

## **9. VULCANISMO ANDESÍTICO DEL CRETÁCICO SUPERIOR**

Con el objetivo de reafirmar la ubicación estratigráfica del vulcanismo que antecede a las intrusiones del área, se realizó un estudio petrográfico que permite definir las características mineralógicas de estas rocas, y compararlas con las reportadas en la literatura para otros afloramientos de la Formación Tarahumara.

### **9.1. Estudio Petrográfico del vulcanismo andesítico del Cretácico superior**

El estudio petrográfico de esta unidad volcánica definida en campo como andesita, se llevó a cabo en cinco secciones delgadas. A partir de ella se define a continuación la mineralogía primaria característica, y la mineralogía secundaria presente, definiendo así el tipo de alteración en la roca.

En las imágenes correspondientes a la petrografía se muestra la siguiente simbología: LN: luz natural, LP: luz polarizada, Ac: actinolita, Bi: biotita, Ap: apatito, Pl: plagioclasa, Cl: clorita, Ox: óxidos de Fe-Ti, Ep: epidota, fx: fractura.

#### **9.1.1. Mineralogía primaria**

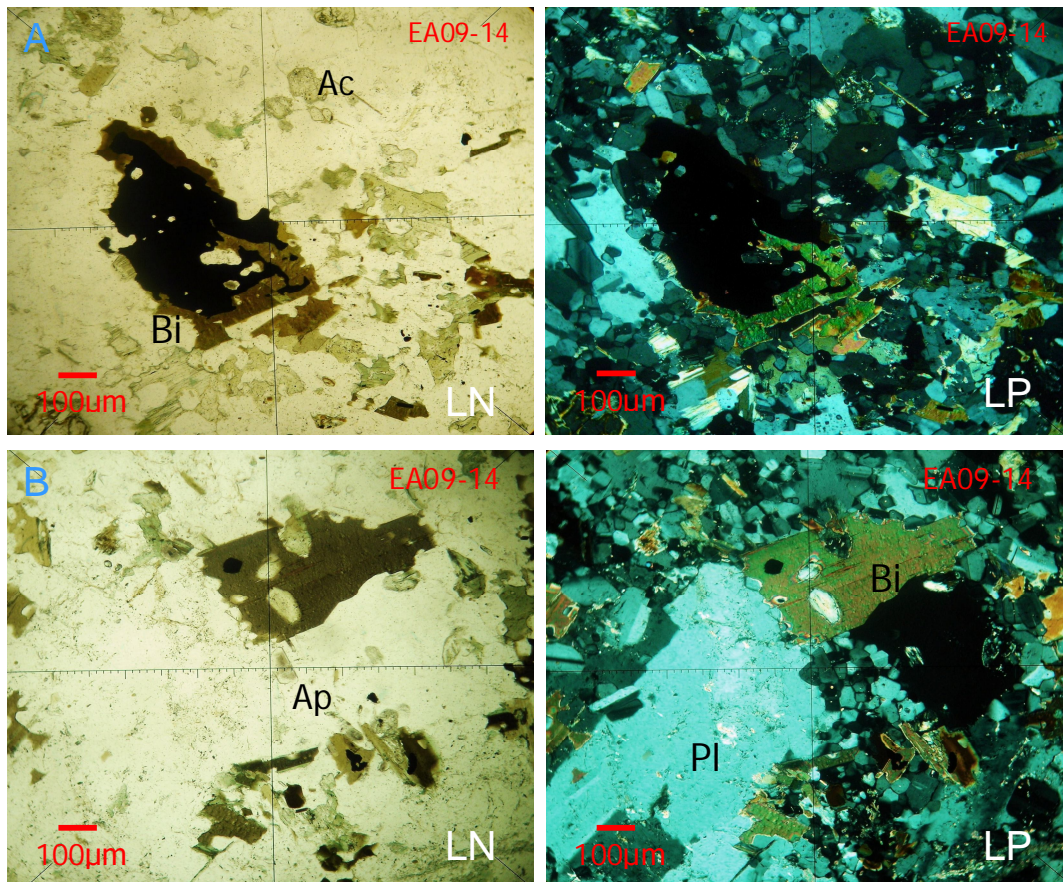
Las andesitas presentan textura hipocristalina porfídica de plagioclasa y en algunos casos de piroxeno, con una matriz microlítica a criptocristalina. La asociación mineralógica más importante comprende plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno, y óxidos de Fe-Ti tardimagmáticos. En algunas muestras se vuelve evidente la presencia de fenocristales de biotita y hornblenda (EA09-13 y EA09-14). También, raramente se distinguen fenocristales de feldespato alcalino y cuarzo en bajas proporciones. Finalmente, es posible reconocer cristales accesorios de apatito en todas las láminas (Figura III-1).

