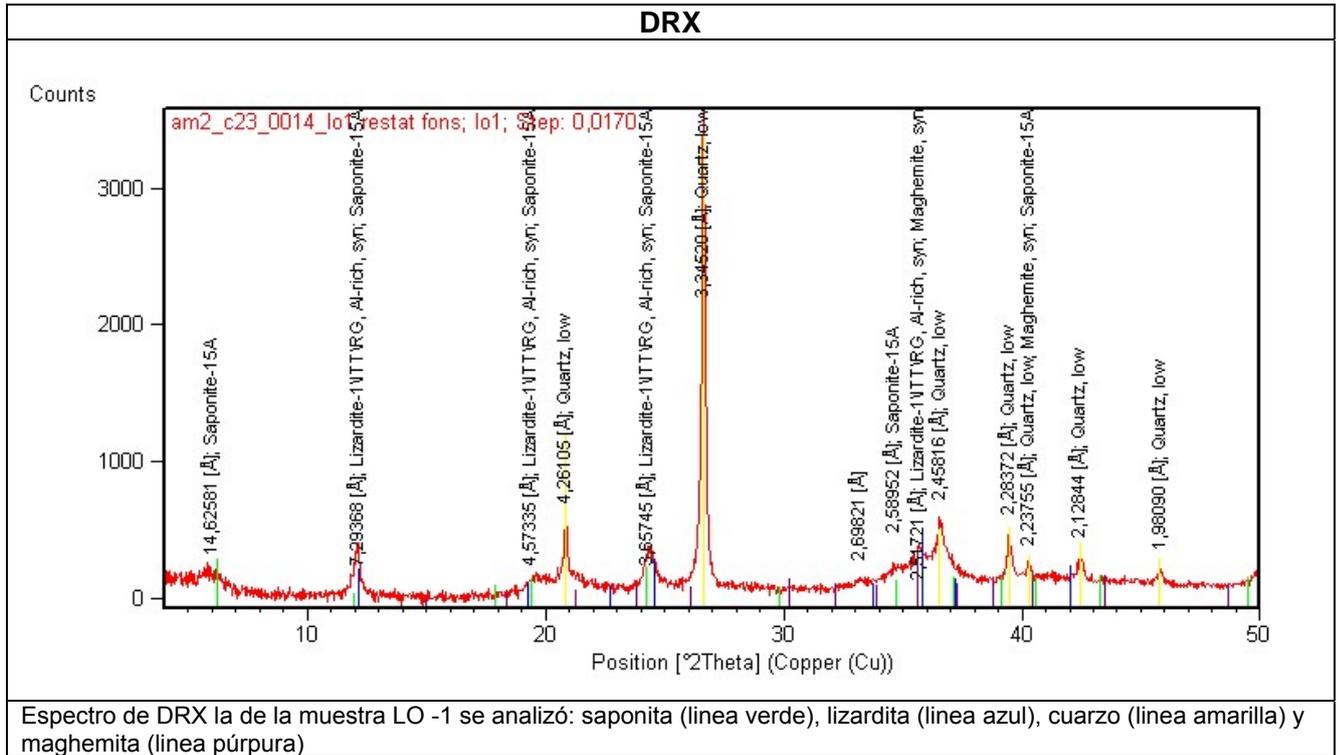
- Ramsay, J.G., (1980) The crack-seal mechanism of rock deformation. *Nature*. Vol 284, 13, pp135-139-
- Ranieri S. (2004): Nickel market dynamics. In: Imrie W. P., Lane D. M. (eds.), International Nickel Laterite Symposium TMS 2004 – 133rd Annual Meeting and Exhibition, Charlotte, N. Carolina, 3-22.
- Tauler, E., Buen, H., Proenza, J.A., Gali, S., Melgarejo, J.C., Labrador, M., Marrero, N. (2007) Tres generaciones de serpentina en el perfil laterítico níquelífero del NE de Cuba. XXVII Reunión de la sociedad española de mineralogía.
- Trescasses J.J. (1975): L'Evolution Geochimique Supergene des Roches Ultrabasiques en Zone Tropicale: Formations des Gisements Nickeliferes de Nouvelle-Caledonie. ORSTOM Mem. 78, 278 pp. Paris.
- Troly, G., Esterle, M. Pelletier, B., Reibell, W., Nickel Deposits in New Caledonia some factors influencing their formation. International Laterite Symposium
- Viruete J.E., Joubert, M., Urien, P., Friedman, R., Weis, D., Ullrich, T., Pérez-Estaún, A. (2008): Caribbean island-arc rifting and back-arc basin development in the Late Cretaceous: Geochemical, isotopic and geochronological evidence from Central Hispaniola. *Lithos*, doi:10.1016/j.lithos.2008.01.003
- di Yorio, C., Vivas, R., Rus, J., Betancourt, E. (2006). Estudio de la extracción de Ni, Co y Fe en lateritas por medio de lixiviación ácida en columnas. *Revista de metalurgia*, Vol. 42, N° 1, pp 41-48

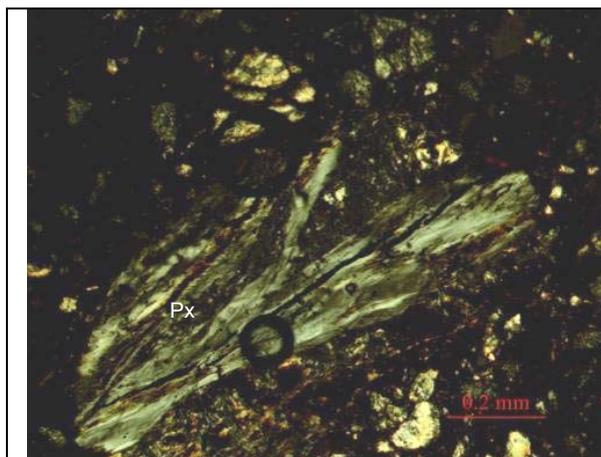
ANEXOS

	Páginas
1. Fichas resum: microscopía óptica, DRX, SEM.EDS (sondeo 969-0303).....	1
2. Fichas resumen: microscopía óptica, DRX, SEM.EDS (sondeo 9654-0307).....	16
3. Tablas: química mineral.....	24
4 Tablas: Falcondo Xstrata Nickel.....	29

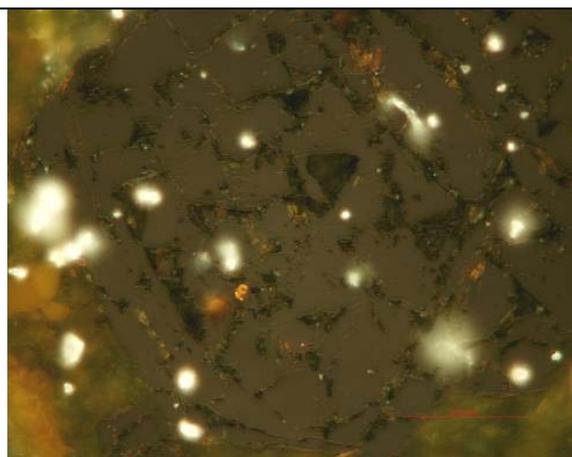
SONDEO 969-0303

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 472 560 499">Imagen de muestra de mano LO-1</p>	<p data-bbox="646 264 1070 320">Agregado terroso de color marrón-rojo. Fácilmente disgregable.</p>	<p data-bbox="1145 264 1230 291">0.5 -0.7</p>



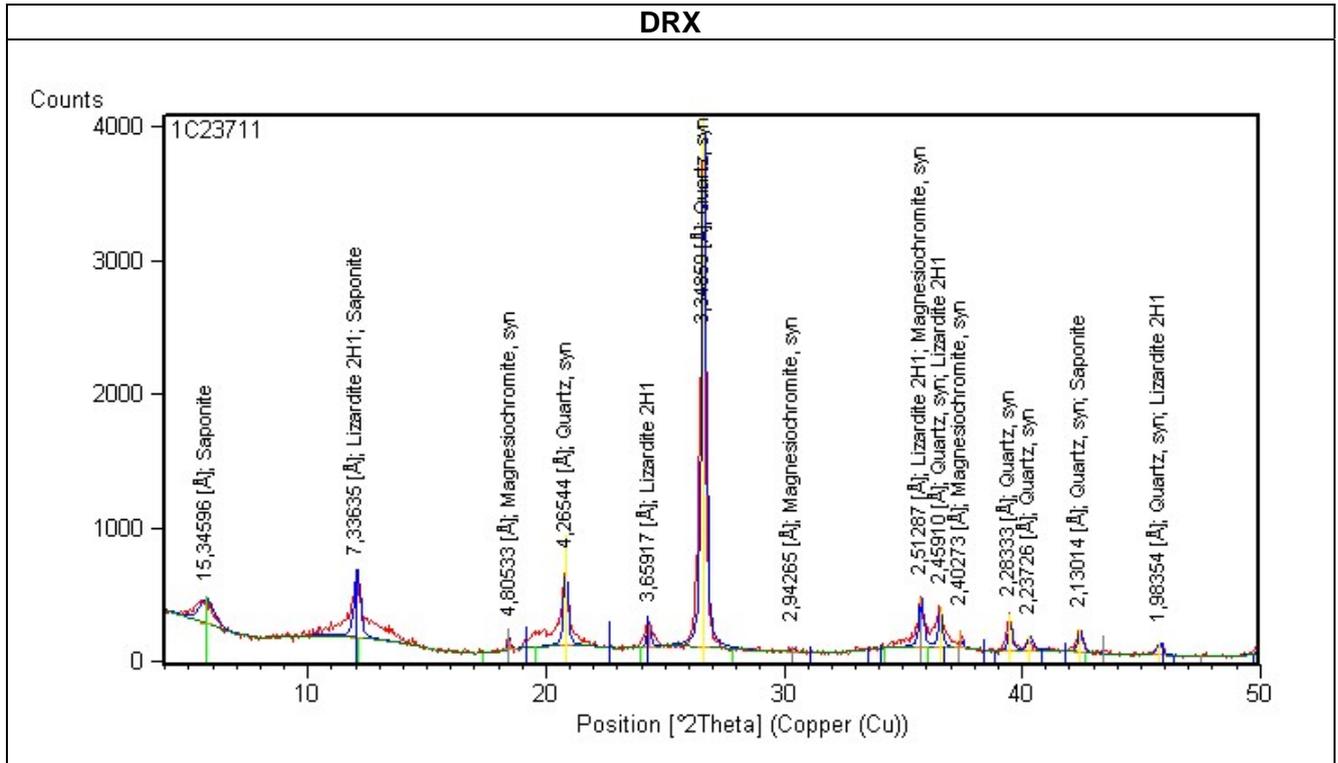


LO-1 piroxeno bastitizado (nc)

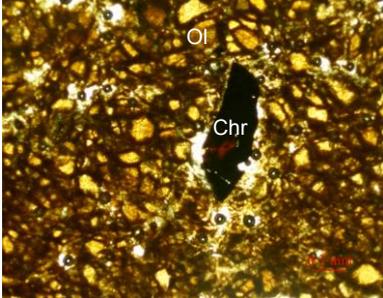


LO-1 grano de Cr-espínela con alteración de óxidos de Fe (nc, luz reflejada)

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 472 625 499">Imagen de muestra de mano LO-2</p>	<p data-bbox="644 264 1125 324">Agregado terroso de color marrón. Fácilmente disgregable.</p>	<p data-bbox="1144 264 1497 293">0.8-0.95</p>



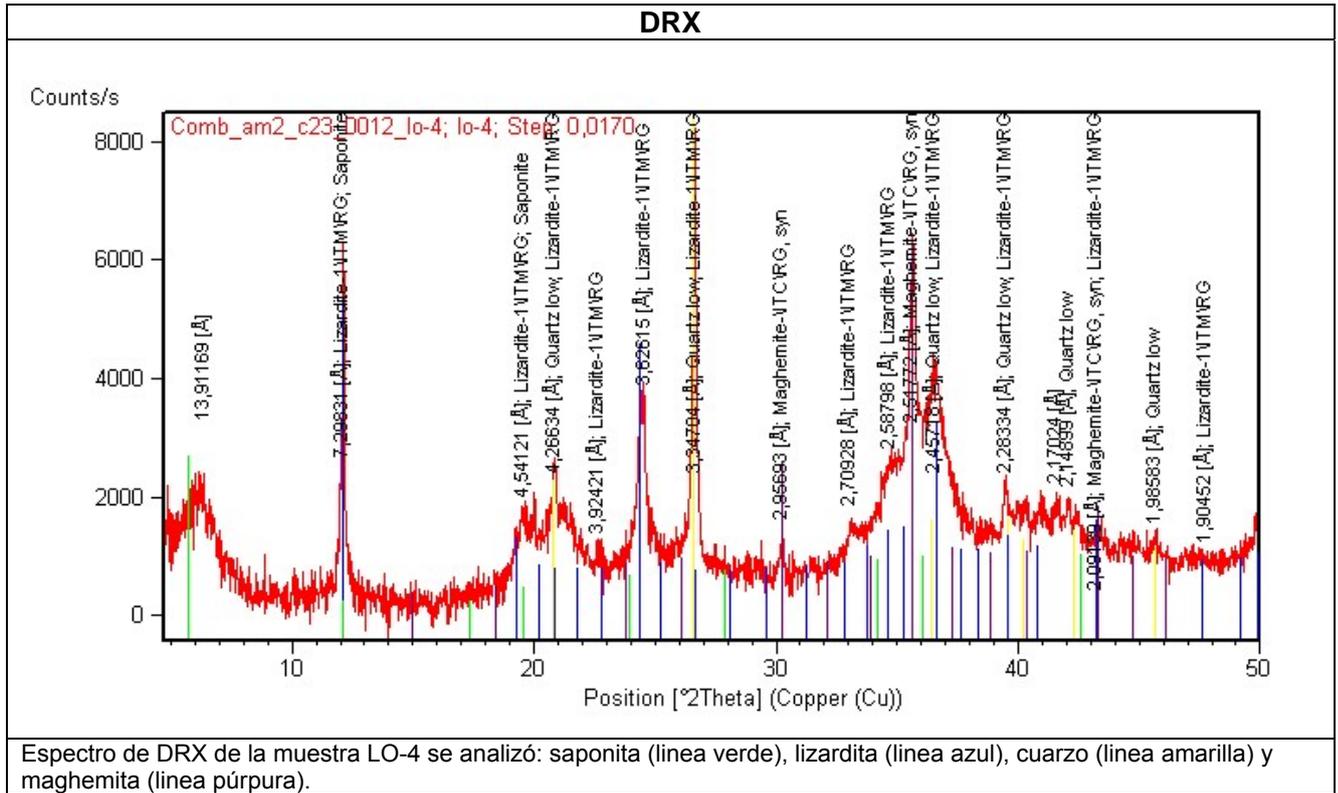
Espectro de DRX la de la muestra LO -2 se analizó: saponita (línea verde), lizardita (línea azul), Mg-cromita (línea gris) y cuarzo (línea amarilla).

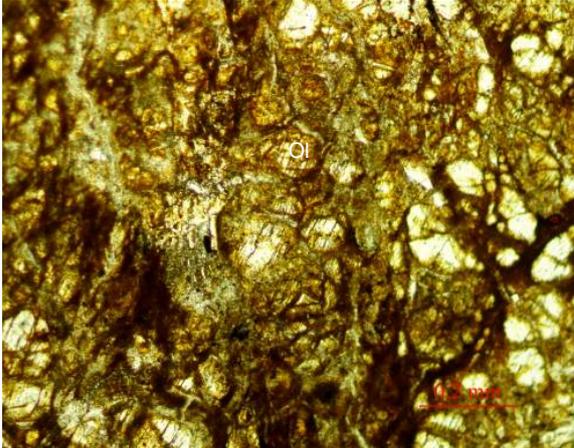
Microscopía óptica		
		
<p data-bbox="188 1727 625 1809">LO-2 granos de olivino alotriomorfos alterados a óxidos de Fe y Cr-espinela hipidiomórfica (sn)</p>	<p data-bbox="644 1727 1034 1787">LO-2 vetas de color rojo rellenas de esmectita rica en Fe (sn)</p>	<p data-bbox="1053 1727 1497 1756">LO-2 lizardita relleno de vetas (nc)</p>

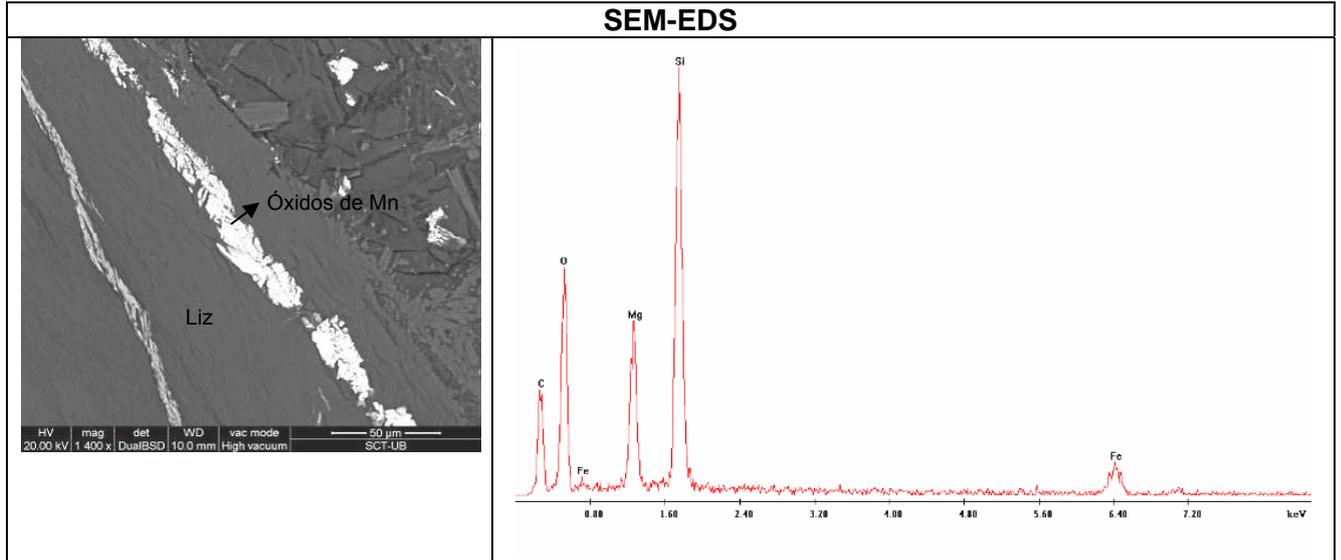
SEM-EDS	
<p>LO-2 grano de Cr-espínela fracturado y alterado a ferricromita por los bordes y fracturas y en el borde superior presencia de "awaruita."</p>	<p>espectro EDS de la zona alterada a ferricromita del grano de Cr-espínela</p>
<p>LO-2 vetas cruzadas de máximo 0.5mm de ancho rellenas de esmectita Fe</p>	<p>espectro EDS de esmectita Fe</p>

Microsonda electrónica		
<p>LO-2 grano idiomórfico pseudo-hexagonal de Cr-espínela</p>	<p>LO-2 grano muy fracturado de Cr-espínela alterado a ferricromita</p>	<p>LO-2 veta de 300µm de ancho con esmectita Fe</p>

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 477 563 504">Imagen de muestra de mano LO-4</p>	<p data-bbox="675 264 1046 322">Agregado terroso de color marrón. Fácilmente disgregable.</p>	<p data-bbox="1153 264 1235 291">2.5-2.7</p>

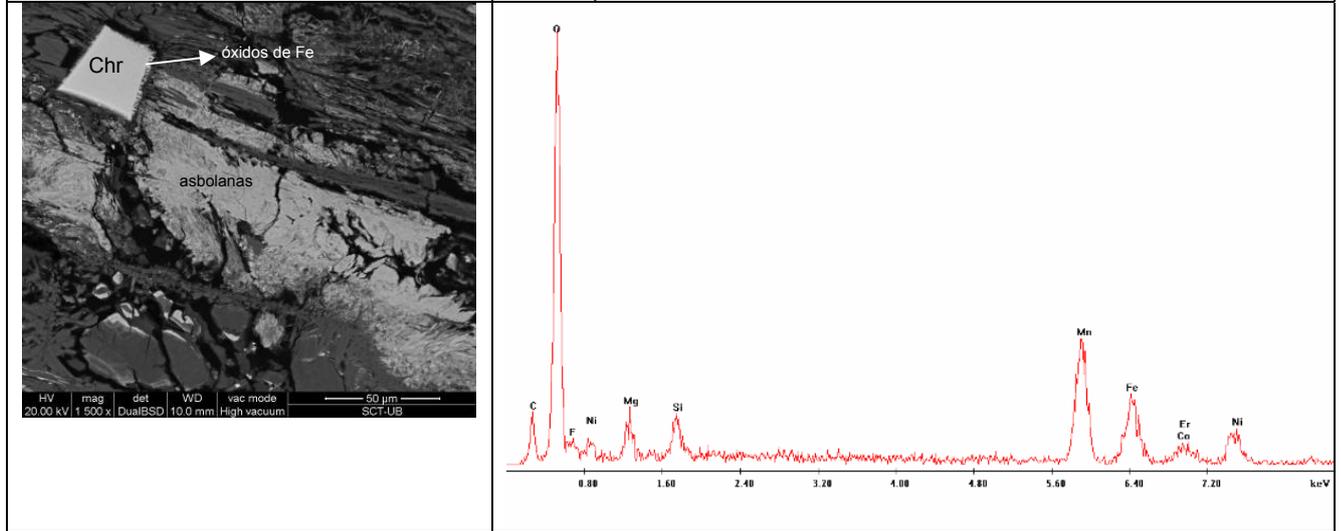


Microscopía óptica	
	
<p data-bbox="188 1852 837 1904">LO-4 granos alotriomórficos de olivino alterados a óxidos de Fe (sn)</p>	<p data-bbox="869 1852 1497 1881">LO-4 lizardita relleno de vetas de 0.2mm de ancho (nc)</p>



