


**Análisis de procedencia de la formación Iró (eoceno
medio-tardío), petrografía de minerales densos
translúcidos y tipología de circones**

Sara Quintero Ferrero

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología
Manizales, Colombia
2021



ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LA FORMACIÓN IRÓ (EOCENO MEDIO-TARDIO), PETROGRAFÍA DE MINERALES DENSOS TRANSLÚCIDOS Y TIPOLOGÍA DE CIRCONES

Sara Quintero Ferrero

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:
Geóloga

Director (a):
Nelson Fabián Gallego
Codirector (a):
Juan Pablo Betancur

Grupo de Investigación:
Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES)

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología
Manizales, Colombia
2021



Dedicatoria

A mis padres y familiares mas cercanos


En memoria de Consuelo Arroyave



Resumen

Este estudio se realizó para conocer la procedencia de los detríticos de la formación Iró, localizada en la cuenca San Juan de edad Eoceno medio tardío, la hipótesis inicial sugiere que estos detritos provienen del Bloque Panamá Choco, al final se discutirá si otras fuentes como la protocordillera Occidental o el basamento ensiálico del norte de Suramérica fueron fuente de aporte para este periodo de tiempo, se realizó análisis de 14 secciones petrográficas de minerales densos translucidos, y 14 análisis de tipología de circones (100 a 150 circones por sección) y se añadió la creación de una red neuronal para la identificación automática de la tipología de circones. Se encontraron minerales densos translucidos como son el circón, apatito, granate, titanita, etc., mostrando una afinidad a rocas ígneas plutónicas acidas o intermedias, rocas metamórficas, el análisis de alta resolución de minerales ultraestables permite interpretar una fuente de rocas sedimentarias pre-Eoceno medio tardío.

Estos resultados sugieren que las fuentes de detritos a la cuenca San Juan en el Eoceno medio tardío provienen de rocas metamórficas desde medio hasta alto grado, ígneas plutónicas intermedias a acidas y una fuerte señal de retrabajamiento de unidades sedimentarias.



La tipología de circones permitió discriminar las fuentes graníticas, el análisis de más de 1400 tipos de circones, en el esquema propuesto por Pupin (1980) podríamos tener fuentes de intrusivos aluminicos monzogranitos-granodioritas y de la serie de los granitos.

La red neuronal creada presenta muy buenos resultados con los datos artificiales, pero requiere mayor entrenamiento con datos reales.

Palabras clave: Tipología, minerales densos, eoceno, circón



Abstract

This study was carried out to know the origin of the detrital detritus of the Iró formation, located in the San Juan basin of late middle Eocene age, the initial hypothesis suggests that these detritus come from the Panama Choco Block, at the end it will be discussed if other sources such as the Western protocordillera or the ensialic basement of northern South America were a source of contribution for this period of time, analysis of 14 petrographic sections of translucent dense minerals, and 14 zircon typology analyses (100 to 150 zircons per section) and the creation of a neural network for the automatic identification of zircon typology was added. Dense translucent minerals such as zircon, apatite, garnet, titanite, etc. were found, showing an affinity to acidic or intermediate plutonic igneous rocks, metamorphic rocks, the high-resolution analysis of ultra-stable minerals allows interpreting a late pre-middle Eocene sedimentary rock source.

These results suggest that the sources of detritus to the San Juan basin in the late middle Eocene are from medium to high grade metamorphic rocks, intermediate to acidic plutonic igneous and a strong signal of reworking of sedimentary units.

The zircon typology allowed discriminating the granitic sources, the analysis of more than 1400 types of zircons, in the scheme proposed by Pupin (1980) we could have sources of aluminous intrusive monzogranites-granodiorites and of the granite series.

The neural network created presents very good results with artificial data, but requires further training with real data.

Keywords: Typology, heavy minerals, Eocene, zircon.