Las plagioclasas se encuentran, por un lado, formando fenocristales subhedrales a euhedrales, de hábito tabular, con longitudes de 1 hasta 4.5 mm, algunos de los cuales presentan extinción con zonación (Figura III-2A). Comúnmente, se observa un alto

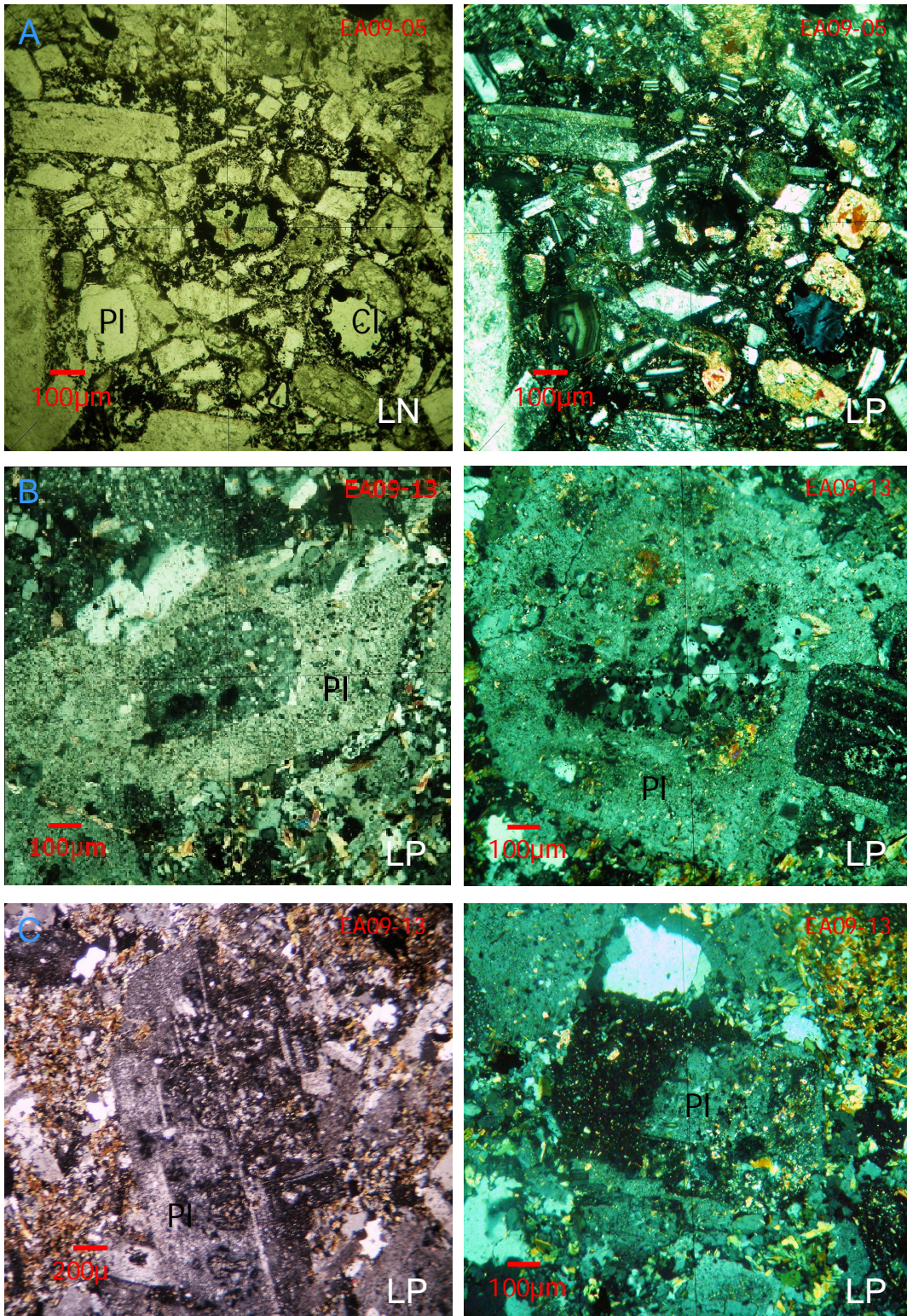
contenido de cristales de dos maclas y, cristales con núcleos corroídos y de bordes redondeados (Figura III-2B y C). Tales plagioclasas nubladas son debidas a una retoma de la cristalización en el borde. Por otro lado, de manera general dentro de la matriz, se encuentran pequeños cristales de hasta 30  $\mu\text{m}$ , sin orientación preferencial.