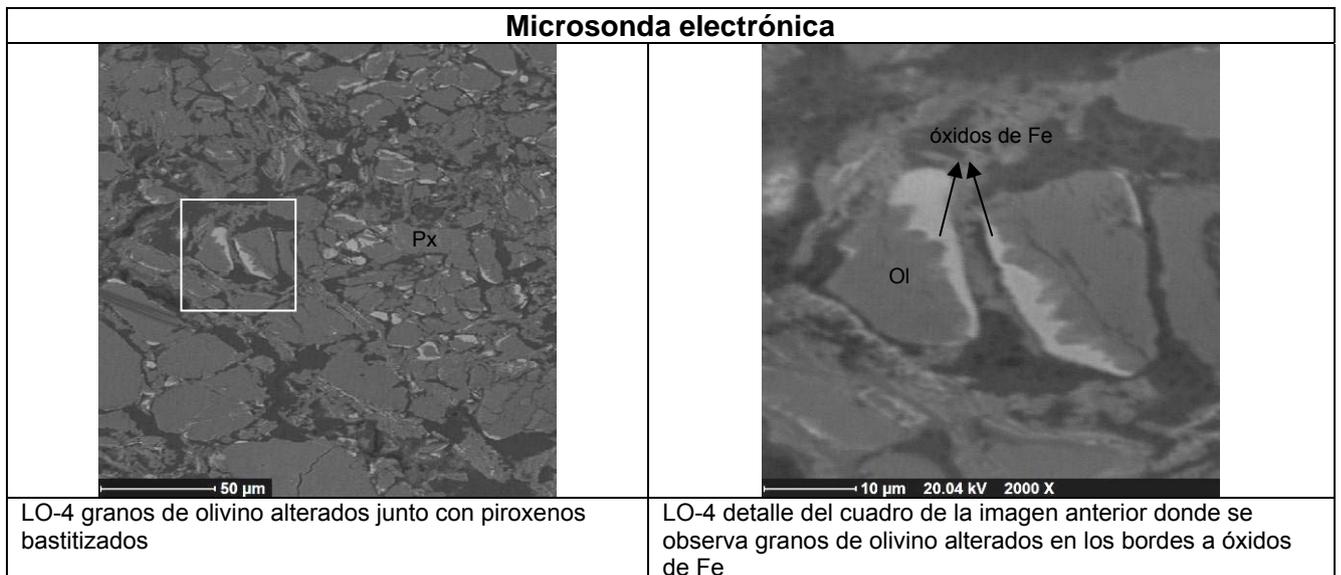
LO-4 vetas de lizardita con óxidos de Mn

LO-4 espectro EDS de lizardita

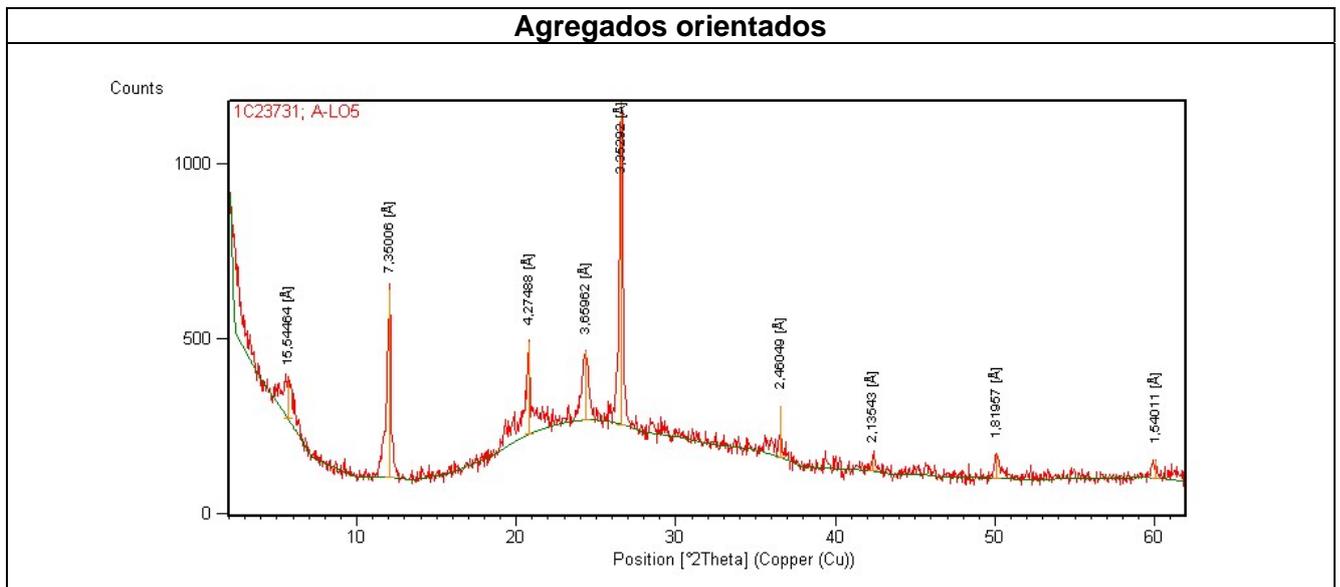
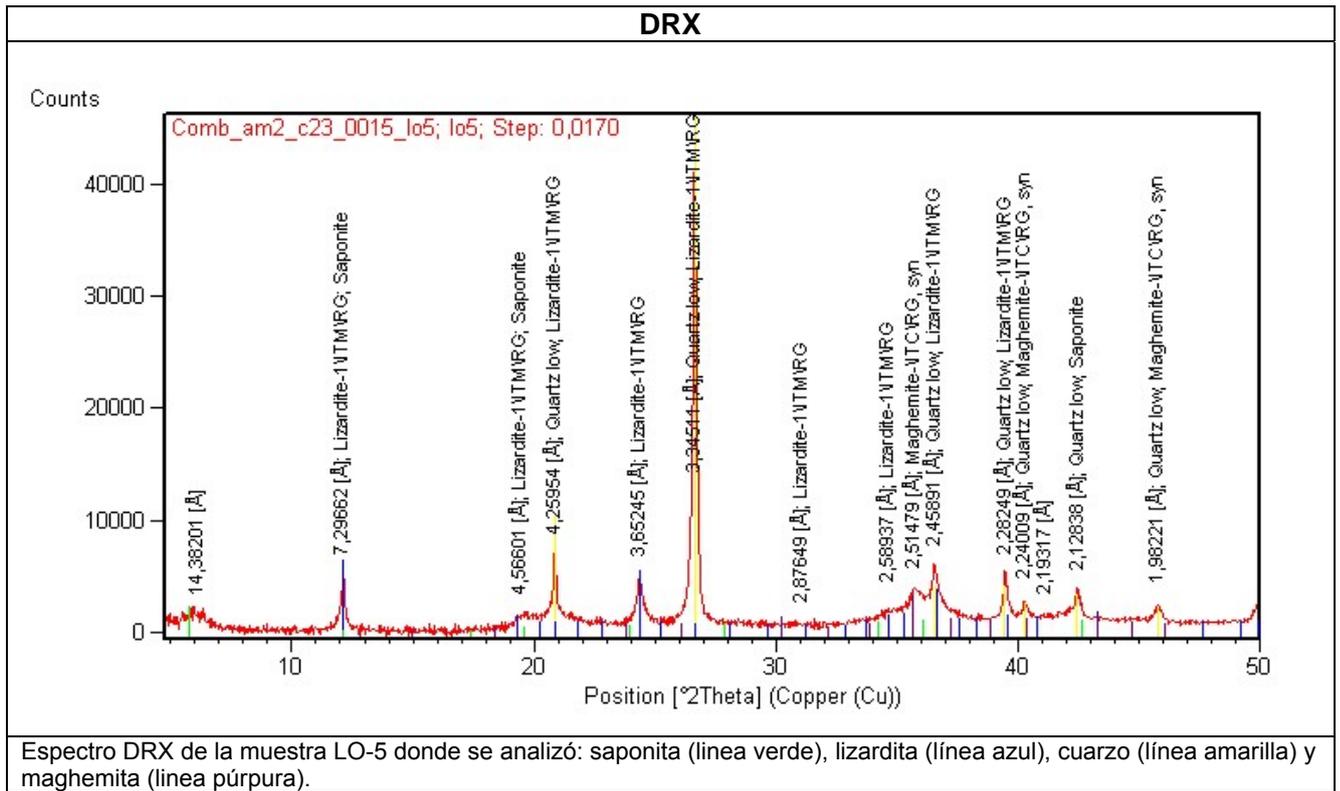


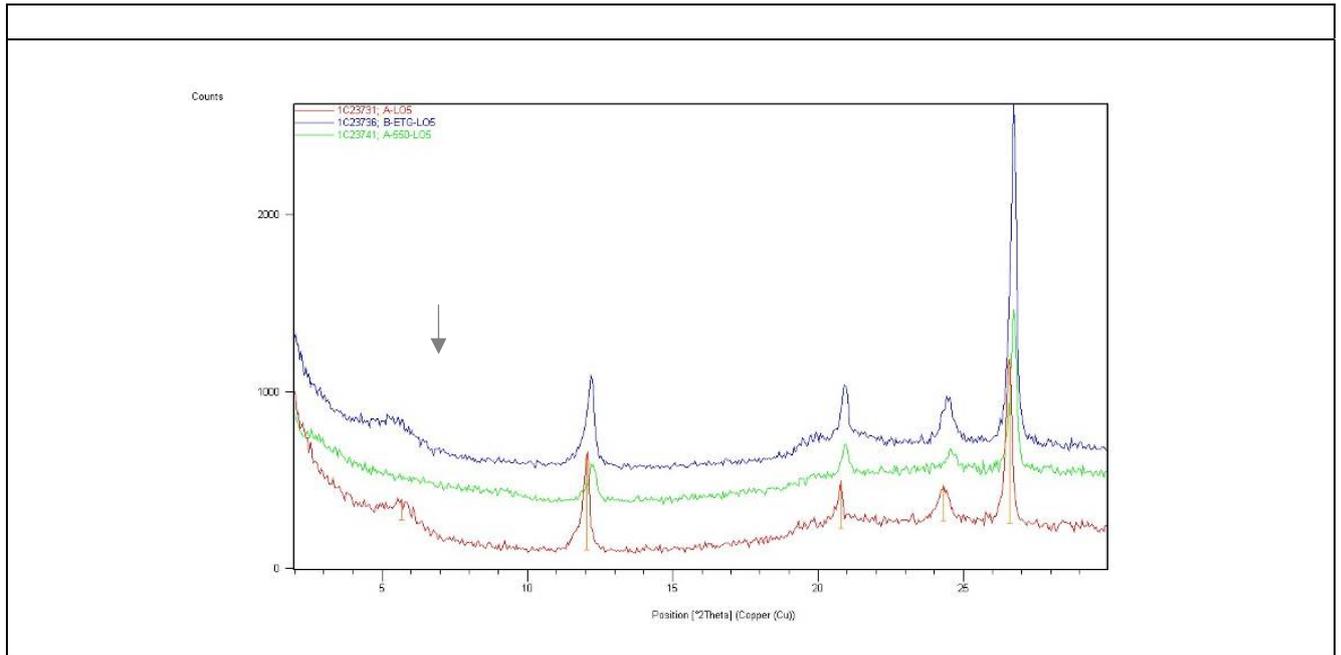
LO-4 Cr-espinela idiomórfica alterada por los bordes a óxidos de Fe junto con asbolanas relleno vetas.

LO-4 espectro EDS de asbolanas



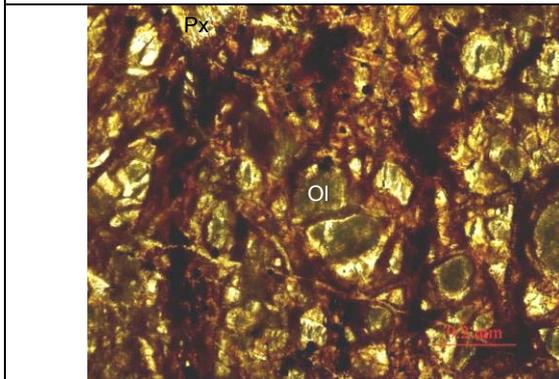
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="177 555 564 580">Imagen de muestra de mano LO-5</p>	<p data-bbox="676 264 1090 322">Agregado terroso y compacta de color rojizo-ocre.</p>	<p data-bbox="1144 264 1219 288">3-3.25</p>



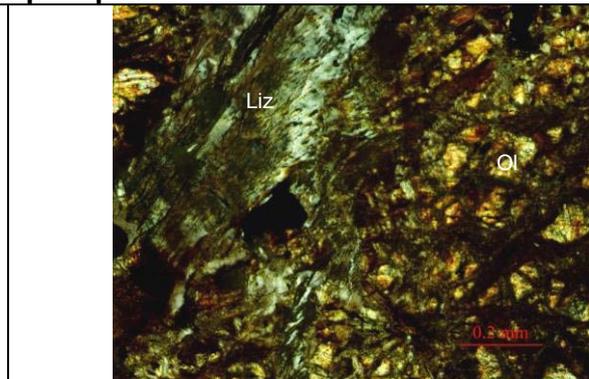


Espectro de DRX de la muestra en forma de agregado orientado y tratada con etilen glicol (en azul) y calentada a 550° (en verde)

Microscopía óptica

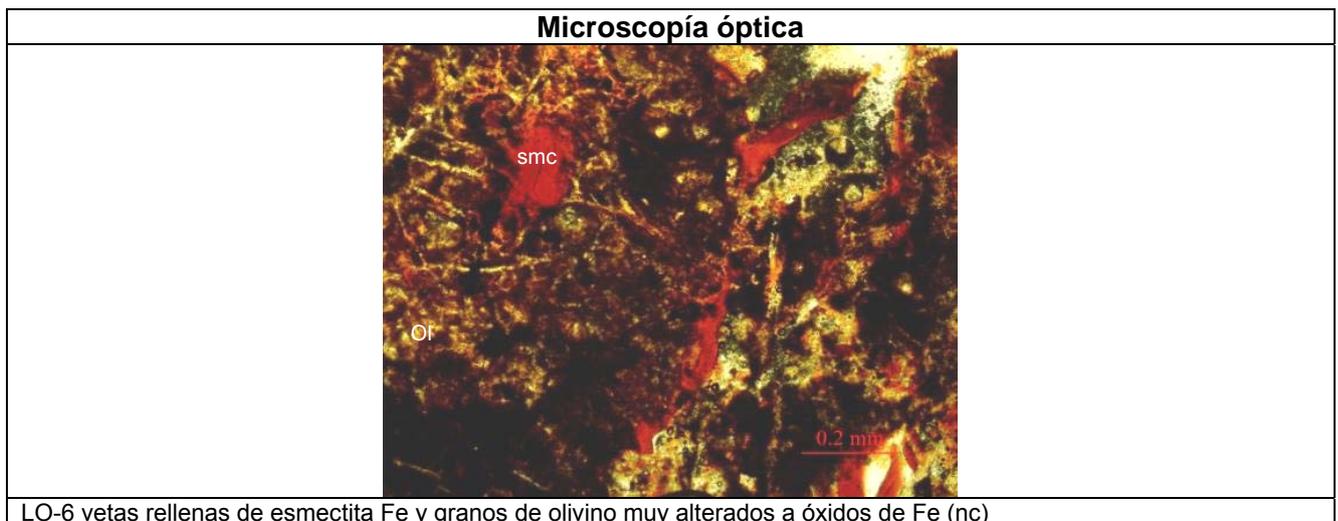
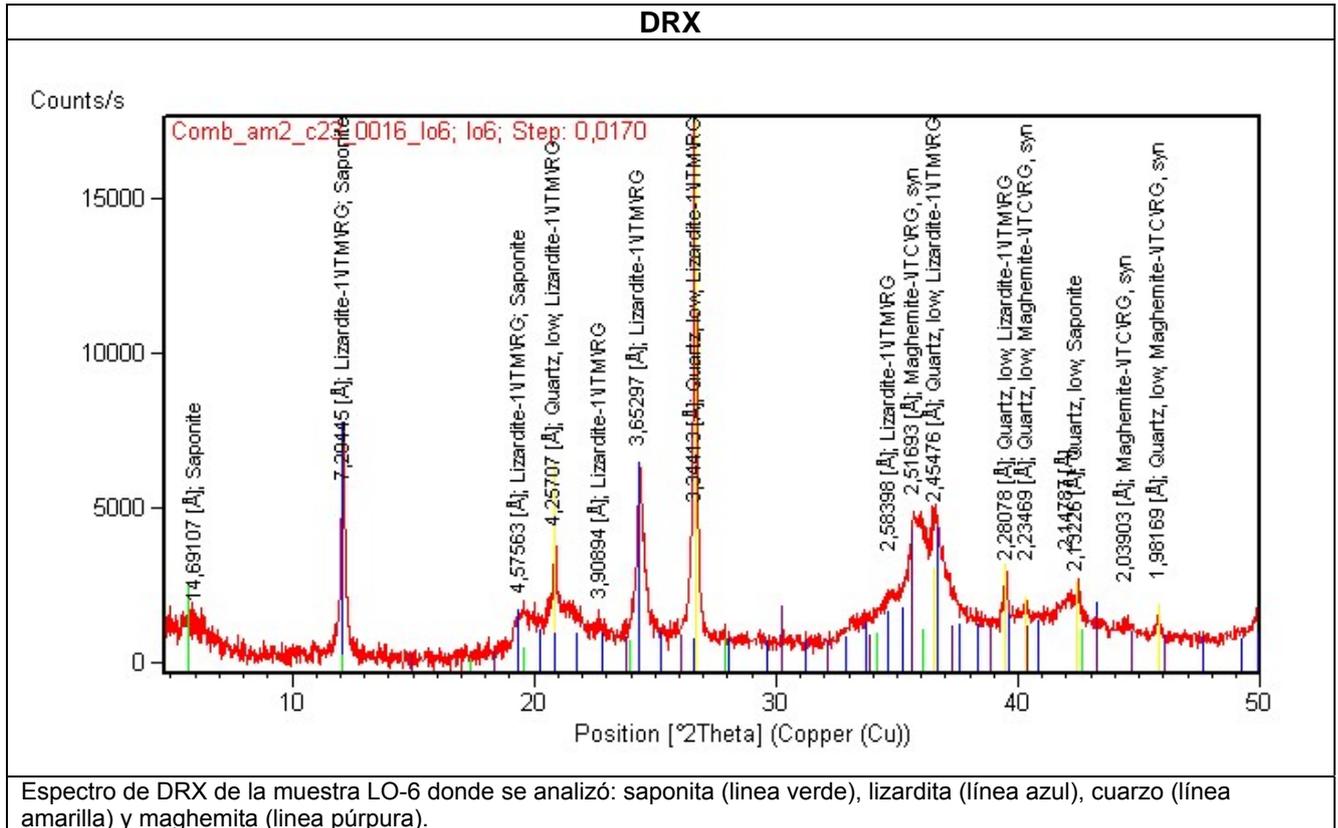


LO-5 granos de olivino y piroxenos alterados a óxidos de Fe (sn)

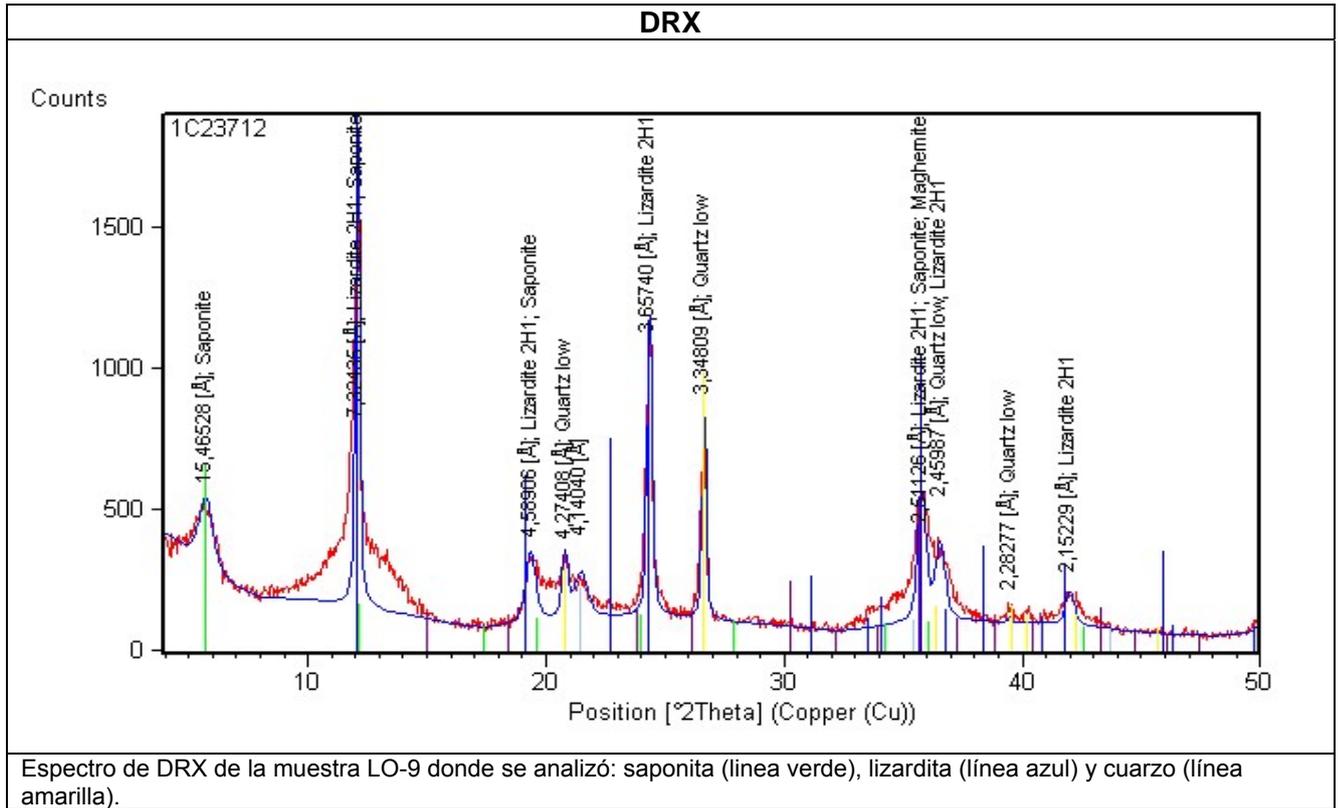


LO-5 veta de lizardita junto con granos de olivino alterados a óxidos de Fe (nc)