Tabla de contenido

- Introducción 11
- 1. Marco Geológico 14
 - 1.1. Estratigrafía De La Cuenca San Juan - Alto De Istmina-Condoto..... 16
 - 1.1.1. Formación Iró (Paleoceno-Eoceno)..... 16
 - 1.1.2. Formación Istmina (Mioceno Temprano)..... 17
 - 1.1.3. Formación Conglomerados De La Mojarra (Mioceno Temprano)..... 18
- 2. Metodología..... 20
 - 2.1. Toma De Muestras 20
 - 2.2. Petrografía De Minerales Densos 21
 - 2.3. Tipología De Circones..... 24
 - 2.4. Red Neuronal..... 28
 - Elaboración De Modelos 3d: 28
 - Renderizado De Los Modelos 3d: 29
 - Etiquetado De Las Imágenes:..... 34
 - Entrenamiento De La Red Neuronal:..... 36
- 3. Resultados..... 37
 - 3.1. Análisis De Minerales Densos..... 37
 - 3.2. Tipología Circones 43
- Muestra QLL-20..... 43
- Muestra QLL-25..... 45
- Muestra QLL-31..... 47
- Muestra QLL-36:..... 50
 - 52
- Muestra QSB 36A:..... 52
- Muestra QSB-37:..... 55
- Muestra QSB-46A: 57
- Muestra QSB-46B: 60
- Muestra QSB-47B: 63
- Muestra QSB-48:..... 65



Muestra QSB-52..... 68

Muestra 55B: 72

Muestra QSB-61: 75

4. Red Neuronal..... 78

5. Discusión..... 86

6. Conclusiones..... 93

7. Anexos..... 96

Fotografías de las placas de minerales densos translucidos..... 96

 Muestra QLL-20..... 96

 Muestra QLL-25..... 96

 Muestra QLL-31..... 96

 Muestra QLL-36..... 97

 Muestra QSB-36A..... 97

 Muestra QSB-37..... 97

 Muestra QSB-46A..... 98

 Muestra QSB-46B..... 98

 Muestra QSB-47B..... 98

 Muestra QSB-48..... 99

 Muestra QSB-52..... 99

 Muestra QSB-54..... 99

 Muestra QSB-55B..... 100

 Muestra QSB-61..... 100

Fotografías de Tipología de Circones..... 101

 Muestra QLL-20..... 101

 Muestra QLL- 25..... 110

 Muestra QLL-31..... 119

 Muestra QLL-36..... 128

 Muestra QSB-36A..... 139

 Muestra QSB-37..... 146

 Muestra QSB-46A..... 151

 Muestra QSB-46B..... 157

 Muestra QSB-47B..... 164

 Muestra QSB-48..... 169

 Muestra QSB-52..... 175



Muestra QSB-54 181

Muestra QSB-55B..... 188

Muestra QSB-61 194

8. Bibliografía..... 201






Introducción

El extremo noroccidental de Sudamérica, que comprende el este de Panamá y el noroeste de Colombia, es una zona muy compleja de convergencia y deformación situada cerca de la triple unión del Darién, con compresión de las placas del Caribe y de Nazca hacia la placa sudamericana en direcciones NNW/SSE y W/E, respectivamente.(González et al., 2014). Duque-Caro (1990) se refieren a la microplaca del Bloque Panamá- Choco como una acreción reciente del Mioceno medio al continente sudamericano que tuvo lugar a lo largo de una zona de colisión NS, comprende las regiones panameñas y colombianas al oriente de Canal de Panamá hasta el noroccidente colombiano, desde los flancos noroccidentales de la Cordillera Occidental por encima de los 4° de latitud norte, los arcos de Dabeiba y Baudó, las Cuencas Atrato-Chucheneque y la Zona Deformada de Istmina caracterizan los elementos estructurales y litogenéticos presentes en el bloque.

En la parte occidental de Colombia en la costa Pacífica y flanco oeste de la cordillera occidental se encuentra ubicado la zona de estudio, en el departamento del Chocó en el valle alto del Río San Juan, a unos 280 Km aproximadamente, al occidente de Bogotá. La zona se encuentra ubicada al sur de Quibdó, capital del departamento y cubre parte de las jurisdicciones de los municipios de Tadó, Istmina y Condoto y los caseríos de Playa de Oro, La Esperanza, Santa Bárbara, Acosó, Santa Ana y El Paso (Dunia, 2006).En el valle del Río San Juan, aflora la sucesión Cenozoica del Pacífico, representada por la Formación Iró, compuesta por calizas de color gris claro verdoso, cherts, arcillolitas fisiles grises claras y algunos paquetes esporádicos de arenitas. La sucesión se encuentra intruída por silos de dimensión variable y composición gabroide a cuarzodiorítica (Dunia, 2006). El Grupo San