Los clinopiroxenos se presentan evidentemente como fenocristales subhedrales a euhedrales de hábito tabular y hexagonal, con tamaño variable de hasta 600  $\mu\text{m}$  de longitud. En la matriz estos minerales presentan un tamaño de 200  $\mu\text{m}$  que permite observar sus propiedades ópticas.

Los ortopiroxenos sólo ocurren como fenocristales en algunas facies de la andesita, formando cristales subhedrales de hábito tabular y hexagonal, con longitudes de hasta 700  $\mu\text{m}$ .



**Figura III-1. A: Óxidos de Fe-Ti, tardimagmáticos, coronados por biotita con alteración parcial a clorita. Pseudomorfos redondeados compuestos de actinolita: posibles relictos de piroxeno. B: Cristal de apatito al centro.**



**Figura III-2. A: Plagioclasa con zonación. Alteración a clorita, epidota y óxidos de Fe-Ti. B: Plagioclasa con núcleo corroído.**

Los óxidos de Fe-Ti son muy abundantes en estas rocas, siendo difícil la distinción entre los de origen tardimagmático y los secundarios. Los cristales que parecen indicar ser primarios, debido a su forma euhedral a subhedral y a su tamaño, alcanzan longitudes de hasta 75  $\mu\text{m}$  (Figura III-1).

La biotita y hornblenda forman cristales subhedrales, tabulares, de hasta 300  $\mu\text{m}$  de largo en la matriz, observándose raramente fenocristales (Figura III-1). La lámina EA08-14 presenta alto contenido de fenocristales de biotita, aproximadamente 15% de ésta, en la cual el mineral alcanza tamaños de hasta 1 mm. En la lámina EA09-13 se observan microcristales de hornblenda de hasta 100  $\mu\text{m}$ , formando generalmente agregados de 400  $\mu\text{m}$  de longitud.