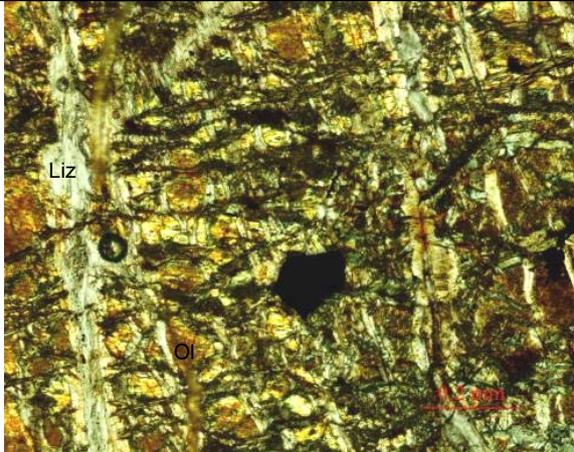
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="178 472 560 499">Imagen de muestra de mano LO-6</p>	<p data-bbox="678 264 1050 322">Agregado terroso de color marrón. Fácilmente disgregable.</p>	<p data-bbox="1157 264 1235 293">3.7-4.1</p>



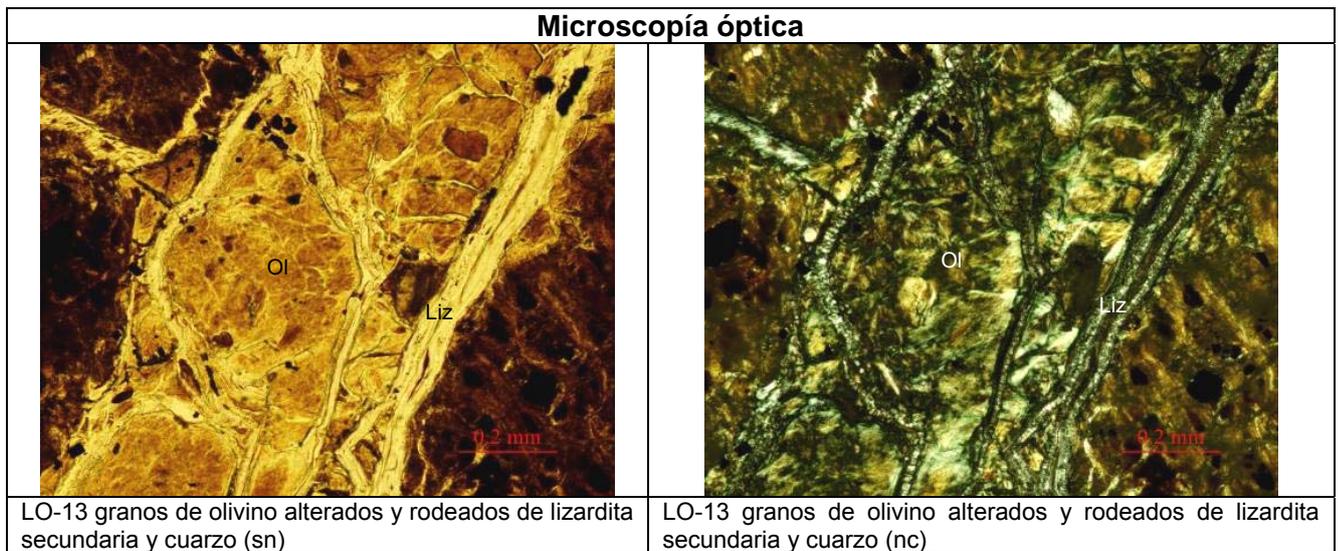
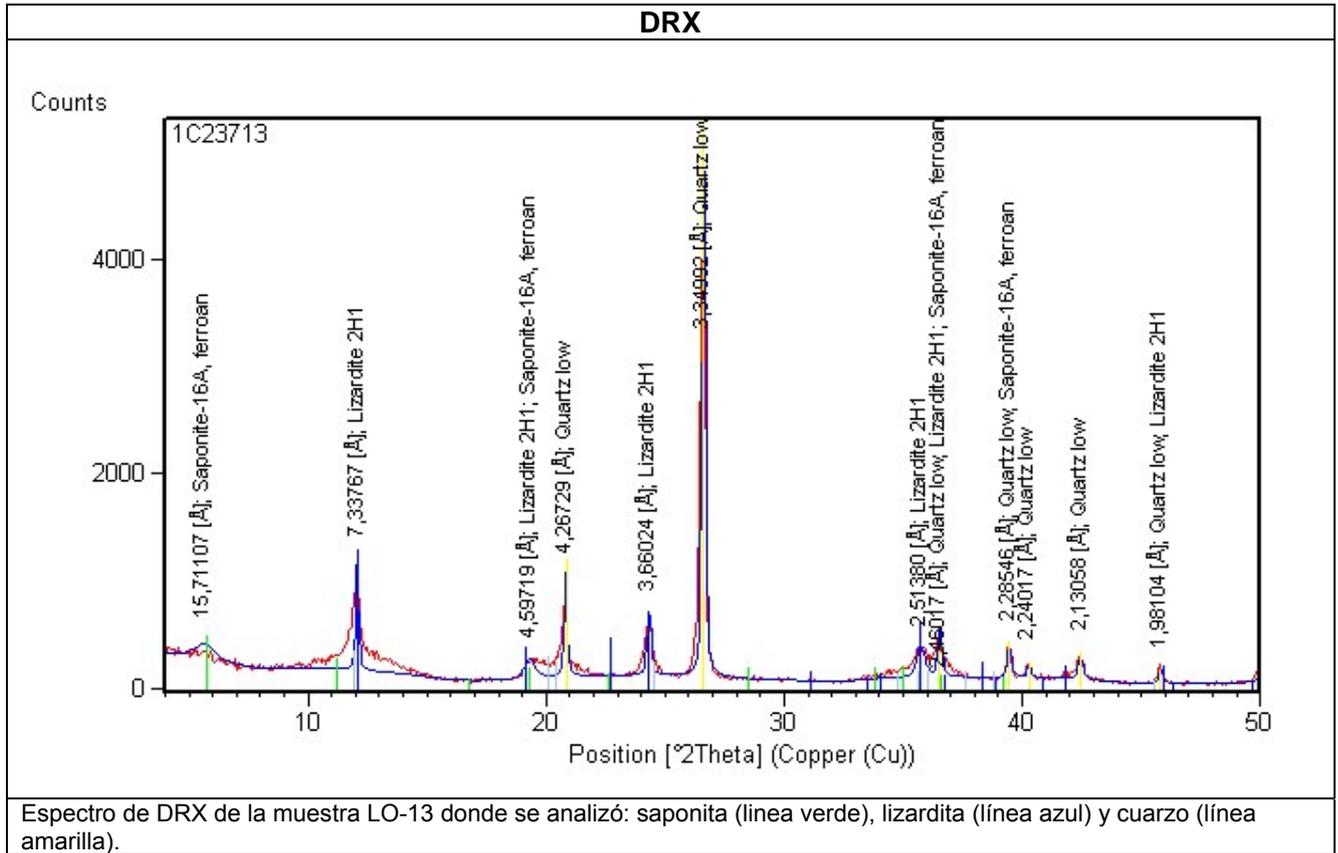
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 474 654 504">Imagen de muestra de mano LO-9</p>	<p data-bbox="675 264 1131 320">Agregado terroso y compacto de color marrón-ocre.</p>	<p data-bbox="1153 264 1214 293">5-5.3</p>

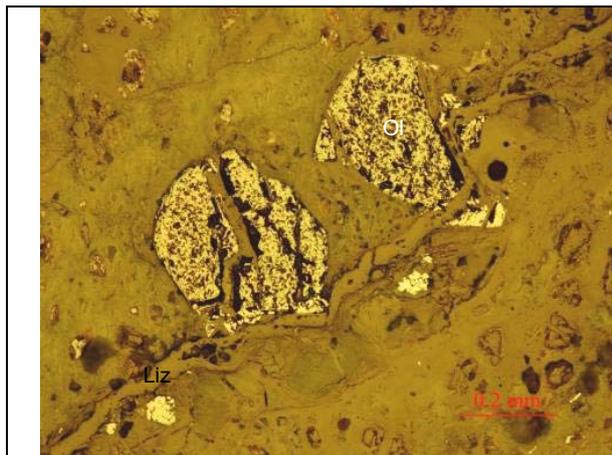


Microscopía óptica

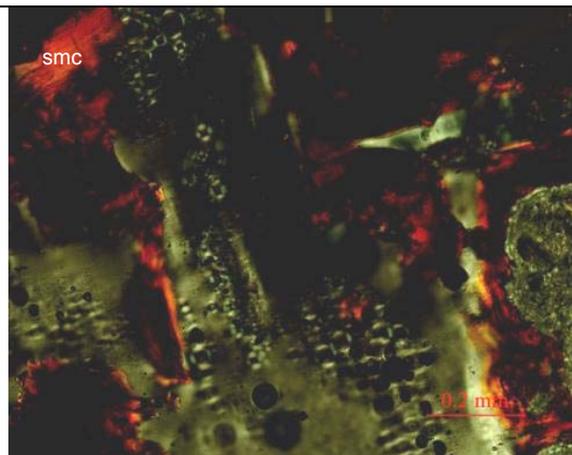
	
<p data-bbox="188 1870 804 1917">LO-9 vetas paralelas de máximo 0.1mm de ancho de lizardita secundaria y granos de olivino alterados (nc)</p>	<p data-bbox="831 1870 1447 1917">LO-9 veta de 1mm de ancho parcialmente rellena de esmectita Fe (nc)</p>

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 472 576 504">Imagen de muestra de mano LO-13</p>	<p data-bbox="678 264 1074 320">Agregado terroso compacto de color marrón con costras de color ocre.</p>	<p data-bbox="1153 264 1249 293">6.65-6.8</p>



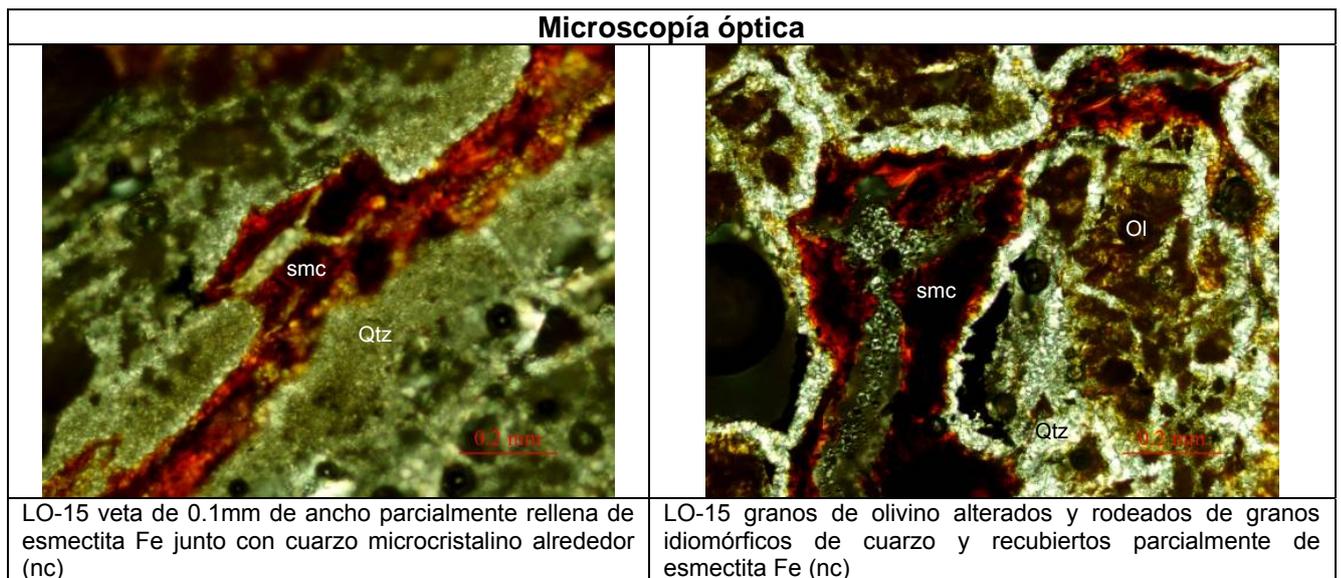
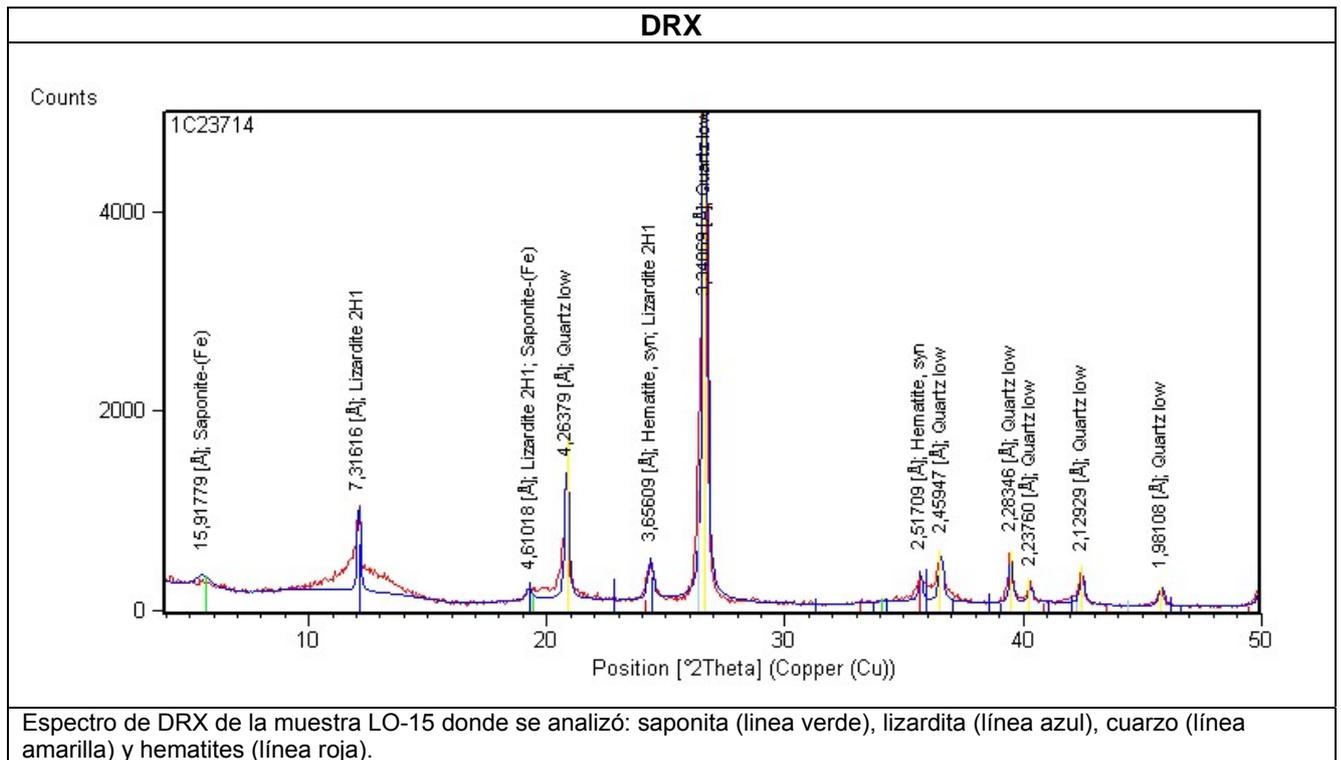


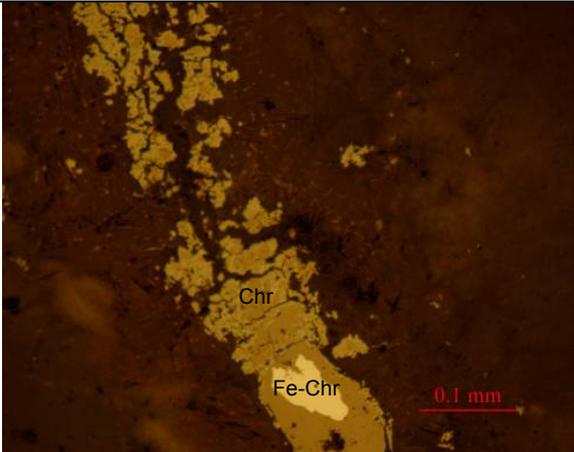
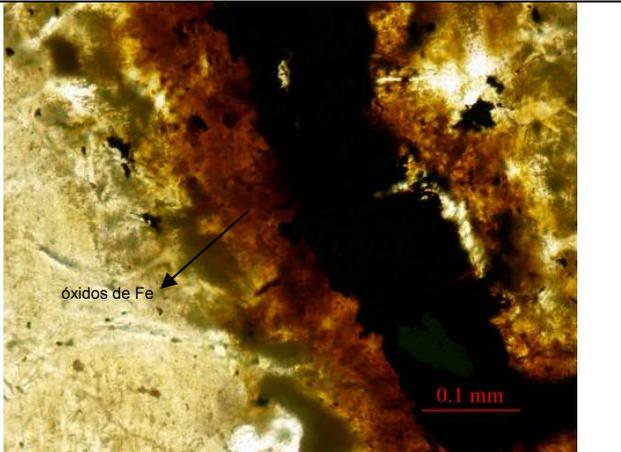
LO-13 granos de olivino alterados y veta de 0.05 mm de ancho rellena de lizardita secundaria (sn)



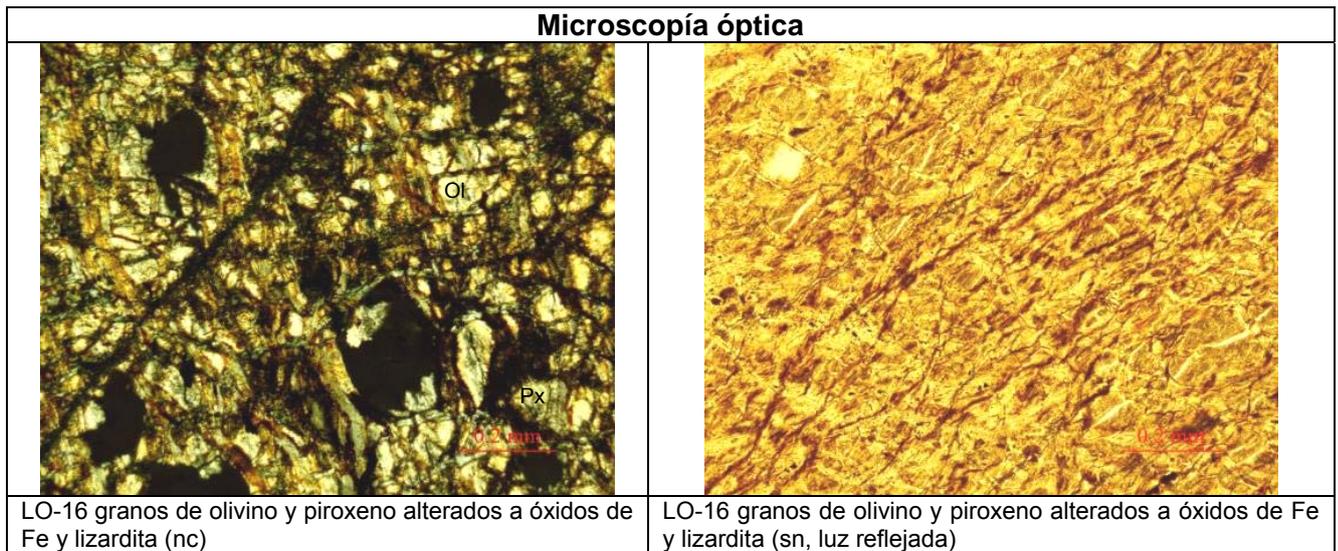
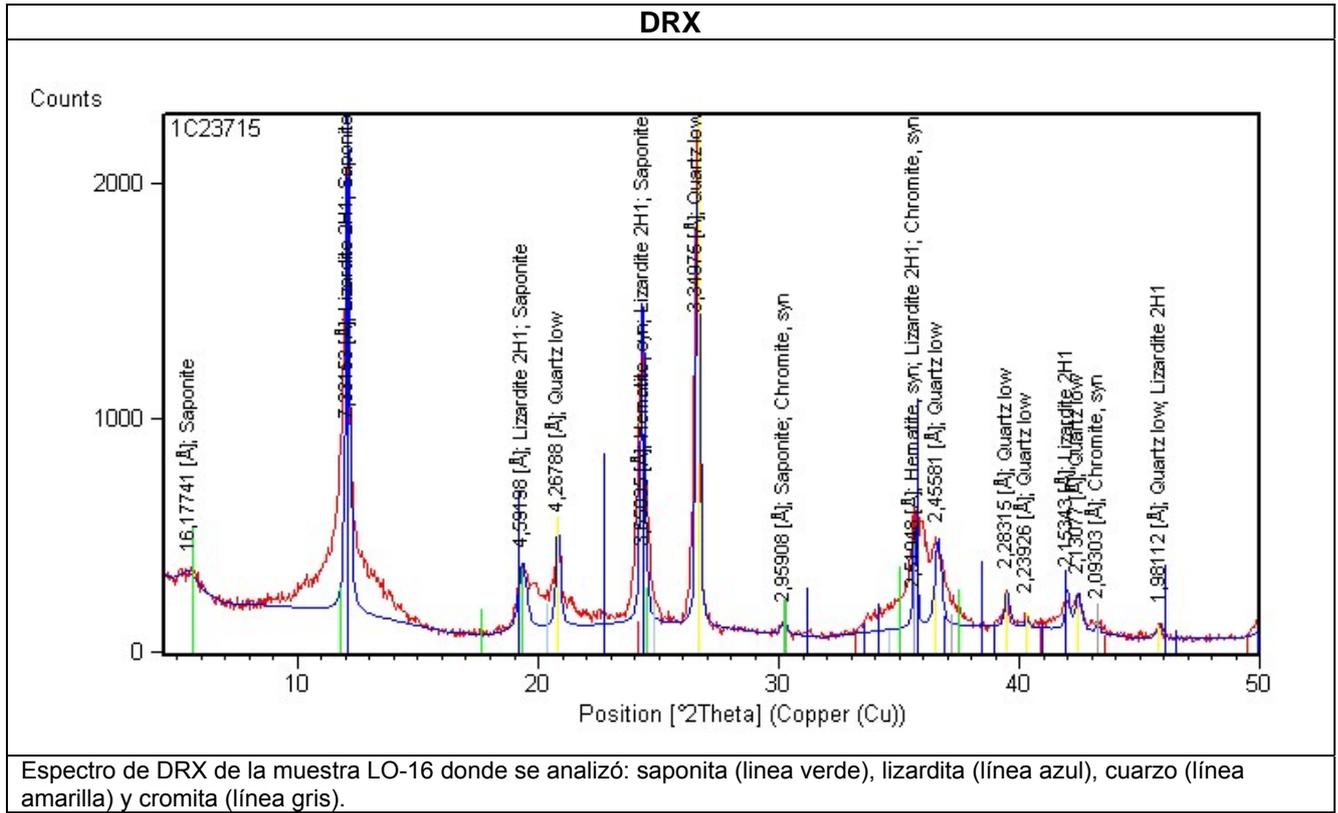
LO-13 Veta parcialmente rellena de esmectita Fe (nc)