Juan está dividido en tres unidades: Formación Istmina, Formación Conglomerados de La Mojarra y Formación Condoto (Cossio, 2002) El área se encuentra en la denominada Zona Deformada de Istmina (Duque-Caro, 1990b), un área compleja desde el punto de vista estructural. Las estructuras del área presentan una orientación predominante N50E, con una ligera variación a Este – Oeste en el sector oriental, cerca al piedemonte de la Cordillera Occidental. Se destacan tres estructuras regionales: la Falla de San Juan, inversa de alto ángulo con vergencia al NW, el Sinclinal de La Mojarra y el Anticlinal de Ñápera cuyo núcleo se encuentra conformado por las rocas más antiguas del área: El Complejo Santa Cecilia La Equis.(Dunia, 2006)

En el presente trabajo se analiza la petrografía de minerales densos y la tipología de circones de rocas sedimentarias de la Fm Iró, con el fin de discutir la procedencia de los detritos, específicamente se quiere comprobar si estas rocas provienen del BPCH, Cordillera Occidental o el basamento ensiálico del norte de Suramérica. Se desarrolló una red neuronal para la identificación automática de tipología de circones (Pupin, 1890) en imágenes SEM y cuyo objetivo es solucionar el sesgo humano en la clasificación. Se desarrolla con el tipo de red neuronal de segmentación de instancias ya que se esta manera se descarta el fondo y la red aprende características exclusivas del objeto de interés. La arquitectura empleada fue MASK R-CNN (He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. (2017). El lenguaje de programación elegido por su facilidad de sintaxis fue Python en su versión 3.9 y la librería de Inteligencias Artificial que usamos para agilizar los procesos fue Pytorch.

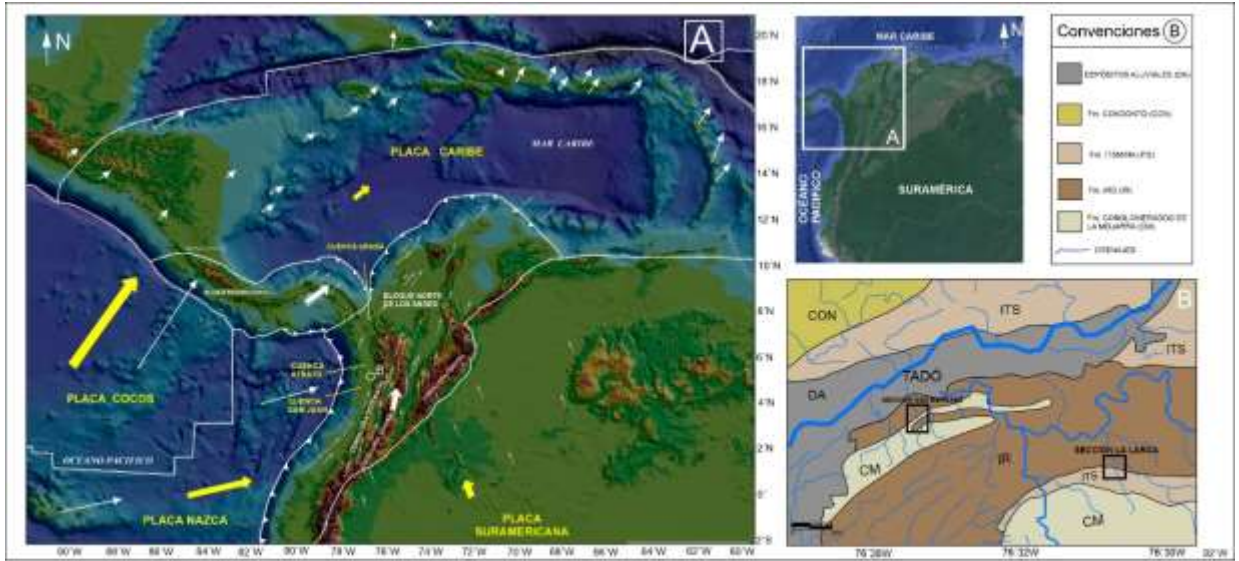


Figura 1 Mapa de localización de las diferentes placas tectónicas, secuencias estratigráficas levantadas en las quebradas San Bernabé y Quebrada La Larga.



1. Marco Geológico

La parte noroccidental de Sudamérica, comprende desde el este de Panamá hasta el noroeste de Colombia (Duque-Caro, 1990; González et al., 2014). En la cual interactúan tres placas tectónicas, Caribe, Nazca y Suramericana, además la configuración tectónica actual se ve complementada por la presencia de dos microplacas denominadas Panamá-Costa Rica y Andes del norte (Mora-Páez et al., 2020; Pennington, 1981). El norte de Suramérica evidencia procesos de colisión y acreción de arcos volcánicos de afinidad oceánica desde el Cretácico (Cediel & Shaw, 2003; Duque, 1990; Pardo-Trujillo et al., 2002; Suárez-Rodríguez, 2007; Taboada et al., 2000).