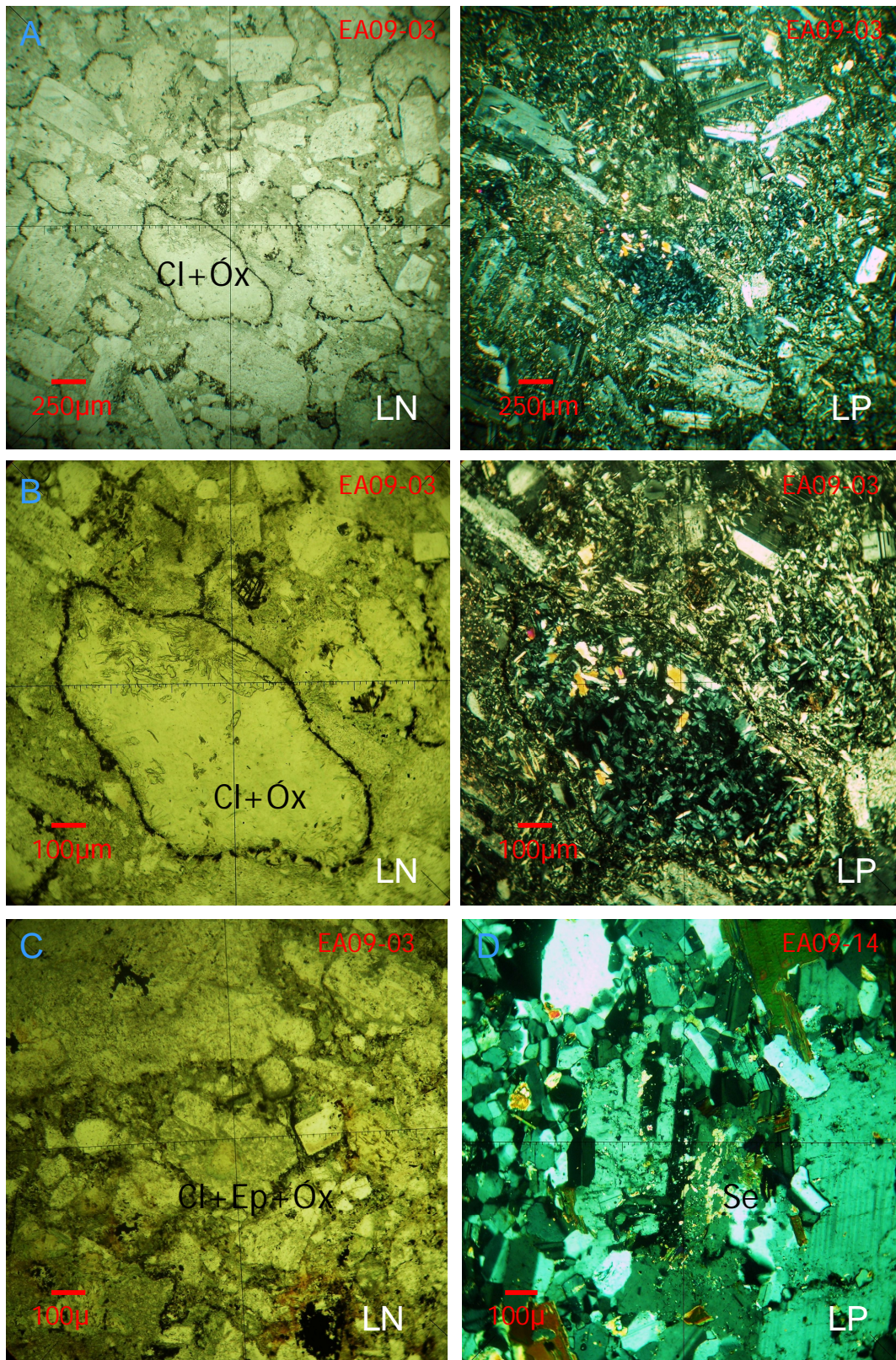
### **9.1.2. Mineralogía secundaria**

A continuación se presenta la mineralogía secundaria que altera parcial o totalmente a la asociación mineralógica primaria descrita.

Las plagioclasas presentan una alteración a sericita y calcita, de ligera a moderada. En ciertas rocas la alteración a calcita varía en abundancia, siendo en ocasiones más significativa que la sericita, y en otras la sericita la más persistente, en forma de placas (Figura III-3C). En algunas ocasiones los minerales de alteración se concentran dentro de los núcleos corroídos y redondeados de los fenocristales.

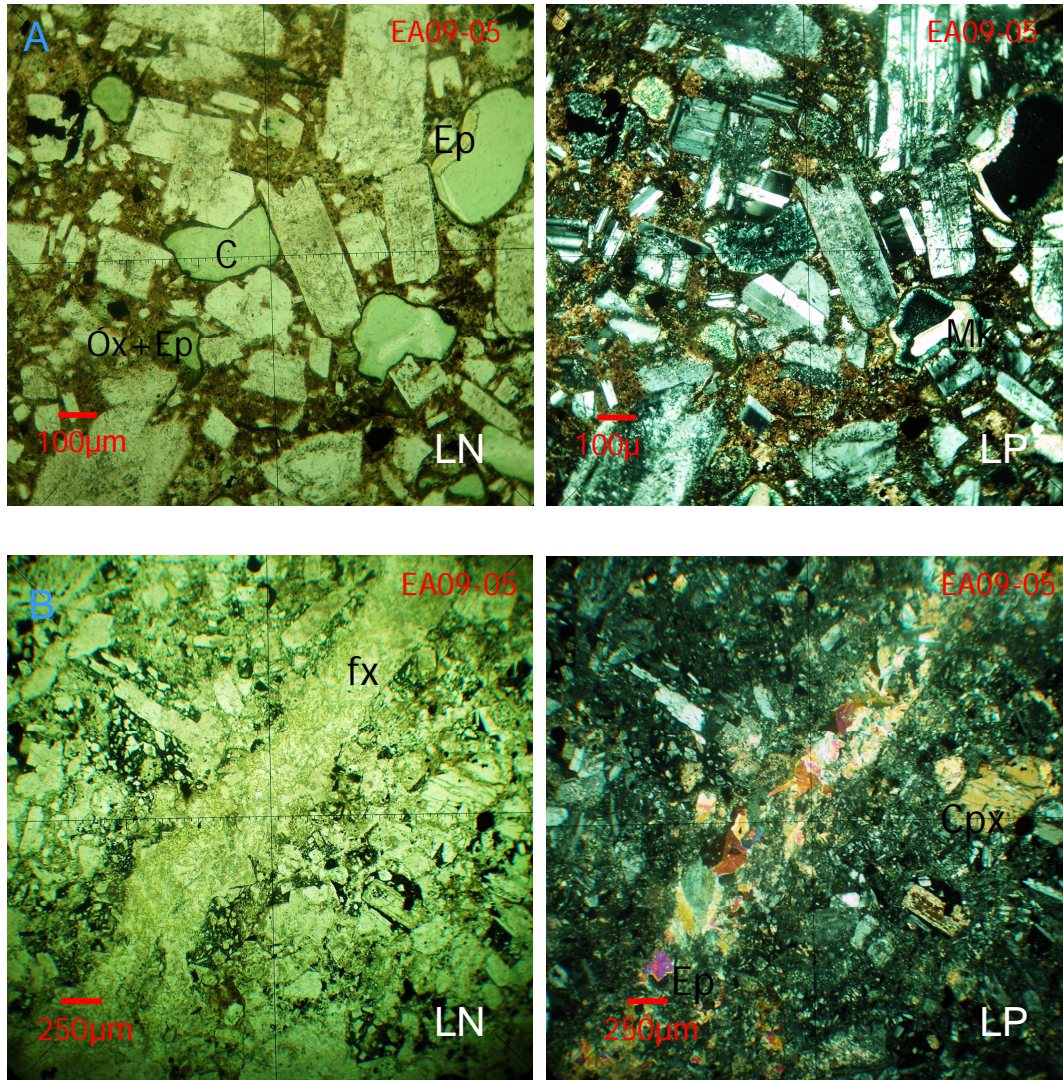
Los piroxenos se encuentran alterados parcial o totalmente a actinolita, estando la alteración más persistente en los bordes del cristal.