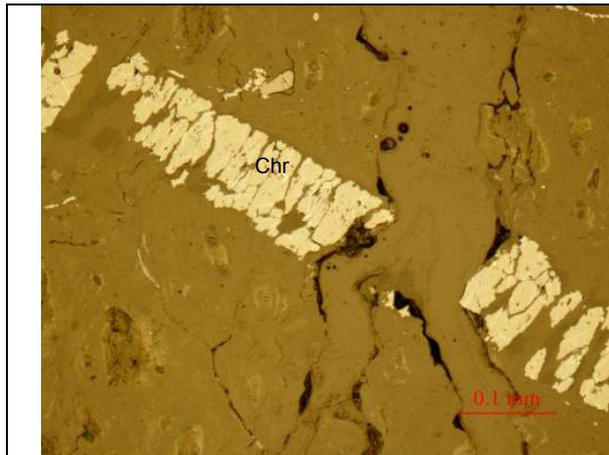
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 472 576 499">Imagen de muestra de mano LO-15</p>	<p data-bbox="678 264 1074 320">Agregado terroso compacto de color marrón con costras de color ocre.</p>	<p data-bbox="1153 264 1262 291">7.70-7.90</p>



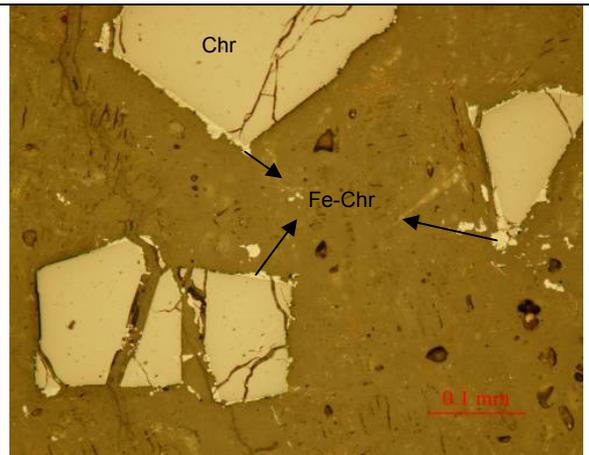
 <p>Chr Fe-Chr 0.1 mm</p>	 <p>óxidos de Fe 0.1 mm</p>
<p>LO-15 ganos subidiomórficos fracturados de Cr- espinelas alterados a ferricromita (nc, luz reflejada)</p>	<p>LO-15 vetas rellenas de óxidos de Fe (nc)</p>

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 477 576 501">Imagen de muestra de mano LO-16</p>	<p data-bbox="678 264 1074 315">Agregado terroso compacto de color marrón con costras de color ocre.</p>	<p data-bbox="1153 264 1262 291">9.05-9.25</p>



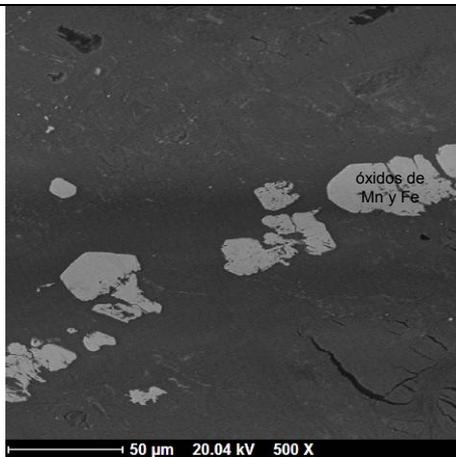


LO-16 granos subidiomórficos fracturados de Cr-espínela (sn, luz reflejada)



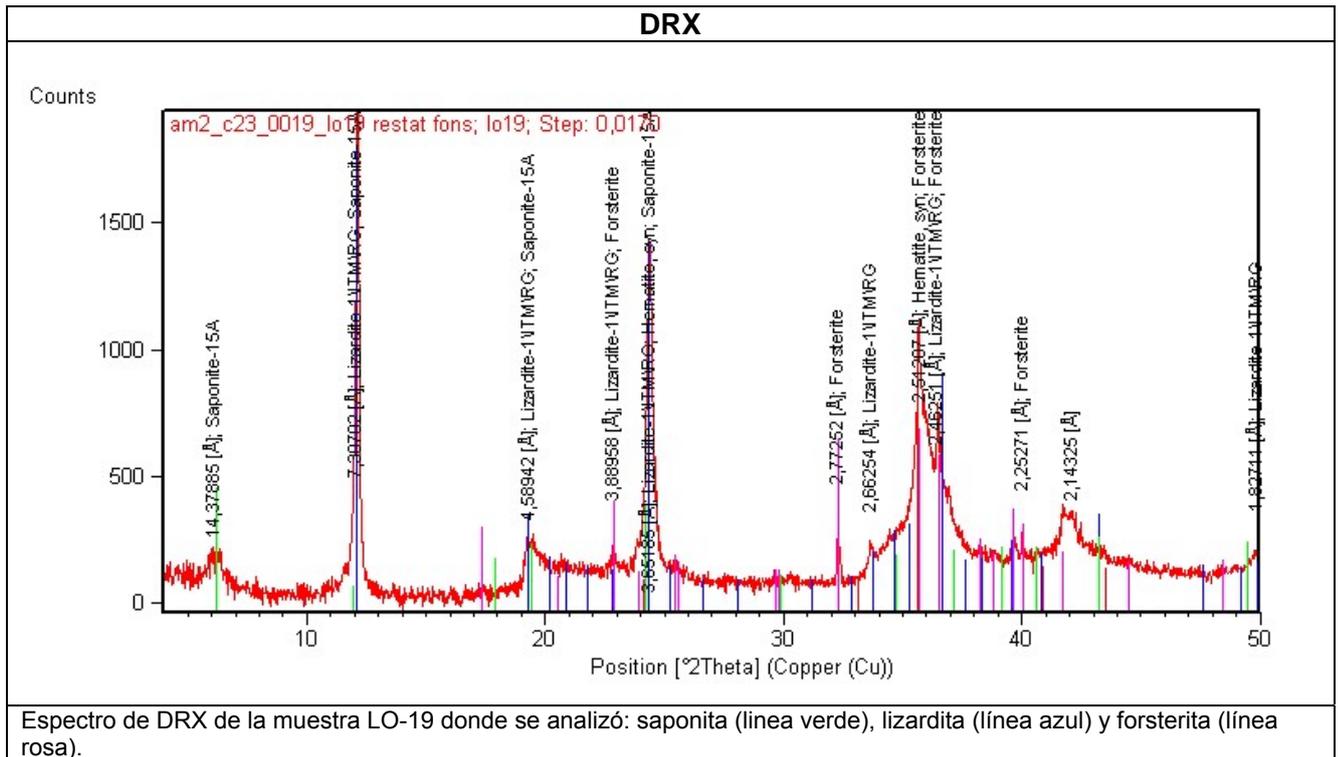
LO-16 granos subidiomórficos de Cr-espínelas alterados por los bordes a Fe-cromita (sn, luz reflejada)

Microsonda electrónica

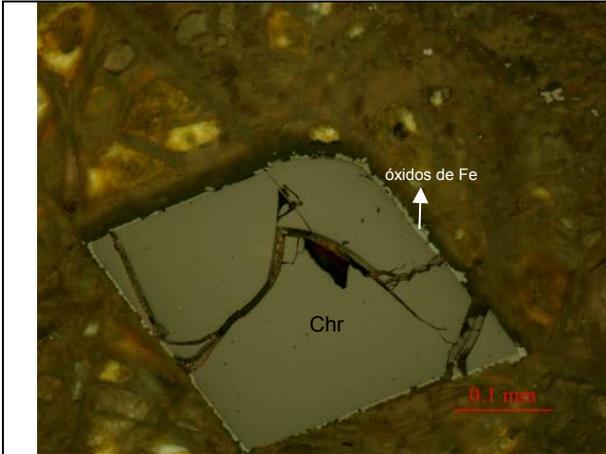


LO-16 granos de óxidos de Fe y Mn relleno de vetas

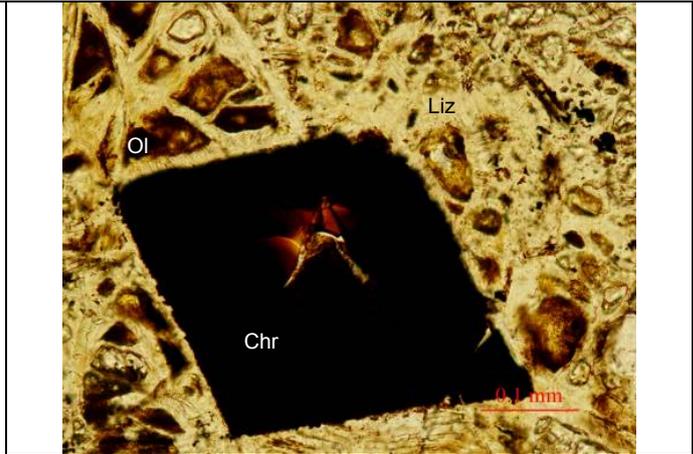
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p>Imagen de muestra de mano LO-19</p>	<p>Agregado compacto de color marrón con vetas de color verde y marrón.</p>	<p>15.40 -15.6</p>



Microscopía óptica	
<p>LO-19 textura mallada formada por granos de olivino alterados a óxidos de Fe y rodeados por lizardita (sn)</p>	<p>LO-19 textura mallada formada por los granos de olivino alterados a óxidos de Fe y rodeados por lizardita (nc)</p>

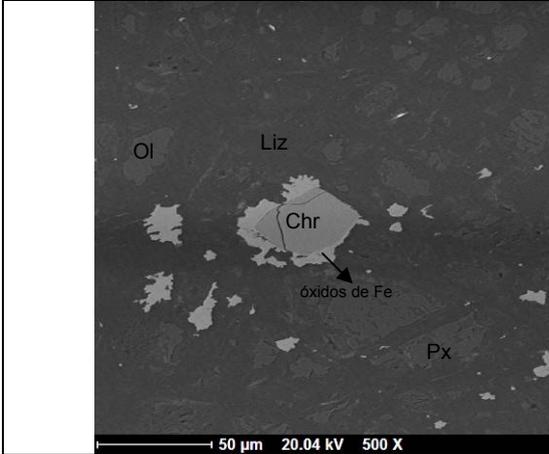


LO-16 grano idiomórfico de Cr-espínela, alterado a los bordes por óxidos de Fe (sn, luz reflejada)

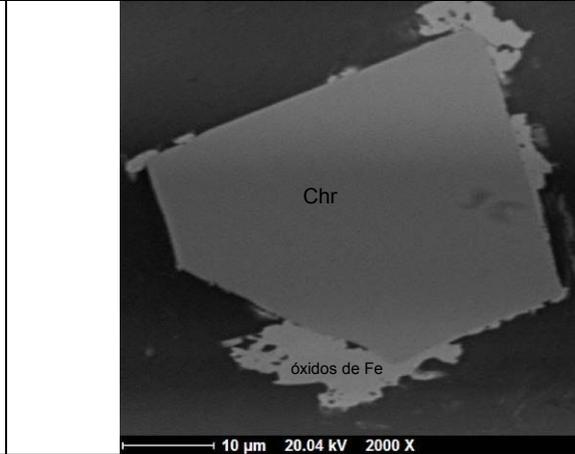


LO-16 grano idiomórfico de Cr-espínela, alterado a los bordes por óxidos de Fe (sn)

Microsonda electrónica

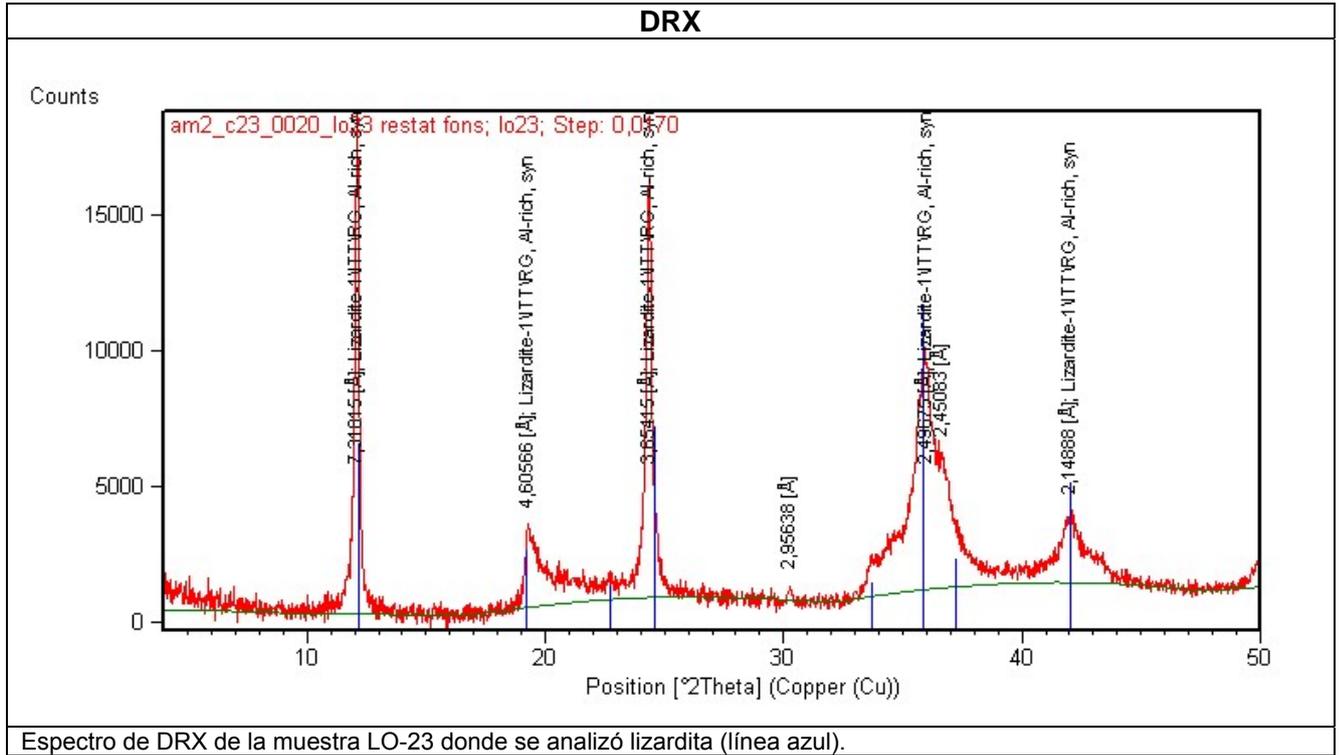


LO-19 textura mallada formada por los granos de olivino y piroxeno envueltos por una matriz de lizardita. En el centro se observan granos idiomórficos de Cr-espínela alterada por los bordes a óxidos de Fe.

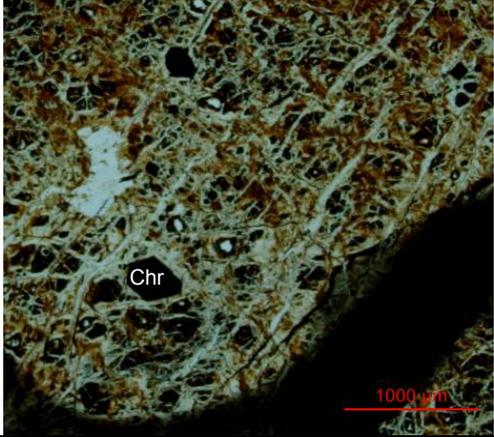
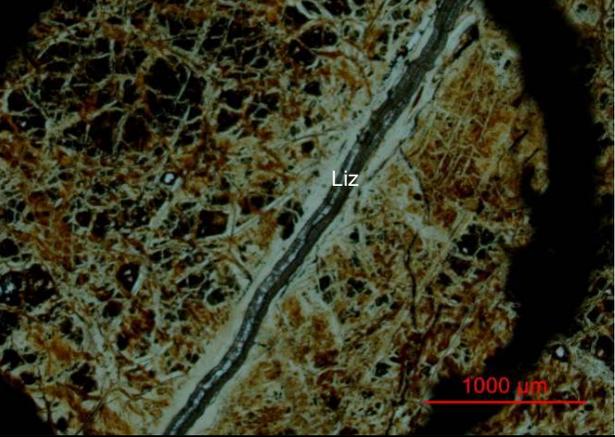


LO-19 grano idiomórfico de Cr-espínela alterado por los bordes a óxidos de Fe.

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="188 477 576 499">Imagen de muestra de mano LO-23</p>	<p data-bbox="678 264 1131 320">Agregado compacto de color marrón con costras de color ocre.</p>	<p data-bbox="1153 264 1241 286">22.9-23</p>

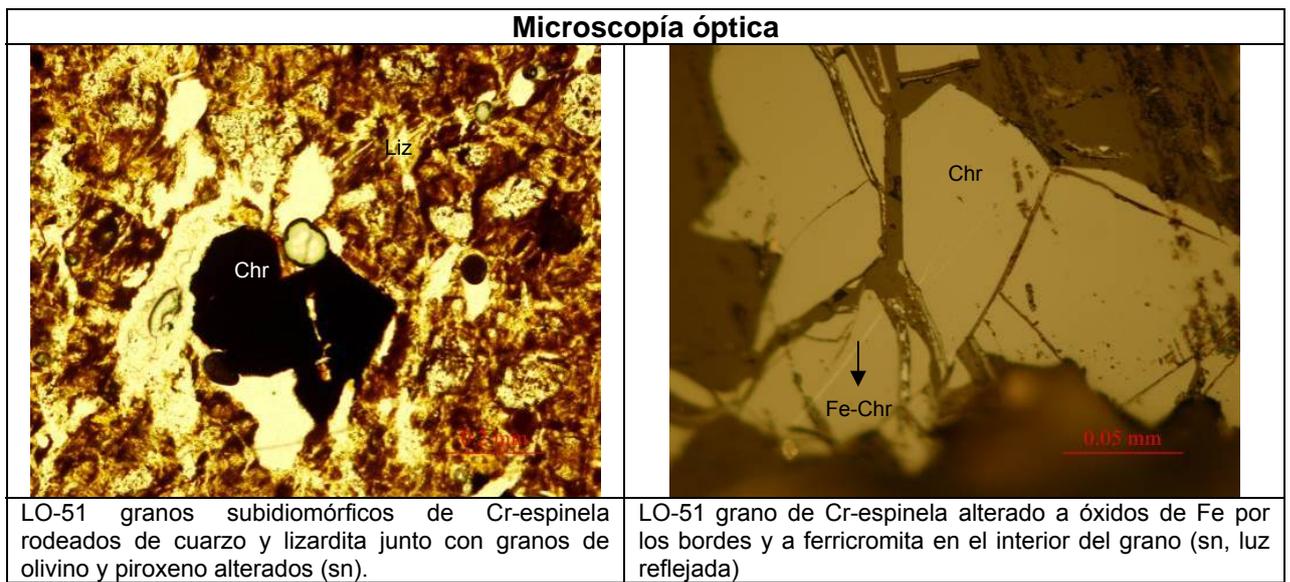
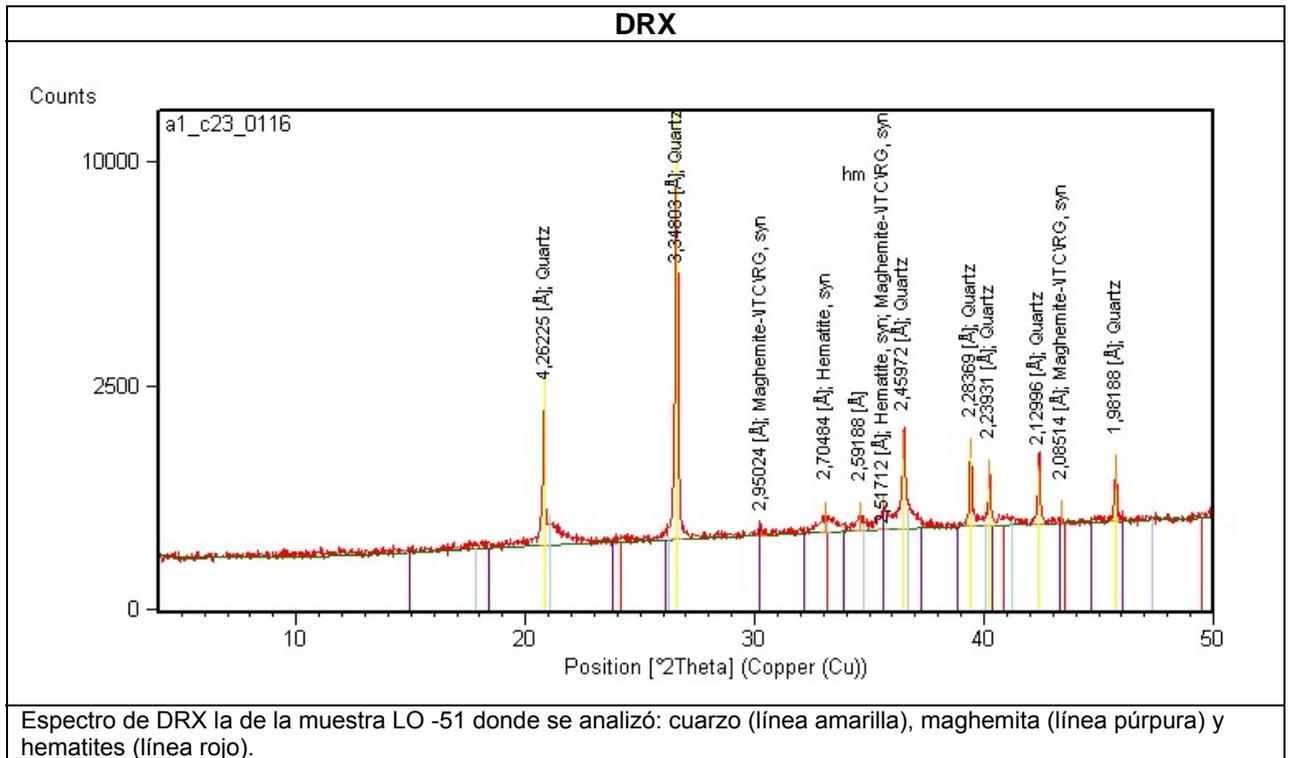