En el intervalo de tiempo del Paleoceno al Eoceno Medio, el área de la plataforma, incluyendo el macizo de Santa Marta y la Cordillera Central, permaneció emergente. sin embargo, la fosa romeral continuó profundizándose debido a los esfuerzos compresivos laterales normales al margen continental. Este hundimiento produjo un ambiente de deposición más profundo, con profundidades de agua superiores a los 4000 m (Duque-Caro 1972, 1975).

Al occidente colombiano se encuentra la provincia sedimentaria de la costa Pacífica la cual comprende cuatro cuencas sedimentarias: Tumaco, San Juan, Atrato y Urabá, aunque estas cuencas son lateralmente contiguas y relacionadas a un margen activo, cada una tiene un esquema geológico distintivo (e.g. Bedoya et al., 2009; Cediel, 2011; Dunia, 2006; Mora, 2011). La convergencia de placas continua hoy con la placa Nazca hundiéndose debajo del margen occidental de Suramérica. En Colombia esta convergencia ha resultado en la acumulación de rocas oceánicas, representadas principalmente por la Cordillera Occidental

(CO) y el sistema de fallas Atrato es el límite oriental de la Provincia Sedimentaria de la Costa Pacífica hacia el sur. (Suárez-Rodríguez, 2007)

El bloque Panamá-Choco (BPCH) fue definido por Duque-Caro (1990b), caracterizado particularmente por la ocurrencia de componentes como asociaciones plantónicas paleoceánicas y turbiditas cuarzosas, atípicas en el noroccidente suramericano. Así el bloque comprende las regiones panameñas y colombianas al oriente del canal de Panamá hasta el noroccidente colombiano, desde los flancos noroccidentales de la CO por encima de los 4° de latitud norte, y está caracterizado por tres elementos estructurales y litogénicos: los arcos de Dabeiba y Baudó, las cuencas de Atrato-Chuchuneque y la Zona Deformada de Istmina (Duque-Caro, 1990b). Dentro del BPCH se han reconocido cinco zonas de falla que lo delimitan: Uramita, Atrato, Baudó, Panamá y la zona deformada de Istmina.

El Arco de Dabeiba corresponde a la región de forma arqueada que limita orientalmente al BPCH, compuesta principalmente por estratos en su mayor parte pelágicos, hemipelágicos, turbidíticos y de conglomerados con una edad de Cretácico superior a Mioceno, asociados con basaltos, diabasas, tobas y plutones granitoides (Duque-Caro, 1990). Las pocas dataciones radiométricas existen en basaltos y diabasas con unos rangos de edad de 97 ± 3 , 10 ± 3 , 3 ± 1 , m.a. indican actividad magmática también de edad Cretácico superior a Neógeno asociadas con este terreno (Restrepo et al, 1981).

Las cuencas de Atrato y Chucunaque son dos estructuras sinclinales alargadas que conforman el segundo elemento estructural del BPCH. Corresponden a una depresión con una dirección N a NW, e incluyen parte de la Provincia San Blas-Darién y partes del terreno

[REDACTED]

Atrato, San Juan-Tumaco. (Etayo et al., 1986). La secuencia estratigráfica aflorante es aparentemente continua entre el intervalo Oligoceno a Plioceno, y en su región central está recubierta por depósitos más jóvenes de origen fluvial y lacustre (Duque-Caro, 1990).

La zona deformada de Istmina es una gran zona estructural que separa la cuenca Atrato de la de San Juan, esta zona consiste en rocas sedimentarias estratificadas muy deformadas, no más jóvenes que el Mioceno medio (Duque-Caro, 1990). También se tiene que la zona deformada de Istmina divide la CO en dos segmentos característico, el primero es el segmento norte que se relaciona principalmente con rocas ígneas y una estratigrafía compleja a lo largo de sus flancos occidentales, y el segundo segmento tiene una correlación con las turbiditas del Grupo Cañas Gordas. Al sur de la Zona Deformada de Istmina se encuentran por lo general secuencias metamórficas y metasedimentarias de las formaciones Cretácicas de Cisneros y Espinal del Grupo Dagua interpretado por Barrero, 1979 y Duque-Caro, 1990. El alto de Istmina-Condoto presenta unas características estratigráficas, estructurales y petrológicos que lo identifican como una zona extensa transcurrete en un ámbito principalmente compresivo.(Bedoya et al., 2009).