Las biotitas y hornblendas se encuentran alteradas total o parcialmente a clorita (Figura III-1), y en algunos casos se observan pseudomorfos de actinolita a partir de posible anfíbol, no reconocido fácilmente.



**Figura III-3. A y B: Pseudomorfos de clorita en matriz con alteración penetrativa de actinolita, óxidos de Fe-Ti, y epidota-clorita menos abundante. C: Alteración sericítica en plagioclasa.**

Se observan pseudomorfos de formas alargadas y redondeadas, compuestos de clorita microcristalina (Figura III-3 y -4A). Estos pseudomorfos presentan bordes de clorita de grano más fino, y en algunos casos una segunda corona de epidota microcristalina, acompañados de cristales ligeramente tabulares de calcita.



**Figura III-4. A: Pseudomorfos de clorita microcristalina con bordes de óxidos de Fe-Ti y, parcialmente, de epidota; en matriz rojiza de óxidos de Fe-Ti y epidota. B: Alteración penetrativa de óxidos de Fe-Ti. Fracturas rellenas de epidota y clorita.**

Se observan facies con alto contenido en opacos, los cuales se concentran por zonas en los bordes de los pseudomorfos de composición clorítica (Figura III-3 y -4), principalmente, o en cristales de grano ultrafino acompañados de epidota granular fina, que en conjunto forman zonas de coloración rojiza en la matriz (Figura III-4A). Entre los minerales opacos secundarios están presentes pequeños cristales euhedrales, en secciones cuadradas, de probable pirita, y cristales color rojo de posible hematita. Finalmente, se observan fracturas rellenas de epidota y clorita (Figura III-4B).

### **3.1.3. Conclusiones preliminares del estudio petrográfico y discusión sobre las alteraciones presentes.**

El grado de alteración presente en estas rocas le da complejidad a los resultados del estudio petrográfico, ya que se observan de manera significativa pseudomorfos donde no es posible determinar con seguridad el mineral primario al que pertenecía. Sin embargo, las altas proporciones de plagioclasa con respecto a las de feldespato y cuarzo, ubican a estas rocas en el campo de las Andesitas del diagrama QAPF para rocas volcánicas de Streckeisen (1974). Su asociación mineralógica primaria indica una afinidad calcoalcalina, y la presencia de núcleos corroídos en los fenocristales de plagioclasa sugiere la existencia de xenocristales en el magma.

De manera general, se aborda a continuación los distintos tipos de alteración presentes en las andesitas de la Formación Tarahumara reportadas en la literatura, de acuerdo con la mineralogía secundaria descrita previamente. Pérez Segura (2006) determina una alteración propilítica, haciendo énfasis en la presencia de una silicificación, cloritización, uralitización y sericitización para las rocas de esta formación. De acuerdo con estas modificaciones de la mineralogía primaria, es posible reconocer en las rocas de este estudio, una similitud en los siguientes rasgos: a) una neoformación de sílice a partir de los minerales preexistentes en la roca, b) una epidotización persistente en la matriz, c) la biotita se altera a clorita y el producto se presenta con frecuencia como capas intercaladas de ambos minerales, y d) una formación de sericita.

Por último, las alteraciones mencionadas corresponden a procesos hidrotermales típicos que guardan relación genética con un metasomatismo de baja temperatura

asociado a un proceso magmático. Estas corresponden a alteraciones de tipo endógeno que afectan la composición mineralógica, y a menudo la química, de las rocas.