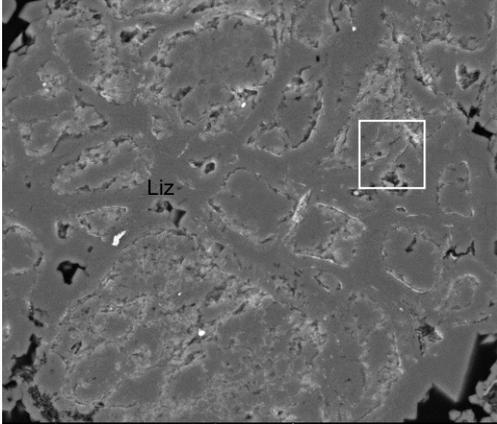
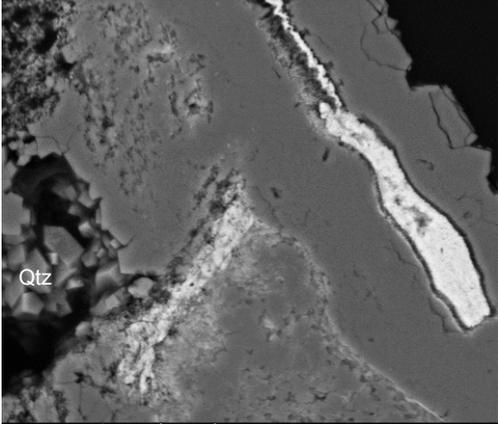
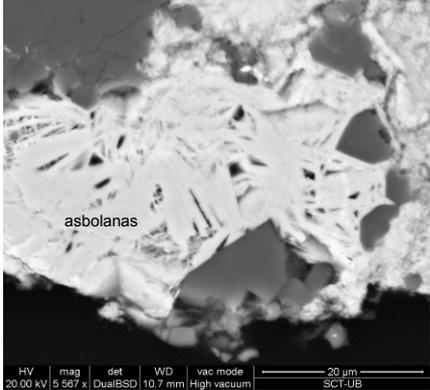
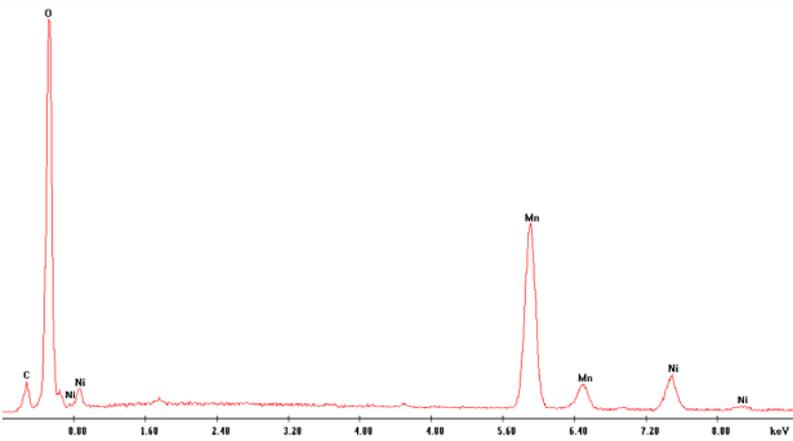
Microscopía óptica

 <p data-bbox="379 1630 419 1653">Chr</p> <p data-bbox="627 1753 715 1776">1000 μm</p>	 <p data-bbox="1185 1529 1225 1552">Liz</p> <p data-bbox="1321 1742 1409 1765">1000 μm</p>
<p data-bbox="193 1803 807 1877">LO-19 olivino y piroxeno alterados a óxidos de Fe, con textura mallada rodeados de lizardita y grano idiomórfico pseudo-hexagonal de Cr-espinela (sn)</p>	<p data-bbox="831 1803 1493 1854">LO-19 veta rellena de lizardita secundaria que corta la textura mallada formada por olivino y piroxeno (sn)</p>

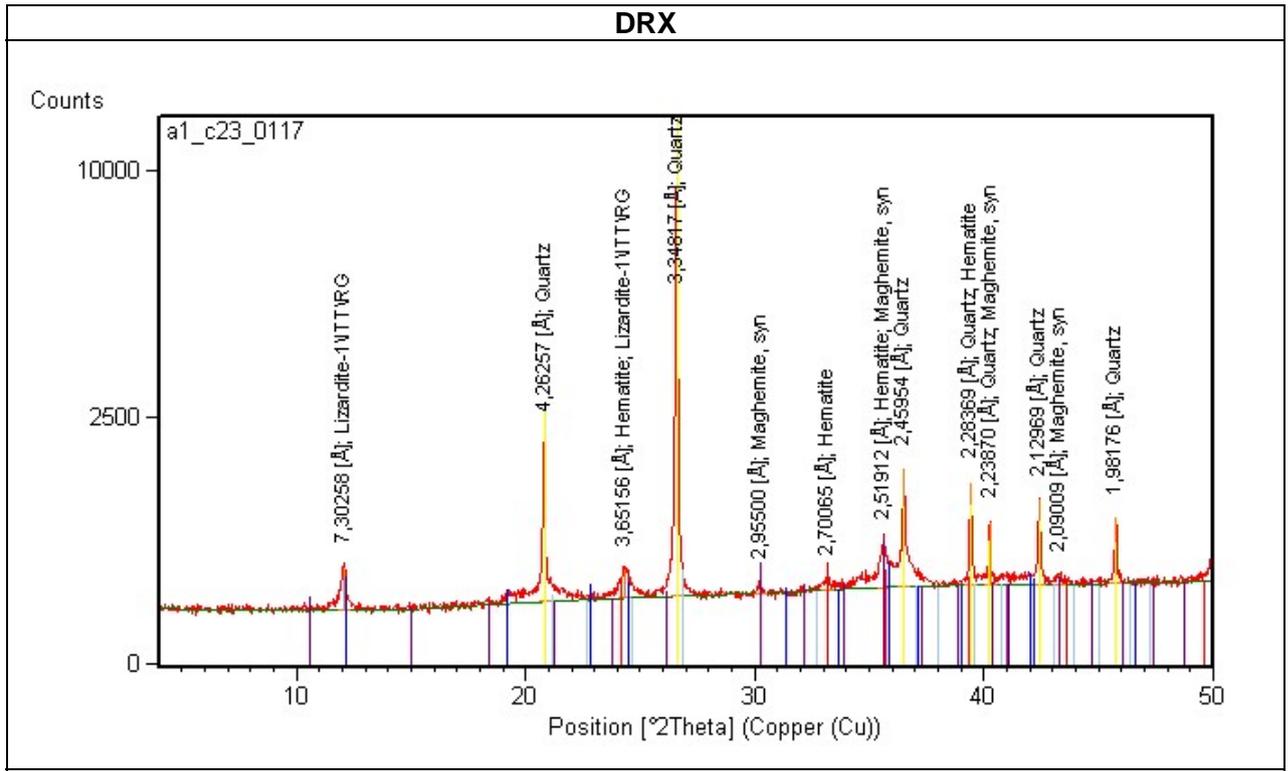
SONDEO 954-0307

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="225 568 608 591">Imagen de muestra de mano LO-51</p>	<p data-bbox="683 271 1050 327">Agregado terroso de color marrón. Fácilmente disgregable.</p>	<p data-bbox="1182 271 1294 293">0.3 – 0.45</p>



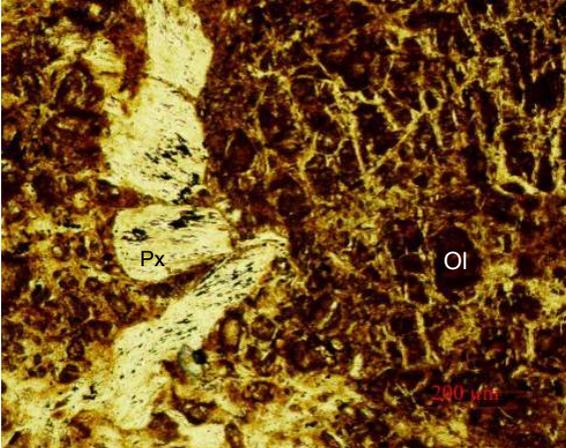
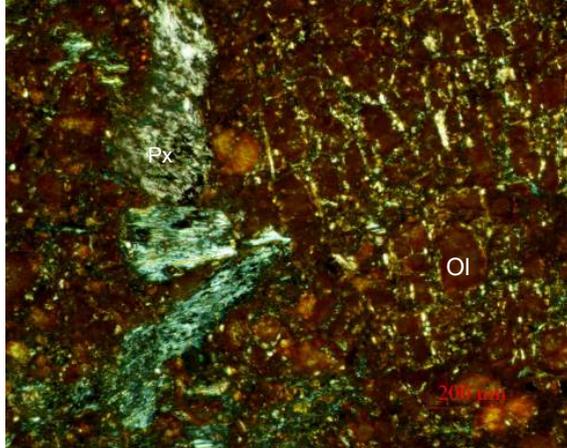
SEM-EDS	
 <p>Liz</p> <p>HV mag det WD vac mode 50 µm 20.00 kV 2.188 x DualBSD 10.8 mm High vacuum SCT-UB</p>	 <p>Qtz</p> <p>HV mag det WD vac mode 40 µm 20.00 kV 2.850 x DualBSD 10.8 mm High vacuum SCT-UB</p>
<p>LO-51 textura boxwork donde se aprecia granos de olivino y piroxeno alterados por óxidos de Fe, rodeados por lizardita.</p>	<p>LO-51 Imagen detalle de la anterior. A la izquierda de la imagen se observa en detalle granos idiomórficos de cuarzo relleno porosidad.</p>
 <p>asbolanas</p> <p>HV mag det WD vac mode 20 µm 20.00 kV 5.567 x DualBSD 10.7 mm High vacuum SCT-UB</p>	 <p>LO-51 espectro EDS de óxidos de Mn (asbolanas).</p>
<p>LO-51 Óxidos de Mn (asbolanas) en fracturas.</p>	<p>LO-51 espectro EDS de óxidos de Mn (asbolanas).</p>

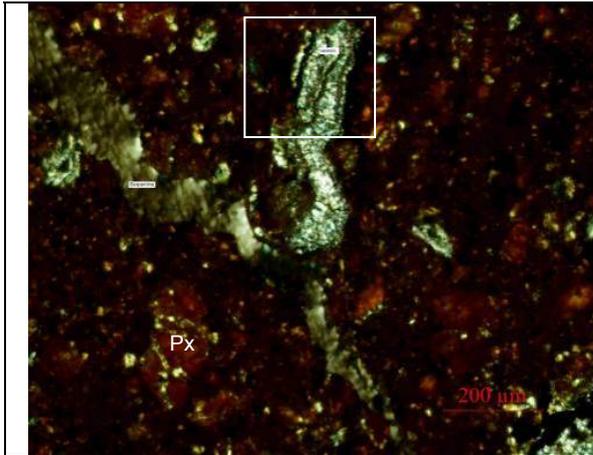
Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="225 573 609 595">Imagen de muestra de mano LO-52</p>	<p data-bbox="683 271 1158 322">Agregado terroso y algo compacta de color marrón.</p>	<p data-bbox="1184 271 1246 293">7-7.2</p>



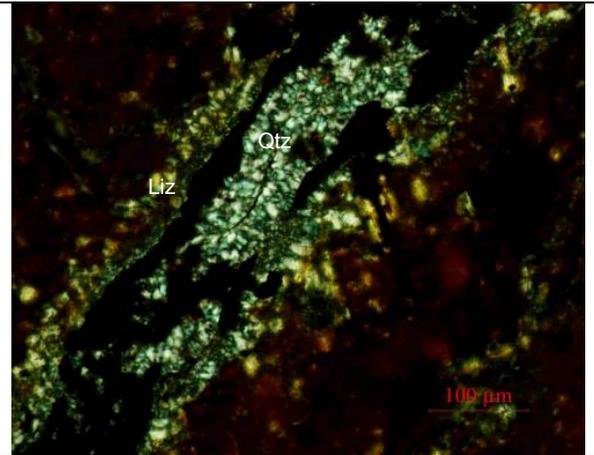
Espectro de DRX la de la muestra LO -52 donde se analizó: lizardita (línea azul), cuarzo (línea amarilla), maghemita (línea púrpura) y hematites (línea rojo).

Microscopía óptica

	
<p data-bbox="225 1980 815 2024">LO-52 granos de olivino alterado a óxidos de Fe y piroxeno totalmente bastitizado. (sn)</p>	<p data-bbox="842 1980 1477 2024">LO-52 granos de olivino alterado a óxidos de Fe y piroxeno totalmente bastitizado. (nc)</p>

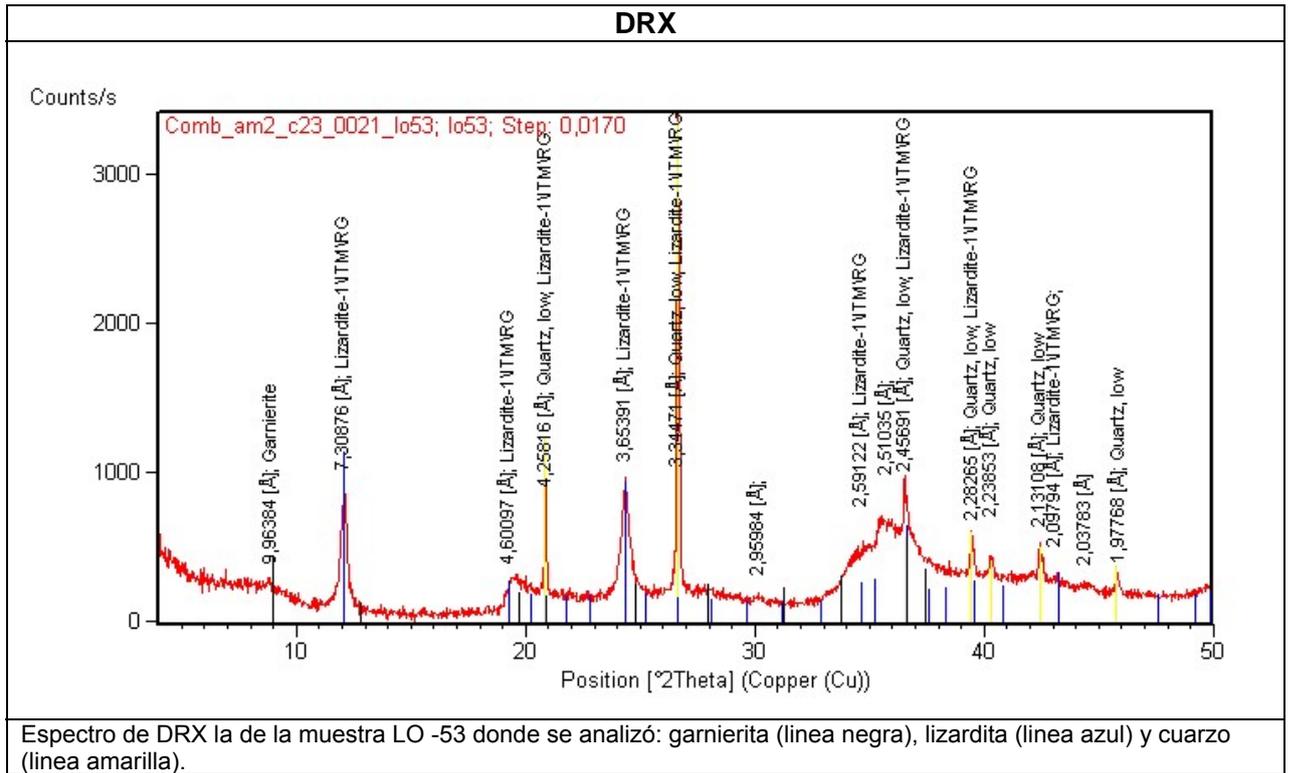


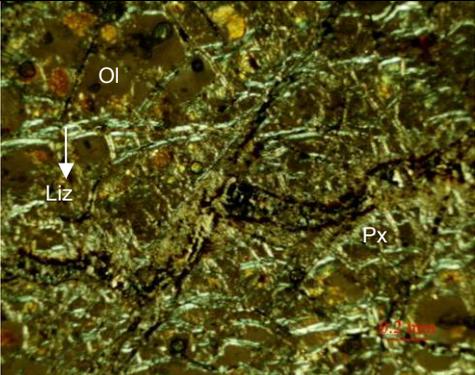
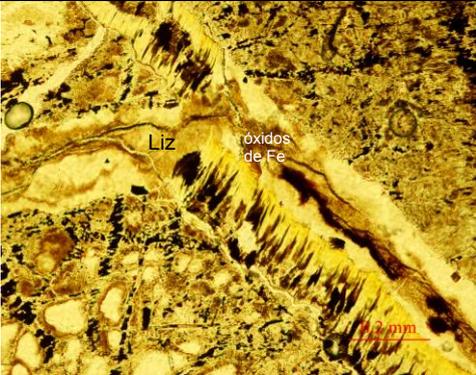
LO-52 granos de olivino y piroxeno alterados a óxidos de Fe vetas rellenas de lizardita y cuarzo. (nc)



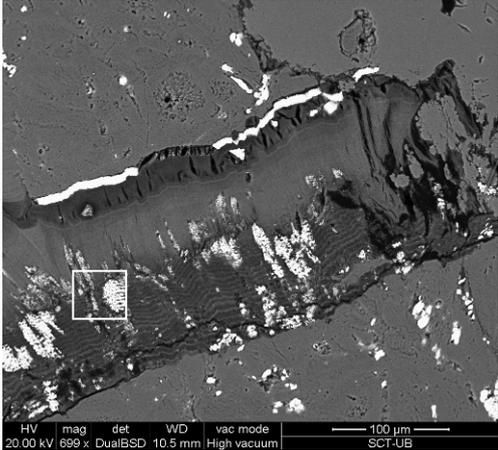
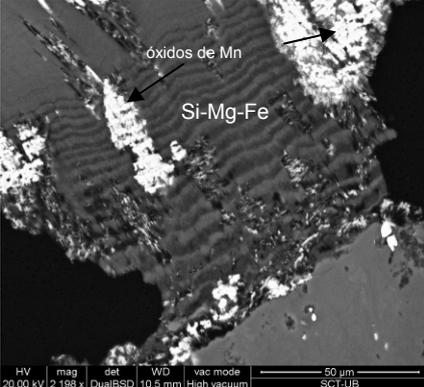
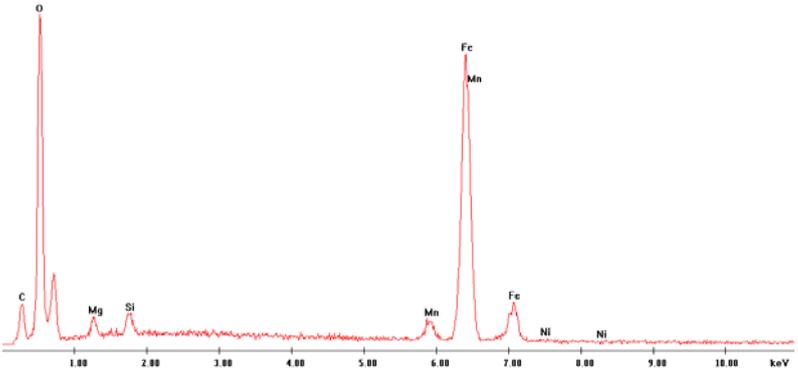
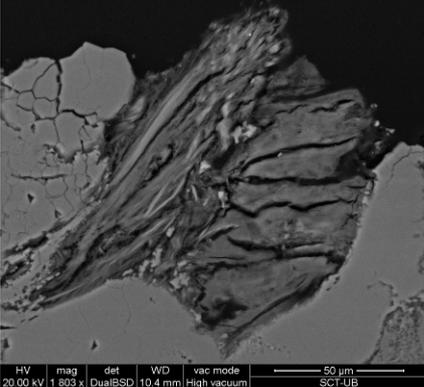
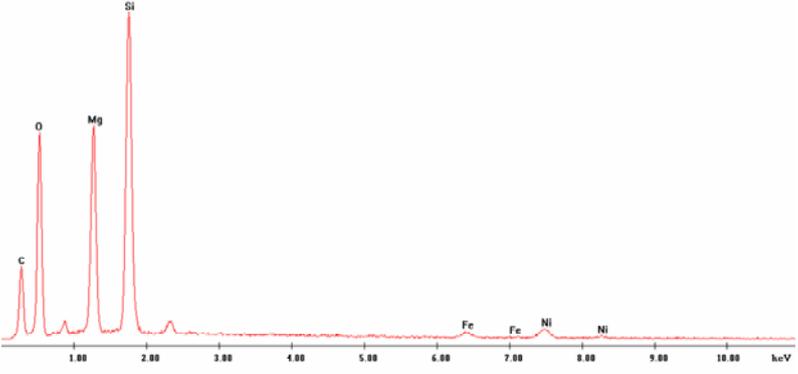
LO-52 detalle de los granos de cuarzo y lizardita relleno una veta (nc)