1.1. Estratigrafía De La Cuenca San Juan - Alto De Istmina-Condoto.

1.1.1. Formación Iró (Paleoceno-Eoceno)

Oppenheim (1949) define informalmente la Formación Iró a partir de una sección observada en el río del mismo nombre, para designar la sucesión calcárea-silicea, compuesta de chert, shale silíceo, shale, areniscas, arcillas y calizas que representa la unidad más antigua del paleógeno, ubicada al nororiente de las localidades de Santa Bárbara y Santa Rita, en el departamento del Chocó. Texaco (1989) sigue el nombre Formación Iró para designar a los estratos que se componen predominantemente de chert calcáreo en capas delgadas a medias,

[REDACTED]

intercalado con shales silíceos y shales negros, carbonosos y fosiles de edad aproximada Paleoceno-Eoceno, que en el área del Río San Juan estarían suprayaciendo a rocas del Cretácico (Grupo Dagua) e infrayacendo a las rocas siliciclásticas del Oligoceno denominadas informalmente Formación Sierra.

Se ha estimado una edad Paleoceno-Eoceno tardío por la mayoría de autores, sin embargo, algunos consideran que puede extenderse hasta el Maastrichtiano. Según Figueroa & Núñez (1990) la unidad pertenece al Paleoceno – Eoceno, mientras que Mera & Piragua (2000) asignan un rango de edad Maastrichtiano – Eoceno Superior para la Formación Iró.

1.1.2. Formación Istmina (Mioceno Temprano)

Esta formación fue definida por Figueroa & Núñez (1990) para agrupar un conjunto de estratos de edad Aquitiano (Mioceno temprano) compuestos básicamente por rocas clásticas de grano fino como limolitas, arcillolitas silíceas, localmente calcáreas y algunas grawacas a subgrawacas de grano fino intercaladas con algunos lentes y estratos delgados de conglomerado (0,5 a 2 m). Estas rocas están bien estratificadas y presentan abundante cantidad de troncos y restos de plantas carbonizados. La sección tipo de la Formación Istmina se presenta a lo largo del Río Suruco y también aflora en los ríos Docordó y Poaró (Subcuenca del Río San Juan). El nombre Formación Istmina es seguido en la nomenclatura stratigráfica empleada por Cossio (2002) en la cartografía de la Plancha 203-Istmina de INGEOMINAS.

Muestras tomadas por Figueroa & Núñez (1990) de la Formación Istmina contienen foraminíferos planctónicos, entre ellos *Globigerinoides* y *Catapsydras Disimules* que sitúan la unidad dentro del Aquitaniano (Mioceno temprano). En muestras recolectadas en el Río Suruco y analizadas por Hermann Duque-Caro se encuentra la siguiente fauna: *Cibicidoides mexicana*, *Gyroidina soldanii*, *Lenticulina mericana*, *Oridorsalis ecuatoriensis* y *Vulvulina*

[REDACTED]

spinosa de la zona de *Cibicidoides perlucidus*, que permite asignar una edad entre el Oligoceno y Mioceno temprano (Cossio, 2002). Según Mera & Piragua (2000) tres muestras tomadas de la Quebrada Profundó indican el Mioceno temprano para la Formación Istmina.

El contacto de la Formación Iró con la Formación Istmina se manifiesta por el paso de faunas fósiles del Eoceno tardío a Mioceno temprano.

1.1.3. Formación Conglomerados De La Mojarra (Mioceno Temprano)

La Formación Conglomerados de La Mojarra fue definida por Figueroa & Núñez (1990) para describir una sucesión de edad Aquitaniano compuesta principalmente por conglomerados y arenitas conglomeráticas con algunas interposiciones locales de limolitas y lodolitas arenosas; los mismos autores ubican la sección tipo de esta unidad en la Quebrada Urriaga, afluente del Río Iró, al sur del área de estudio. Según estos autores, los contactos inferior y superior de la Formación Conglomerados de La Mojarra con la Formación Istmina y con la Formación Condoto son concordantes y el espesor de esta formación es de 1920 m, medido en la Quebrada Urriaga (Figueroa & Núñez, 1990). Mera y Piragua (2000) describen una sucesión conglomerática espesa, con areniscas intercaladas formando lentes, en el flanco oeste del Sinclinal de Mojarra.