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="225 571 611 593">Imagen de muestra de mano LO-53</p>	Muestra ocre con patinas verdes y negras.	10.40-10.70

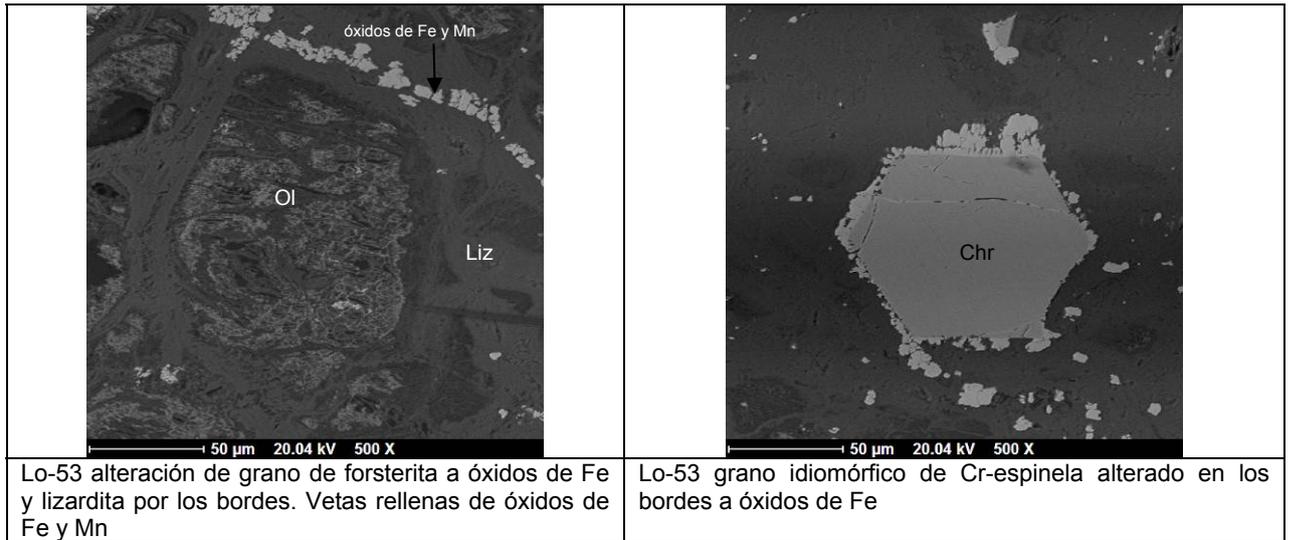


Microscopía óptica	
	
<p>LO-53 olivino y piroxeno alterados a óxidos de Fe, junto con vetas rellenas de lizardita secundaria. (nc)</p>	<p>LO-53 veta de 0.4 mm de ancho rellena de lizardita secundaria y óxidos de Fe. (sn)</p>

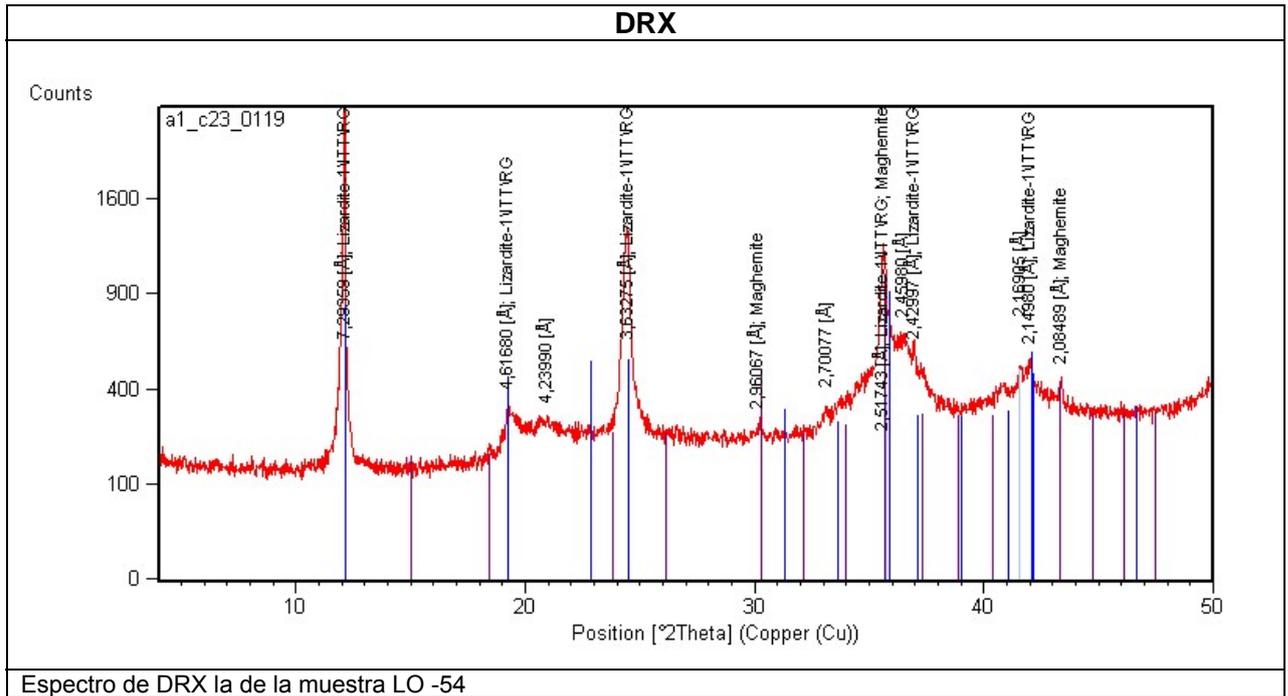
SEM-EDS

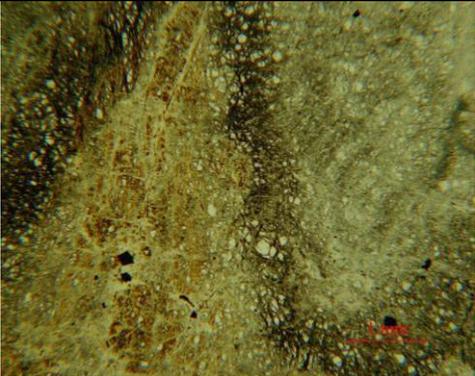
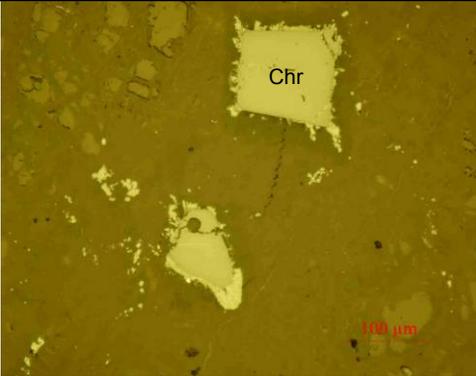
 <p>HV mag det WD vac mode 20.00 kV 699 x DualBSD 10.5 mm High vacuum</p> <p>100 µm SCT-UB</p>	<p>LO-53 veta rellena de lizardita y óxidos de Fe y Mn.</p>
 <p>óxidos de Mn Si-Mg-Fe</p> <p>HV mag det WD vac mode 20.00 kV 2 188 x DualBSD 10.5 mm High vacuum</p> <p>50 µm SCT-UB</p>	
<p>LO-53 Detalle de la imagen anterior; vetas rellenas de óxidos de manganeso.</p>	<p>Espectro EDS de óxidos de Fe y Mn que rellenan las fracturas.</p>
 <p>HV mag det WD vac mode 20.00 kV 1 800 x DualBSD 10.4 mm High vacuum</p> <p>50 µm SCT-UB</p>	
<p>LO-53 Grano de lizardita de aspecto fibroso</p>	<p>Espectro EDS de los granos fibroso de lizardita.</p>

Microsonda electrónica

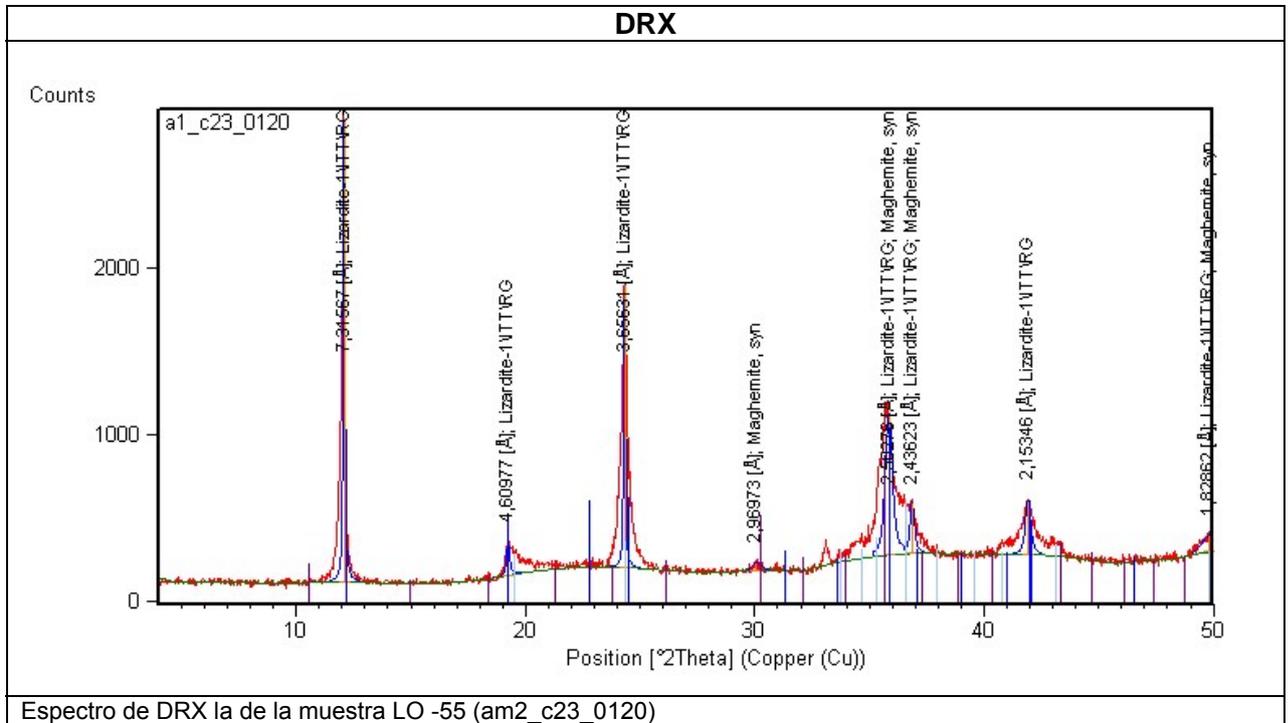


Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="225 568 611 595">Imagen de muestra de mano LO-54</p>	<p data-bbox="683 271 1123 322">Agregado compacta de color marrón con costras ocre y negras.</p>	<p data-bbox="1182 271 1289 297">9.60-9.80</p>



Microscopía óptica	
	
<p data-bbox="225 1778 818 1879">LO-53 granos de olivino y piroxeno alterados a óxidos de Fe -tonalidades marronosas- y granos de olivino y piroxeno alterados a lizardita -tonalidades verdosas-. (sn)</p>	<p data-bbox="842 1778 1477 1859">LO-53 Granos idiomórficos o subidiomórficos de Cr-espínela alterada por los bordes a óxidos de Fe. (np luz reflejada)</p>

Muestra	Observaciones	Profundidad (m)
 <p data-bbox="225 723 611 745">Imagen de muestra de mano LO-54</p>	<p data-bbox="683 271 1158 293">Agregado muy compacta con costras ocreas.</p>	<p data-bbox="1184 271 1289 293">41.3-41.4</p>



Microscopía óptica

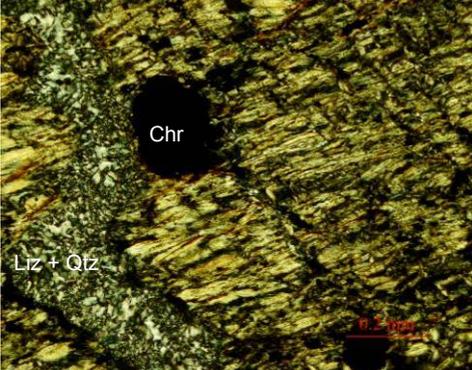
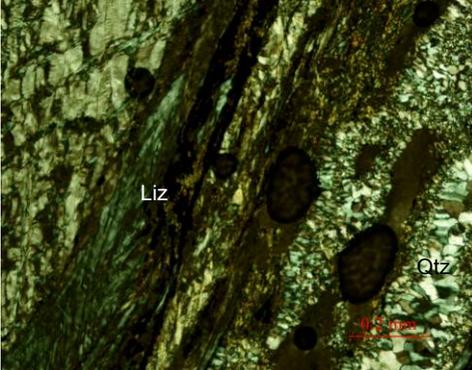
	
<p data-bbox="225 1951 815 2027">LO-55 granos de olivino y piroxeno deformados junto a Cr-espinela y a una veta rellena de lizardita y cuarzo. (nc)</p>	<p data-bbox="842 1951 1477 2004">LO-55 Detalle de la veta rellena de lizardita y microcristales de cuarzo. (nc)</p>

Tabla 1.- Composición química de la Cr-Espinel accesorio de Loma Ortega. Análisis realizados mediante microsonda.

Chr	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3(c)	FeO	V2O3	MnO	MgO	ZnO	NiO	CoO	Sum	Al/Al														
													Ox%	Si	Ti	IV	Al VI	Cr	Fe3+	Fe2+	V	Mn2+	Mg	Zn	Ni	Co	Cr#	Mg#
<i>Sondeo 906-0303</i>																												
LO-2	0,10	0,04	6,00	62,45	1,87	21,27	-	0,44	7,34	-	0,04	0,05	99,60	0,00	0,00	0,00	0,24	1,70	0,05	0,61	-	0,01	0,38	-	0,00	0,00	0,87	0,38
LO-2	0,14	0,07	6,04	62,21	1,92	21,63	-	0,43	7,16	-	0,07	0,10	99,77	0,01	0,00	0,00	0,25	1,69	0,05	0,62	-	0,01	0,37	-	0,00	0,00	0,87	0,37
LO-2	0,13	0,05	6,05	62,39	1,47	21,87	-	0,46	6,93	-	0,00	0,12	99,47	0,00	0,00	0,00	0,25	1,70	0,04	0,63	-	0,01	0,36	-	0,00	0,00	0,87	0,36
LO-2	0,19	0,09	6,00	62,58	1,45	21,58	-	0,47	7,22	-	0,07	0,08	99,72	0,01	0,00	0,00	0,24	1,70	0,04	0,62	-	0,01	0,37	-	0,00	0,00	0,88	0,37
LO-2	0,20	0,08	6,10	62,68	1,36	21,59	-	0,43	7,30	-	0,07	0,07	99,88	0,01	0,00	0,00	0,25	1,70	0,04	0,62	-	0,01	0,37	-	0,00	0,00	0,87	0,38
LO-2	0,08	0,02	5,93	63,04	2,43	19,77	-	0,38	8,42	-	0,06	0,09	100,22	0,00	0,00	0,00	0,24	1,69	0,06	0,56	-	0,01	0,43	-	0,00	0,00	0,88	0,43
LO-2	0,14	0,08	6,10	62,76	1,73	20,68	-	0,26	7,97	-	0,05	0,00	99,76	0,01	0,00	0,00	0,25	1,70	0,04	0,59	-	0,01	0,41	-	0,00	0,00	0,87	0,41
LO-2	0,21	0,10	5,91	62,92	2,04	20,14	-	0,34	8,32	-	0,09	0,10	100,17	0,01	0,00	0,00	0,24	1,69	0,05	0,57	-	0,01	0,42	-	0,00	0,00	0,88	0,42
LO-2	0,17	0,06	5,94	63,03	1,59	20,47	-	0,43	7,92	-	0,08	0,11	99,80	0,01	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,59	-	0,01	0,40	-	0,00	0,00	0,88	0,41
LO-4	0,08	0,02	5,53	62,49	1,19	22,45	-	0,40	6,29	-	0,06	0,09	98,60	0,00	0,00	0,00	0,23	1,73	0,03	0,66	-	0,01	0,33	-	0,00	0,00	0,88	0,33
LO-4	0,08	0,08	5,58	62,91	1,13	22,47	-	0,46	6,40	-	0,03	0,17	99,32	0,00	0,00	0,00	0,23	1,73	0,03	0,65	-	0,01	0,33	-	0,00	0,01	0,88	0,34
LO-4	0,10	0,05	5,59	62,64	0,73	22,66	-	0,48	6,13	-	0,07	0,08	98,52	0,00	0,00	0,00	0,23	1,74	0,02	0,67	-	0,01	0,32	-	0,00	0,00	0,88	0,33
LO-4	0,11	0,06	5,30	63,20	0,88	22,89	-	0,37	6,16	-	0,02	0,10	99,09	0,00	0,00	0,00	0,22	1,75	0,02	0,67	-	0,01	0,32	-	0,00	0,00	0,89	0,32
LO-4	0,13	0,05	5,45	62,70	1,71	21,40	-	0,40	7,14	-	0,04	0,08	99,09	0,00	0,00	0,00	0,22	1,72	0,05	0,62	-	0,01	0,37	-	0,00	0,00	0,89	0,37
LO-4	0,11	0,03	5,32	63,14	1,37	23,18	-	0,51	6,05	-	0,03	0,03	99,77	0,00	0,00	0,00	0,22	1,74	0,04	0,67	-	0,02	0,31	-	0,00	0,00	0,89	0,32
LO-4	0,09	0,04	5,31	62,65	1,65	22,44	-	0,41	6,36	-	0,06	0,14	99,15	0,00	0,00	0,00	0,22	1,73	0,04	0,66	-	0,01	0,33	-	0,00	0,00	0,89	0,34
LO-4	0,05	0,04	5,15	62,93	1,19	22,84	-	0,45	5,97	-	0,05	0,13	98,80	0,00	0,00	0,00	0,21	1,75	0,03	0,67	-	0,01	0,31	-	0,00	0,00	0,89	0,32
LO-10	0,10	0,03	5,80	62,66	1,68	22,90	-	0,40	6,33	-	0,00	0,17	100,09	0,00	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,66	-	0,01	0,33	-	0,00	0,01	0,88	0,33
LO-10	0,09	0,02	5,82	63,15	1,10	23,03	-	0,42	6,23	-	0,00	0,15	100,00	0,00	0,00	0,00	0,24	1,73	0,03	0,67	-	0,01	0,32	-	0,00	0,00	0,88	0,33
LO-16	0,05	0,05	5,32	63,30	1,56	20,74	0,18	0,27	7,49	0,18	0,02	0,14	99,30	0,00	0,00	0,00	0,22	1,73	0,04	0,60	0,01	0,01	0,39	0,00	0,00	0,00	0,89	0,39
LO-16	0,07	0,05	5,43	63,95	1,10	21,45	0,22	0,41	7,10	0,31	0,05	0,08	100,22	0,00	0,00	0,00	0,22	1,74	0,03	0,62	0,01	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,89	0,37
LO-16	0,07	0,05	5,34	63,31	1,19	21,50	0,31	0,32	7,00	0,24	0,02	0,10	99,46	0,00	0,00	0,00	0,22	1,74	0,03	0,62	0,01	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,89	0,37
LO-16	0,05	0,05	5,41	63,19	1,70	21,94	0,23	0,34	6,84	0,19	0,01	0,13	100,09	0,00	0,00	0,00	0,22	1,72	0,04	0,63	0,01	0,01	0,35	0,01	0,00	0,00	0,89	0,36
LO-16	0,03	0,04	5,29	63,50	1,56	21,33	0,24	0,37	7,16	0,23	0,03	0,01	99,82	0,00	0,00	0,00	0,22	1,73	0,04	0,62	0,01	0,01	0,37	0,01	0,00	0,00	0,89	0,37
LO-19	0,06	0,08	5,23	62,95	1,61	23,28	0,27	0,49	5,86	0,29	0,00	0,13	100,25	0,00	0,00	0,00	0,21	1,73	0,04	0,68	0,01	0,01	0,30	0,01	0,00	0,00	0,89	0,31
LO-19	0,08	0,07	5,13	60,35	2,72	21,92	0,26	0,45	6,16	0,38	0,02	0,11	97,63	0,00	0,00	0,00	0,22	1,70	0,07	0,65	0,01	0,01	0,33	0,01	0,00	0,00	0,89	0,33
LO-19	0,05	0,07	5,75	64,19	1,43	19,55	0,26	0,29	8,60	0,11	0,07	0,09	100,46	0,00	0,00	0,00	0,23	1,72	0,04	0,55	0,01	0,01	0,43	0,00	0,00	0,00	0,88	0,44
LO-19	0,08	0,07	5,13	62,64	2,01	23,75	0,34	0,52	5,55	0,34	0,01	0,14	100,58	0,00	0,00	0,00	0,21	1,72	0,05	0,69	0,01	0,02	0,29	0,01	0,00	0,00	0,89	0,29
LO-19	0,06	0,05	5,51	62,39	1,80	23,62	0,21	0,40	5,70	0,24	0,03	0,10	100,11	0,00	0,00	0,00	0,23	1,72	0,05	0,69	0,01	0,01	0,30	0,01	0,00	0,00	0,88	0,30
LO-21	0,06	0,02	4,94	63,30	2,12	21,52	0,17	0,45	6,95	0,15	0,09	0,06	99,83	0,00	0,00	0,00	0,20	1,73	0,06	0,62	0,01	0,01	0,36	0,00	0,00	0,00	0,90	0,36
LO-21	0,06	0,07	4,73	62,90	1,66	21,74	0,22	0,47	6,50	0,25	0,03	0,12	98,76	0,00	0,00	0,00	0,20	1,75	0,04	0,64	0,01	0,01	0,34	0,01	0,00	0,00	0,90	0,35
LO-21	0,04	0,05	4,68	63,22	1,65	22,16	0,18	0,40	6,39	0,18	0,00	0,09	99,03	0,00	0,00	0,00	0,19	1,75	0,04	0,65	0,01	0,01	0,33	0,01	0,00	0,00	0,90	0,34
LO-21	0,13	0,05	4,77	63,02	1,59	21,52	0,24	0,41	6,79	0,21	0,08	0,10	98,92	0,01	0,00	0,00	0,20	1,74	0,04	0,63	0,01	0,01	0,35	0,01	0,00	0,00	0,90	0,36
LO-21	0,05	0,04	4,94	63,16	1,74	21,29	0,27	0,41	6,94	0,31	0,00	0,10	99,27	0,00	0,00	0,00	0,20	1,74	0,05	0,62	0,01	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,90	0,37

Caracterización mineralógica del perfil laterítico de Ni de Loma Ortega. República Dominicana

Chr	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3(c)	FeO	V2O3	MnO	MgO	ZnO	NiO	CoO	Sum	Al/Al														
													Ox%	Si	Ti	IV	Al VI	Cr	Fe3+	Fe2+	V	Mn2+	Mg	Zn	Ni	Co	Cr#	Mg#
Sondeo 954-0307																												
LO-53	0,05	0,08	5,81	62,43	1,71	21,27	0,23	0,39	7,21	0,18	0,00	0,07	99,44	0,00	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,61	0,01	0,01	0,37	0,01	0,00	0,00	0,88	0,38
LO-53	0,05	0,05	5,81	62,49	1,90	21,20	0,21	0,36	7,25	0,29	0,01	0,06	99,66	0,00	0,00	0,00	0,24	1,70	0,05	0,61	0,01	0,01	0,37	0,01	0,00	0,00	0,88	0,38
LO-53	0,07	0,01	5,77	62,18	1,46	21,49	0,18	0,39	6,85	0,23	0,01	0,08	98,72	0,00	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,63	0,01	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,88	0,36
LO-53	0,05	0,02	5,89	62,43	1,53	21,33	0,22	0,38	7,03	0,18	0,09	0,13	99,29	0,00	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,62	0,01	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,88	0,37
LO-53	0,08	0,03	5,80	62,27	1,44	21,45	0,22	0,35	6,98	0,16	0,08	0,07	98,93	0,00	0,00	0,00	0,24	1,71	0,04	0,62	0,01	0,01	0,36	0,00	0,00	0,00	0,88	0,37
LO-53	0,08	0,02	6,00	61,97	1,34	22,44	0,24	0,37	6,32	0,26	0,03	0,13	99,20	0,00	0,00	0,00	0,25	1,71	0,04	0,65	0,01	0,01	0,33	0,01	0,00	0,00	0,87	0,33
LO-53	0,02	0,04	5,92	61,13	1,99	22,21	0,16	0,40	6,25	0,32	0,00	0,13	98,58	0,00	0,00	0,00	0,24	1,70	0,05	0,65	0,01	0,01	0,33	0,01	0,00	0,00	0,87	0,33

Tabla 2.- Composición química del olivino de Loma Ortega. Análisis realizados mediante microsonda.

Olivino	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Sum Ox%	Si	Ti	Al/Al IV	Al VI	Cr	Fe2+	Mn2+	Mg	Ca	Ni
Sondeo 969-0303																				
LO-19	40,75	0,01	0,00	0,01	11,17	0,28	49,32	0,01	0,10	101,65	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,01	1,79	0,00	0,00
LO-19	40,94	0,04	0,00	0,02	8,27	0,12	52,04	0,00	0,41	101,84	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,86	0,00	0,01
LO-19	41,14	0,00	0,02	0,02	8,36	0,12	50,22	0,00	0,36	100,26	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,82	0,00	0,01
LO-19	41,38	0,00	0,00	0,00	8,34	0,17	51,17	0,01	0,46	101,53	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,83	0,00	0,01
LO-19	41,22	0,01	0,00	0,06	11,25	0,45	48,93	0,02	0,00	101,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,01	1,77	0,00	0,00
LO-19	41,44	0,02	0,00	0,03	8,49	0,11	51,14	0,00	0,40	101,64	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	1,83	0,00	0,01
LO-21	41,05	0,00	0,00	0,02	7,77	0,11	51,92	0,01	0,47	101,35	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	1,86	0,00	0,01
LO-21	41,23	0,04	0,00	0,01	7,96	0,15	52,02	0,00	0,34	101,74	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	1,86	0,00	0,01
LO-21	41,39	0,01	0,00	0,00	8,03	0,10	51,97	0,03	0,40	101,93	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	1,85	0,00	0,01
LO-21	41,29	0,00	0,00	0,02	7,83	0,14	51,69	0,01	0,37	101,35	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	1,85	0,00	0,01
LO-21	41,27	0,02	0,00	0,04	7,88	0,12	51,77	0,02	0,39	101,51	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	1,85	0,00	0,01

Tabla 3.- Composición química de la lizardita de Loma Ortega. Análisis realizados con microsonda

lizardita	SiO2	TiO2	Al2O3	Cr2O3	Fe2O3	MgO	CaO	NiO	Na2O	MnO	K2O	H2O(c)	Sum	Al/Al										Sum Cat#			
													Ox%	Si	Ti	IV	Al VI	Cr	Fe3+	Mg	Ca	Ni	Na		Mn2+	K	OH
Sondeo 969-0303																											
LO-4	45,97	0,01	0,08	0,03	2,11	39,73	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	13,17	101,17	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,87	
LO-4	45,20	0,00	0,02	0,01	2,01	39,68	0,01	0,10	0,00	0,01	0,00	13,02	100,05	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,88	
LO-4	41,37	0,00	0,11	0,01	10,54	37,97	0,00	0,16	0,00	0,14	0,00	12,99	103,30	1,91	0,00	0,01	0,00	0,00	0,37	2,61	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	4,00	8,91
LO-4	46,79	0,00	0,06	0,00	2,24	38,86	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	13,21	101,22	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,63	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,84	
LO-4	46,33	0,00	0,22	0,07	2,72	36,40	0,01	0,26	0,01	0,00	0,00	12,91	98,94	2,15	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	2,52	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,79	
LO-4	45,75	0,00	0,20	0,05	2,88	36,88	0,00	0,24	0,01	0,04	0,00	12,88	98,92	2,13	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	2,56	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,81	
LO-10	40,90	0,01	0,00	0,02	6,02	37,08	0,06	0,69	0,01	0,10	0,00	12,39	97,27	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	2,68	0,00	0,03	0,00	0,00	4,00	8,91	
LO-19	42,14	0,02	0,01	0,03	3,92	40,42	0,00	0,26	0,00	0,04	0,00	12,79	99,64	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	2,83	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,95	
LO-19	44,41	0,00	0,07	0,01	2,42	40,76	0,01	0,05	0,01	0,06	0,00	13,07	100,85	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,79	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,92	
LO-19	44,97	0,01	0,07	0,01	2,32	40,25	0,02	0,07	0,01	0,00	0,00	13,09	100,81	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,90	
LO-19	44,19	0,00	0,08	0,01	2,48	40,64	0,00	0,12	0,00	0,02	0,02	13,02	100,57	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	2,79	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,92	
LO-19	41,47	0,00	0,00	0,00	5,15	40,81	0,01	0,31	0,02	0,00	0,02	12,84	100,63	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,84	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,97	
LO-19	41,83	0,01	0,00	0,04	6,13	39,46	0,02	0,38	0,00	0,13	0,00	12,84	100,84	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	2,75	0,00	0,01	0,00	0,01	4,00	8,94	
LO-19	38,76	0,01	0,02	0,04	12,56	35,47	0,06	0,38	0,01	0,19	0,00	12,44	99,94	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	2,55	0,00	0,02	0,00	0,01	4,00	8,90	
LO-19	43,21	0,02	0,00	0,02	5,27	41,11	0,00	0,11	0,00	0,09	0,00	13,18	103,01	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,79	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,94	
LO-21	44,35	0,01	0,02	0,06	2,59	40,56	0,03	0,04	0,00	0,03	0,00	13,05	100,76	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	8,92	
LO-21	43,55	0,01	0,00	0,03	4,70	39,71	0,04	0,13	0,00	0,02	0,02	13,01	101,22	2,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	2,73	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,91	
LO-21	38,96	0,00	0,02	0,02	6,77	40,08	0,03	0,47	0,00	0,02	0,01	12,49	98,88	1,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	2,87	0,00	0,02	0,00	0,00	4,00	9,01	
LO-21	40,48	0,01	0,00	0,01	5,74	39,28	0,00	0,30	0,00	0,10	0,00	12,54	98,47	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	2,80	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,96	
LO-21	40,82	0,00	0,00	0,00	5,23	40,31	0,02	0,32	0,00	0,03	0,02	12,67	99,43	1,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	2,84	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,98	
LO-21	41,37	0,00	0,00	0,01	4,79	40,40	0,02	0,29	0,00	0,05	0,00	12,74	99,66	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	2,84	0,00	0,01	0,00	0,00	4,00	8,97	
Sondeo 954-0307																											
LO-53	44,17	0,00	0,02	0,05	2,51	38,25	0,03	1,44	-	0,06	0,01	12,81	99,34	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	2,67	0,00	0,05	-	0,00	0,00	4,00	8,89
LO-53	44,67	0,01	0,05	0,01	2,37	38,92	0,02	1,40	-	0,01	0,03	12,96	100,46	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,68	0,00	0,05	-	0,00	0,00	4,00	8,89
LO-53	44,45	0,02	0,07	0,05	2,55	38,80	0,04	0,96	-	0,04	0,03	12,91	99,92	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	2,69	0,00	0,04	-	0,00	0,00	4,00	8,89
LO-53-	46,06	0,00	0,04	0,00	2,30	39,90	0,02	0,52	-	0,02	0,00	13,25	102,12	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,69	0,00	0,02	-	0,00	0,00	4,00	8,88
LO-53	44,11	0,01	0,04	0,00	2,37	37,86	0,00	1,28	-	0,12	0,02	12,73	98,53	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,66	0,00	0,05	-	0,01	0,00	4,00	8,88
LO-53	44,33	0,02	0,06	0,05	2,56	37,65	0,06	1,30	-	0,10	0,02	12,77	98,91	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	2,64	0,00	0,05	-	0,00	0,00	4,00	8,87

Tabla 4.- Composición química de los óxidos de manganeso de Loma Ortega. Análisi realizados con microsonda

Ox. de Mn	Mg Ox%	Al Ox%	Si Ox%	K Ox%	Ca Ox%	Ti Ox%	Cr Ox%	Mn Ox%	Fe Ox%	Co Ox%	Ni Ox%	Sum Ox%	Mg W%	Al W%	Si W%	K W%	Ca W%	Ti W%	Cr W%	Mn W%	Fe W%	Co W%	Ni W%	Sum W%
Sondeo 969-0303																								
LO-4	10,84	0,28	11,23	0,00	0,98	0,02	0,08	27,98	10,35	4,06	12,53	78,41	6,54	0,15	5,25	0,00	0,70	0,01	0,05	21,67	7,24	3,20	9,84	78,41
LO-4	6,38	0,32	3,28	0,00	0,09	0,01	0,09	29,73	14,89	5,24	14,06	74,14	3,85	0,17	1,53	0,00	0,07	0,01	0,06	23,03	10,41	4,12	11,05	74,14
LO-4	6,06	0,33	3,17	0,00	0,09	0,00	0,11	30,33	16,17	5,81	13,55	75,62	3,65	0,17	1,48	0,00	0,06	0,00	0,07	23,49	11,31	4,57	10,65	75,62
LO-4	5,26	0,26	6,05	0,00	0,10	0,02	0,05	24,46	20,65	5,56	12,04	74,47	3,17	0,14	2,83	0,00	0,07	0,01	0,04	18,95	14,44	4,38	9,46	74,47
LO-4	6,28	0,25	1,42	0,00	0,03	0,03	0,03	33,84	11,99	6,00	14,16	74,04	3,79	0,13	0,67	0,00	0,02	0,02	0,02	26,21	8,39	4,72	11,13	74,04
LO-4	6,06	0,16	6,00	0,00	0,05	0,00	0,10	24,50	21,80	4,90	10,50	74,09	3,66	0,09	2,80	0,00	0,04	0,00	0,07	18,97	15,25	3,85	8,25	74,09
LO-10-	5,98	0,00	4,92	0,00	0,08	0,05	0,06	11,46	59,31	0,08	0,58	82,56	3,61	0,00	2,30	0,00	0,06	0,03	0,04	8,88	41,48	0,06	0,45	82,56
LO-10-	3,85	0,04	6,61	0,00	0,28	0,02	0,02	58,61	8,91	0,09	0,61	79,07	2,32	0,02	3,09	0,00	0,20	0,01	0,01	45,39	6,23	0,07	0,48	79,07
Sondeo 954-0307																								
LO-51	0,00	0,03	0,59	0,06	0,04	0,00	0,04	52,82	0,19	0,48	16,06	70,81	0,00	0,02	0,28	0,05	0,03	0,00	0,03	40,91	0,13	0,38	12,62	70,81
LO-51	0,08	0,00	0,46	0,04	0,04	0,01	0,05	51,85	0,21	0,48	16,05	69,62	0,05	0,00	0,21	0,03	0,03	0,00	0,04	40,16	0,14	0,38	12,61	69,62
LO-51	0,12	0,01	0,70	0,21	0,09	0,00	0,01	53,97	0,15	0,70	14,00	70,40	0,07	0,00	0,33	0,17	0,06	0,00	0,01	41,80	0,11	0,55	11,00	70,40
LO-51-	0,03	0,01	0,40	0,12	0,08	0,00	0,02	53,01	0,12	0,68	14,93	69,69	0,02	0,01	0,19	0,10	0,06	0,00	0,01	41,06	0,09	0,53	11,73	69,69
LO-51	0,12	0,02	1,62	0,42	0,10	0,00	0,04	54,94	0,25	0,99	11,72	70,54	0,08	0,01	0,76	0,34	0,07	0,00	0,02	42,55	0,18	0,78	9,21	70,54
LO-51	0,17	0,00	0,52	0,19	0,06	0,00	0,03	53,54	0,16	0,61	14,83	70,27	0,10	0,00	0,24	0,15	0,04	0,00	0,02	41,47	0,11	0,48	11,66	70,27
LO-51	0,14	0,02	0,62	0,15	0,09	0,01	0,03	53,74	0,24	0,82	13,56	69,56	0,09	0,01	0,29	0,12	0,06	0,01	0,02	41,62	0,17	0,65	10,65	69,56
LO-51	3,99	0,01	4,44	0,07	0,30	0,03	0,01	34,27	8,32	4,10	14,05	69,66	2,41	0,00	2,08	0,06	0,22	0,02	0,01	26,54	5,82	3,23	11,04	69,66
LO-51	3,59	0,00	6,10	0,08	0,43	0,00	0,04	35,44	10,79	6,09	15,59	78,21	2,16	0,00	2,85	0,06	0,31	0,00	0,03	27,45	7,55	4,79	12,25	78,21
LO-51	5,04	0,03	1,05	0,05	0,39	0,00	0,00	29,81	10,10	6,51	11,91	65,06	3,04	0,02	0,49	0,05	0,28	0,00	0,00	23,09	7,06	5,12	9,36	65,06

Tabla 5.- Composición química de las fases de Mg-Fe-Si de Loma Ortega. Análisi realizados con microsonda

Fases Mg-Fe-Si	Na Ox%	Mg Ox%	Al Ox%	Si Ox%	K Ox%	Ca Ox%	Ti Ox%	Cr Ox%	Mn Ox%	Fe Ox%	Co Ox%	Ni Ox%	Sum Ox%
Sondeo 969-0303													
LO-2	0,00	23,58	0,13	44,89	0,00	0,01	0,00	0,06	0,01	2,47	0,05	0,71	71,91
LO-2	0,00	27,01	0,13	31,80	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	3,10	0,00	0,85	62,97
LO-2	0,00	28,69	0,13	35,16	0,00	0,00	0,00	0,09	0,05	2,64	0,00	0,67	67,44
LO-10	0,00	32,35	0,00	42,15	0,00	0,05	0,02	0,08	0,03	5,59	0,01	0,78	81,06
LO-10	0,02	29,20	0,00	40,50	0,01	0,06	0,03	0,00	0,04	3,87	0,00	0,57	74,30
LO-10	0,01	26,76	0,01	43,45	0,00	0,10	0,02	0,00	0,03	8,17	0,00	1,13	79,68
LO-10	0,00	32,51	0,06	40,97	0,00	0,03	0,01	0,03	0,00	4,08	0,00	0,54	78,24
LO-10	0,00	48,76	0,01	39,27	0,00	0,02	0,04	0,00	0,13	8,93	0,00	0,45	97,62
LO-10	0,01	37,08	0,00	40,90	0,00	0,06	0,01	0,02	0,10	5,42	0,00	0,69	84,28
LO-10	0,01	32,56	0,01	39,51	0,00	0,06	0,00	0,03	0,02	5,35	0,00	0,78	78,33
LO-16-	0,00	0,31	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	101,20	0,07	0,15	101,97
LO-16-	0,01	0,34	0,00	0,16	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	102,48	0,15	0,13	103,37
LO-16-	0,00	0,44	0,00	0,22	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	91,98	0,08	0,04	92,84
LO-16-	0,01	26,50	0,00	42,16	0,02	0,11	0,00	0,00	0,12	11,58	0,04	0,54	81,12
LO-16-	0,02	8,61	0,00	19,39	0,06	0,18	0,00	0,01	1,39	58,21	0,04	0,85	88,77
LO-16	0,01	17,83	0,00	39,56	0,06	0,22	0,00	0,00	0,11	9,78	0,00	0,81	68,48
LO-16	0,02	28,55	0,00	38,51	0,02	0,09	0,00	0,01	0,02	7,11	0,04	0,48	74,89
LO-16	0,01	36,03	0,03	42,09	0,01	0,07	0,01	0,00	0,05	4,53	0,00	0,46	83,29
LO-16	0,00	39,54	0,04	46,68	0,01	0,01	0,00	0,10	0,02	2,00	0,00	0,17	88,60
LO-16	0,00	10,69	0,01	13,09	0,01	0,13	0,00	0,11	1,22	70,52	0,58	0,54	97,01
LO-19	0,00	12,98	0,00	50,69	0,02	0,40	0,00	0,04	0,00	14,48	0,03	0,37	79,05
LO-19	0,02	21,67	0,00	52,22	0,03	0,18	0,00	0,00	0,01	8,72	0,02	0,43	83,43
LO-19	0,02	11,78	0,00	46,40	0,05	0,26	0,03	0,00	0,02	14,67	0,04	0,38	73,65
LO-19	0,01	31,67	0,00	35,24	0,01	0,10	0,01	0,02	0,08	5,86	0,00	0,37	73,37
LO-19	0,01	33,86	0,00	40,34	0,01	0,06	0,02	0,04	0,04	4,42	0,00	0,42	79,22
LO-19	0,01	23,74	0,00	26,68	0,00	0,09	0,00	0,06	0,02	5,59	0,00	0,54	56,76
LO-19	0,00	24,01	0,00	49,75	0,00	0,10	0,00	0,00	0,05	4,90	0,00	0,41	79,26
LO-19	0,01	30,50	0,01	37,65	0,01	0,03	0,01	0,00	0,06	3,35	0,03	0,27	71,94

Tabla 1 .- Composición química (roca total) del sondeo 969-0303

LAB NO.	HOYO	Sample ID	TOMADA	From	To	Mine Facies	Geol Facies	Ni	Fe	Co	MgO	SiO2	Al2O3	S	Cr2O3	MnO	P
6-28644	O 969-0303	DR-001205	10/17/06	0,00	0,30	C	DB5	1,180	14,607	0,029	13,543	47,820	1,828	0,005	0,955	0,231	0,003
6-28645	O 969-0303	DR-001206	10/17/06	0,30	1,10	C	DB5	0,892	10,996	0,022	15,146	52,977	1,452	0,003	4,140	0,191	0,002
6-28646	O 969-0303	DR-001207	10/17/06	1,10	2,20	C	DB5	0,547	8,318	0,016	29,714	43,396	0,749	0,003	0,594	0,140	0,001
6-28647	O 969-0303	DR-001208	10/17/06	2,20	2,40	C/D	DB4/3	0,870	10,509	0,023	22,426	47,157	0,815	0,003	0,850	0,201	0,002
6-28648	O 969-0303	DR-001209	10/17/06	2,40	3,50	C	DB4	0,580	9,259	0,018	21,124	50,224	0,860	0,003	0,639	0,156	0,002
6-28649	O 969-0303	DR-001210	10/17/06	3,50	3,70	D/E	DN3/2	0,642	10,261	0,021	23,740	47,075	0,657	0,002	0,732	0,178	0,001
6-28650	O 969-0303	DR-001211	10/17/06	3,70	4,50	C	DB4	0,526	9,639	0,020	24,108	47,198	0,878	0,002	0,640	0,172	0,001
6-28651	O 969-0303	DR-001212	10/17/06	4,50	4,80	E/D	DN2/3	0,413	7,918	0,016	20,259	55,721	0,783	0,002	0,637	0,137	0,001
6-28652	O 969-0303	DR-001213	10/17/06	4,80	5,40	C/D	DB4/3	0,460	8,960	0,018	26,621	45,967	0,836	0,002	0,501	0,149	0,001
6-28653	O 969-0303	DR-001214	10/17/06	5,40	5,85	E/D	DN2/3	0,506	7,718	0,016	29,369	43,321	0,744	0,003	0,542	0,141	0,001
6-28654	O 969-0303	DR-001215	10/17/06	5,85	6,55	F/E	DI1/2	0,398	7,111	0,013	34,536	40,337	0,724	0,004	0,572	0,120	0,001
6-28655	O 969-0303	DR-001216	10/17/06	6,55	6,85	D/C	DB3/4	0,664	8,420	0,015	19,981	53,166	1,310	0,002	0,520	0,134	0,001
6-28656	O 969-0303	DR-001217	10/17/06	6,85	6,95	F/E	DI1/2	0,627	7,928	0,015	30,559	42,417	0,728	0,002	0,565	0,130	0,001
6-28657	O 969-0303	DR-001218	10/17/06	6,95	7,50	C/D	DB3/4	0,790	10,089	0,020	18,941	51,669	0,848	0,004	0,609	0,175	0,002
6-28658	O 969-0303	DR-001219	10/17/06	7,50	7,70	E	DN2	0,493	7,545	0,015	31,201	41,364	0,664	0,002	0,503	0,133	0,002
6-28659	O 969-0303	DR-001220	10/17/06	7,70	8,00	D	DN3	0,486	8,491	0,016	25,468	47,810	1,168	0,003	0,466	0,138	0,001
6-28660	O 969-0303	DR-001221	10/17/06	8,00	8,50	E/F	DI2/1	0,460	7,428	0,014	31,950	42,532	0,643	0,003	0,480	0,124	0,002
6-28661	O 969-0303	DR-001222	10/17/06	8,50	9,55	D/C	DB3/4	0,393	7,832	0,015	28,912	45,213	0,793	0,002	0,552	0,132	0,001
6-28662	O 969-0303	DR-001223	10/17/06	9,55	9,90	F/E	DI2/1	0,344	7,096	0,014	31,628	41,700	0,695	0,003	0,528	0,120	0,000
6-28663	O 969-0303	DR-001224	10/17/06	9,90	10,30	E/D	DN2/3	0,419	8,024	0,016	28,120	45,276	0,805	0,002	0,527	0,144	0,002
6-28664	O 969-0303	DR-001225	10/17/06	10,30	11,00	E/D	DN2/3	0,364	7,574	0,014	31,473	42,326	0,669	0,004	0,517	0,125	0,001
6-28665	O 969-0303	DR-001226	10/17/06	11,00	11,60	D	DN3	0,364	7,439	0,015	30,111	44,591	0,720	0,003	0,523	0,116	0,001
6-28666	O 969-0303	DR-001227	10/17/06	11,60	12,05	F/E	DI1/2	0,362	7,272	0,014	31,259	41,509	0,667	0,003	0,479	0,124	0,001
6-28667	O 969-0303	DR-001228	10/17/06	12,05	12,75	C/D	DB4/3	0,452	8,641	0,017	28,198	44,638	0,837	0,002	0,756	0,149	0,002
6-28668	O 969-0303	DR-001229	10/17/06	12,75	13,20	F/E	DI1/2	0,354	7,192	0,014	31,369	42,449	0,663	0,002	0,469	0,124	0,001

6-28669	O 969-0303	DR-001230	10/17/06	13,20	13,30	C/D	DB4/3	0,368	7,508	0,014	29,843	44,385	0,770	0,001	0,520	0,127	0,001
6-28670	O 969-0303	DR-001231	10/17/06	13,30	13,80	F/E	DI1/2	0,336	6,936	0,013	33,335	40,279	0,680	0,004	0,491	0,114	0,001
6-28671	O 969-0303	DR-001232	10/17/06	13,80	14,40	F	DI1	0,276	6,394	0,012	32,626	39,260	0,802	0,002	0,424	0,111	0,001
6-28672	O 969-0303	DR-001233	10/17/06	14,40	14,75	D	DS3	0,315	6,683	0,012	32,576	41,276	0,731	0,002	0,467	0,108	0,001
6-28673	O 969-0303	DR-001234	10/17/06	14,75	15,05	F	DI1	0,360	7,056	0,014	32,429	39,704	0,674	0,003	0,454	0,116	0,001
6-28674	O 969-0303	DR-001235	10/17/06	15,05	15,35	D	DS3	0,378	7,654	0,015	30,140	41,069	0,778	0,002	0,480	0,133	0,001
6-28675	O 969-0303	DR-001236	10/17/06	15,35	16,50	E/F	DN/I2/1	0,345	7,384	0,014	32,427	40,710	0,678	0,003	0,528	0,120	0,001
6-28676	O 969-0303	DR-001237	10/17/06	16,50	18,00	E/F	DN/I2/1	0,313	7,000	0,013	32,592	39,940	0,765	0,003	0,459	0,111	0,001
6-28677	O 969-0303	DR-001238	10/17/06	18,00	18,85	F	DI1	0,287	6,420	0,012	35,296	38,399	0,697	0,006	0,452	0,107	0,001
6-28678	O 969-0303	DR-001239	10/17/06	18,85	19,30	E	DN2	0,284	5,827	0,010	35,018	40,361	0,860	0,003	0,430	0,090	0,001
6-28679	O 969-0303	DR-001240	10/17/06	19,30	19,90	F	DI1	0,310	6,507	0,012	33,294	39,200	0,709	0,004	0,459	0,113	0,001
6-28680	O 969-0303	DR-001241	10/17/06	19,90	20,30	F	DI1/2	0,294	5,979	0,011	32,942	41,836	0,792	0,003	0,401	0,098	0,001
6-28681	O 969-0303	DR-001242	10/17/06	20,30	21,25	F	DI1	0,332	6,811	0,013	33,517	38,818	0,810	0,004	0,466	0,118	0,001

Tabla 2 .- Composición química (roca total) del sondeo 954-0307

LAB NO.	HOYO	Sample ID	TOMADA	From	To	Mine Facies	Geol Facies	Ni	Fe	Co	MgO	SiO2	Al2O3	S	Cr2O3	MnO	P
6-28196	O 954-0307	DR-001816	10/02/06	0,00	0,50	C	HB5	0,522	11,937	0,028	2,105	67,534	0,821	0,008	0,906	0,192	0,003
6-28197	O 954-0307	DR-001817	10/02/06	0,50	1,00	C	HB5	0,502	12,557	0,029	2,076	68,211	0,789	0,008	0,948	0,205	0,003
6-28198	O 954-0307	DR-001958	10/02/06	1,00	1,65	C	HB5	0,692	11,988	0,026	4,699	65,409	0,640	0,004	0,839	0,209	0,002
6-28199	O 954-0307	DR-001818	10/02/06	1,65	2,40	C	HB5	0,752	8,960	0,019	9,889	67,925	0,597	0,003	0,661	0,153	0,002
6-28200	O 954-0307	DR-001819	10/02/06	2,40	2,95	C	HB5	2,624	12,845	0,032	23,820	44,069	0,863	0,004	1,015	0,238	0,002
6-28201	O 954-0307	DR-001820	10/02/06	2,95	3,55	C	HB5	2,273	7,495	0,017	31,078	42,354	1,605	0,004	0,537	0,125	0,001
6-28202	O 954-0307	DR-001821	10/02/06	3,55	4,55	C/D	HB4/3	1,290	11,795	0,024	16,539	55,083	0,662	0,003	0,790	0,202	0,002
6-28203	O 954-0307	DR-001822	10/02/06	4,55	5,00	C	DB5	2,731	8,510	0,018	31,201	40,484	0,702	0,005	0,668	0,148	0,001
6-28204	O 954-0307	DR-001823	10/02/06	5,00	5,35	E	DB2	1,939	9,885	0,021	24,826	46,036	0,671	0,004	0,644	0,185	0,001
6-28205	O 954-0307	DR-001824	10/02/06	5,35	6,05	C	DB5	2,684	7,979	0,016	29,629	40,505	0,709	0,006	0,518	0,135	0,000

6-28206	O 954-0307	DR-001825	10/02/06	6,05	6,65	E/F	DN2/1	1,737	10,325	0,022	18,737	52,956	0,676	0,004	0,685	0,189	0,001
6-28207	O 954-0307	DR-001826	10/02/06	6,65	6,85	C	DB5	2,929	7,856	0,015	30,146	40,170	0,717	0,005	0,500	0,127	0,001
6-28208	O 954-0307	DR-001827	10/02/06	6,85	7,00	F	DN1/2	0,272	7,016	0,012	31,577	40,683	1,411	0,006	0,502	0,129	0,001
6-28209	O 954-0307	DR-001828	10/02/06	7,00	7,50	C	DB5	2,205	6,984	0,014	31,960	42,426	0,732	0,006	0,501	0,111	0,001
6-28210	O 954-0307	DR-001829	10/02/06	7,50	8,00	F/E	DN1/2	1,535	7,306	0,014	24,608	53,320	0,687	0,004	0,522	0,123	0,001
6-28211	O 954-0307	DR-001830	10/02/06	8,00	8,30	C	DB5	2,251	6,786	0,013	30,634	43,489	0,648	0,004	0,464	0,110	0,001
6-28213	O 954-0307	DR-001831	10/02/06	8,30	8,55	D	DN3	1,721	8,771	0,018	22,486	49,248	0,665	0,003	0,638	0,153	0,001
6-28214	O 954-0307	DR-001832	10/02/06	8,55	8,70	C	DB5	1,738	7,835	0,015	32,889	44,990	0,708	0,004	0,570	0,092	0,001
6-28215	O 954-0307	DR-001833	10/02/06	8,70	8,90	D	DB3	2,561	8,114	0,017	28,961	44,632	0,708	0,004	0,715	0,150	0,000
6-28216	O 954-0307	DR-001834	10/02/06	8,90	9,00	E	DB2	1,823	9,273	0,020	24,246	48,752	0,654	0,003	0,651	0,172	0,001
6-28217	O 954-0307	DR-001835	10/02/06	9,00	9,10	C	DB5/4	2,886	8,042	0,017	28,979	41,924	0,914	0,005	0,530	0,138	0,001
6-28218	O 954-0307	DR-001836	10/02/06	9,10	9,35	D/E	DB3/2	1,235	6,818	0,013	34,581	39,880	0,702	0,005	0,494	0,116	0,001
6-28219	O 954-0307	DR-001837	10/02/06	9,35	9,60	F	HI1	2,779	8,093	0,017	31,192	41,262	0,770	0,005	0,556	0,142	0,001
6-28220	O 954-0307	DR-001838	10/02/06	9,60	10,65	D/E	HB3/2	2,233	8,100	0,016	31,956	41,664	0,702	0,003	0,567	0,135	0,000
6-28221	O 954-0307	DR-001839	10/02/06	10,65	11,00	E	HB2	2,104	8,425	0,018	32,051	41,800	0,734	0,004	0,643	0,150	0,001
6-28222	O 954-0307	DR-001840	10/02/06	11,00	11,15	D	HB3	2,051	7,498	0,016	34,224	41,571	0,703	0,003	0,590	0,140	0,001
6-28223	O 954-0307	DR-001841	10/02/06	11,15	11,40	D/E	HB3/2	2,130	7,441	0,015	32,308	43,289	0,714	0,004	0,559	0,132	0,001
6-28224	O 954-0307	DR-001842	10/02/06	11,40	11,80	C	HB4	2,269	7,320	0,014	32,385	43,495	1,132	0,006	0,583	0,142	0,001
6-28225	O 954-0307	DR-001843	10/02/06	11,80	12,25	E/F	HN2/3	2,014	7,519	0,014	34,133	40,002	1,682	0,004	0,581	0,118	0,001
6-28226	O 954-0307	DR-001844	10/02/06	12,25	12,45	D/E	HB3/2	1,906	7,515	0,014	30,895	39,501	1,800	0,006	0,552	0,144	0,000
6-28227	O 954-0307	DR-001845	10/02/06	12,45	12,65	E/F	HN2/1	1,990	7,454	0,015	34,358	39,683	1,730	0,004	0,506	0,127	0,001
6-28228	O 954-0307	DR-001846	10/02/06	12,65	13,00	D	HB3	3,155	6,380	0,013	33,664	42,914	0,913	0,006	0,494	0,101	0,001
6-28229	O 954-0307	DR-001847	10/02/06	13,00	13,50	D	HB3	0,984	7,085	0,013	35,447	39,347	0,978	0,006	0,513	0,123	0,001
6-28230	O 954-0307	DR-001848	10/02/06	13,50	14,30	F	HI1	1,379	9,041	0,018	33,234	43,079	0,942	0,004	0,596	0,146	0,001
6-28231	O 954-0307	DR-001849	10/02/06	14,30	14,55	E/D	HB2/3	1,146	7,981	0,016	34,035	40,703	0,822	0,004	0,541	0,165	0,001
6-28232	O 954-0307	DR-001850	10/02/06	14,55	14,70	E/F	HN2/3	1,188	8,329	0,016	31,977	45,235	0,999	0,003	0,576	0,162	0,001
6-28233	O 954-0307	DR-001951	10/02/06	14,70	15,60	C/D	HB4/3	0,827	7,346	0,014	35,016	41,237	0,834	0,007	0,524	0,144	0,000
6-28234	O 954-0307	DR-001952	10/02/06	15,60	16,00	F	HN1	1,059	8,727	0,017	31,212	45,054	0,938	0,004	0,634	0,152	0,001
6-28235	O 954-0307	DR-001953	10/02/06	16,00	16,30	C	HB4	1,305	9,290	0,019	30,170	42,175	1,116	0,004	0,614	0,201	0,001

6-28236	O 954-0307	DR-001954	10/02/06	16,30	16,50	E	HB2	1,181	9,772	0,020	31,351	39,098	1,637	0,004	0,834	0,212	0,001
6-28237	O 954-0307	DR-001955	10/02/06	16,50	16,70	C	HB4	1,334	8,953	0,017	31,653	38,987	1,518	0,005	0,656	0,199	0,000
6-28238	O 954-0307	DR-001956	10/02/06	16,70	16,80	E/F	HN2/1	0,961	9,502	0,019	30,377	42,364	2,001	0,004	0,734	0,183	0,001
6-28239	O 954-0307	DR-001957	10/02/06	16,80	17,00	E/D	HB2/3	0,946	8,345	0,017	34,781	40,858	1,631	0,004	0,539	0,153	0,001
6-28240	O 954-0307	DR-001959	10/04/06	17,00	17,15	D/C	HB4/3	0,965	9,731	0,019	33,658	41,299	2,058	0,004	0,616	0,165	0,000
6-28241	O 954-0307	DR-001960	10/04/06	17,15	17,45	D/C	HB3/4	1,093	8,388	0,017	33,026	40,502	1,981	0,004	0,604	0,162	0,001
6-28242	O 954-0307	DR-001961	10/04/06	17,45	17,55	E/F	HI1/2	1,150	7,403	0,014	32,761	40,778	1,875	0,006	0,535	0,145	0,001
6-28243	O 954-0307	DR-001962	10/04/06	17,55	17,80	D/C	HB4/3	1,166	8,171	0,016	32,833	40,627	1,829	0,004	0,575	0,152	0,001
6-28244	O 954-0307	DR-001963	10/04/06	17,80	18,20	E	HN2	0,635	6,920	0,012	35,097	39,806	1,459	0,006	0,546	0,124	0,001
6-28245	O 954-0307	DR-001964	10/04/06	18,20	18,55	F	HI1/2	0,967	8,774	0,017	34,699	40,709	1,376	0,004	0,503	0,142	0,000
6-28246	O 954-0307	DR-001965	10/04/06	18,55	18,70	D/C	HB4/3	0,887	7,828	0,015	32,889	39,496	1,350	0,006	0,511	0,143	0,001
6-28247	O 954-0307	DR-001966	10/04/06	18,70	19,10	D/E	HB3/2	0,684	6,919	0,012	34,052	39,261	1,741	0,007	0,503	0,134	0,000
6-28248	O 954-0307	DR-001967	10/04/06	19,10	19,40	F	HI1	0,829	7,034	0,013	34,104	40,763	2,237	0,005	0,579	0,113	0,001
6-28249	O 954-0307	DR-001968	10/04/06	19,40	19,70	D/F	HN3/2	0,587	7,205	0,013	34,814	39,860	1,660	0,007	0,529	0,130	0,001
6-28250	O 954-0307	DR-001969	10/04/06	19,70	20,00	F	HI1	0,693	7,004	0,014	34,082	40,133	1,699	0,005	0,511	0,122	0,000
6-28251	O 954-0307	DR-001970	10/04/06	20,00	20,40	D/C	HB3/2	0,340	7,335	0,013	35,720	40,313	1,513	0,006	0,492	0,130	0,000
6-28252	O 954-0307	DR-001971	10/04/06	20,40	21,35	F	HI1	0,302	7,045	0,012	35,554	40,706	1,697	0,007	0,509	0,124	0,001
6-28253	O 954-0307	DR-001972	10/04/06	21,35	22,25	F	HI1	0,368	7,438	0,014	34,488	40,172	1,657	0,006	0,564	0,132	0,001
6-28254	O 954-0307	DR-001973	10/04/06	22,25	23,50	F	HI1/2	0,346	7,702	0,015	36,183	41,354	1,435	0,006	0,470	0,127	0,001
6-28255	O 954-0307	DR-001974	10/04/06	23,50	23,90	D/E	HN2	0,376	7,605	0,015	33,898	40,244	1,483	0,004	0,537	0,149	0,001
6-28256	O 954-0307	DR-001975	10/04/06	23,90	24,25	D	HB2/3	0,355	7,407	0,014	34,978	42,703	1,041	0,004	0,507	0,112	0,001
6-28257	O 954-0307	DR-001976	10/04/06	24,25	24,50	C/D	HB3/4	0,330	7,273	0,014	35,673	40,784	1,054	0,004	0,452	0,139	0,000
6-28258	O 954-0307	DR-001977	10/04/06	24,50	25,10	D/E	HN2	0,466	7,782	0,009	13,341	45,118	8,458	0,003	0,301	0,155	0,002
6-28259	O 954-0307	DR-001978	10/04/06	25,10	25,50	C	HB5	0,322	7,455	0,014	35,898	41,357	1,391	0,005	0,492	0,145	0,000
6-28260	O 954-0307	DR-001979	10/04/06	25,50	26,00	D	HN2	1,217	7,260	0,015	33,739	41,528	1,164	0,005	0,522	0,128	0,001
6-28261	O 954-0307	DR-001980	10/04/06	26,00	26,65	D/C	HB3/4	0,376	7,315	0,014	34,977	40,925	1,344	0,004	0,492	0,127	0,000
6-28262	O 954-0307	DR-001981	10/04/06	26,65	27,25	F/E	HI1/2	0,383	7,895	0,015	35,673	41,704	1,299	0,003	0,520	0,136	0,000
6-28263	O 954-0307	DR-001982	10/04/06	27,25	27,40	C/D	HI3/4	0,332	7,168	0,014	34,529	41,070	1,127	0,005	0,429	0,126	0,001
6-28264	O 954-0307	DR-001983	10/04/06	27,40	27,60	F/E	HI1/2	0,311	6,119	0,012	33,484	39,486	0,791	0,003	0,484	0,122	0,001

6-28265	O 954-0307	DR-001984	10/04/06	27,60	28,10	D/C	HB3/4	0,337	7,454	0,013	36,674	44,122	0,722	0,004	0,441	0,082	0,001
6-28266	O 954-0307	DR-001985	10/04/06	28,10	28,25	D	HB3	0,383	7,038	0,014	36,836	42,776	0,776	0,004	0,496	0,148	0,001
6-28267	O 954-0307	DR-001986	10/04/06	28,25	28,85	D	HB3	0,336	6,163	0,012	37,617	42,346	1,096	0,005	0,511	0,083	0,000
6-28268	O 954-0307	DR-001987	10/04/06	28,85	28,95	E/D	HN2/3	0,407	6,741	0,014	36,681	41,671	1,111	0,004	0,502	0,101	0,001
6-28269	O 954-0307	DR-001988	10/04/06	28,95	29,30	C	HB4	0,487	8,309	0,018	33,503	43,752	0,844	0,003	0,545	0,270	0,001
6-28270	O 954-0307	DR-001989	10/04/06	29,30	29,60	C	HB5	0,402	6,647	0,015	35,849	42,571	1,397	0,004	0,513	0,143	0,001
6-28271	O 954-0307	DR-001990	10/04/06	29,60	29,90	D	HB3	0,304	7,040	0,012	34,848	46,631	1,061	0,004	0,508	0,074	0,001
6-28272	O 954-0307	DR-001991	10/04/06	29,90	30,20	D	HB3	0,225	5,668	0,009	16,970	70,930	0,695	0,003	0,398	0,091	0,002
6-28273	O 954-0307	DR-001992	10/04/06	30,20	31,65	D	DN3/2	0,398	8,291	0,016	27,722	52,429	0,715	0,003	0,587	0,199	0,002
6-28274	O 954-0307	DR-001993	10/04/06	31,65	31,75	C	DB5	0,185	5,285	0,008	13,878	74,430	0,689	0,002	0,370	0,075	0,001
6-28275	O 954-0307	DR-001994	10/04/06	31,75	31,90	D	DN2	0,253	6,471	0,012	20,481	65,238	0,676	0,002	0,475	0,103	0,001
6-28276	O 954-0307	DR-001995	10/04/06	31,90	32,60	C	DB5	0,225	5,235	0,009	20,376	66,376	0,790	0,003	0,370	0,073	0,001
6-28277	O 954-0307	DR-001996	10/04/06	32,60	32,70	D	DN3	0,323	6,853	0,013	33,091	48,794	0,709	0,003	0,494	0,121	0,001
6-28278	O 954-0307	DR-001997	10/04/06	32,70	33,75	D	DN3	0,296	6,313	0,012	34,986	46,681	0,726	0,003	0,472	0,097	0,000
6-28279	O 954-0307	DR-001998	10/04/06	33,75	34,35	E	HN2	0,290	5,950	0,012	37,431	43,228	0,761	0,004	0,478	0,105	0,001
6-28280	O 954-0307	DR-001999	10/04/06	34,35	34,75	E	HI2	0,285	5,674	0,012	36,353	44,889	0,726	0,004	0,368	0,083	0,001
6-28281	O 954-0307	DR-002000	10/04/06	34,75	35,05	D/E	HN3/2	0,285	6,169	0,011	36,715	44,054	0,738	0,005	0,450	0,083	0,001
6-28282	O 954-0307	DR-002001	10/04/06	35,05	35,90	F	HI1/2	0,271	5,602	0,010	36,661	42,726	0,722	0,004	0,436	0,077	0,000
6-28283	O 954-0307	DR-002002	10/04/06	35,90	36,50	F	HI1/2	0,291	5,859	0,011	37,014	43,604	0,750	0,004	0,439	0,084	0,001
6-28284	O 954-0307	DR-002003	10/04/06	36,50	37,40	F	HI1/2	0,225	5,115	0,008	21,376	65,376	0,790	0,003	0,420	0,073	0,001