Figueroa & Núñez (1990) asignan edad Aquitaniano tardío a la Formación Conglomerados de La Mojarra con base en foraminíferos de muestras tomadas en la base, parte media y techo de la unidad. Se encontraron restos de *Globigerinoides diminute* asociados con *Globigerinoides bropherica* en pobre estado de preservación que indican esta edad.

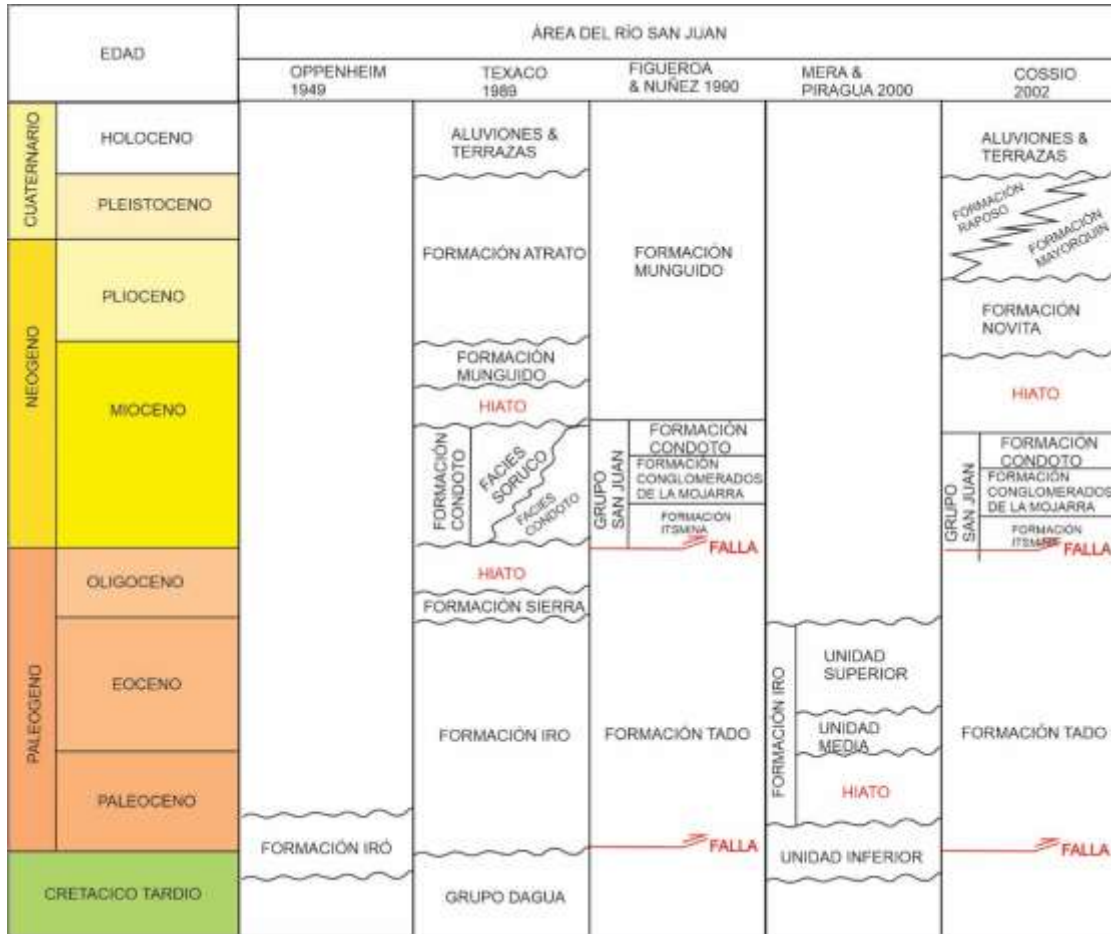


Figura 2 Correlación estratigráfica de la cuenca San Juan, tomado y modificado de Méndez et al., 2006



2. Metodología

2.1. Toma De Muestras

La compañía Dunia Consultores para la ANH en el 2005 realizo la “CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA EN EL ÁREA DE LA SUBCUENCA ATRATO - SAN JUAN, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ”, las muestras provenientes de este trabajo se almacenan en la Litoteca Nacional y de allí se tomaron las requeridas para este proyecto; solo se muestrearon las arenitas posicionadas estratigráficamente en el intervalo Paleógeno correspondiente al Fm Iró; Se seleccionaron 14 muestras para análisis de petrografía de minerales densos y tipología de circones (Figura 3).

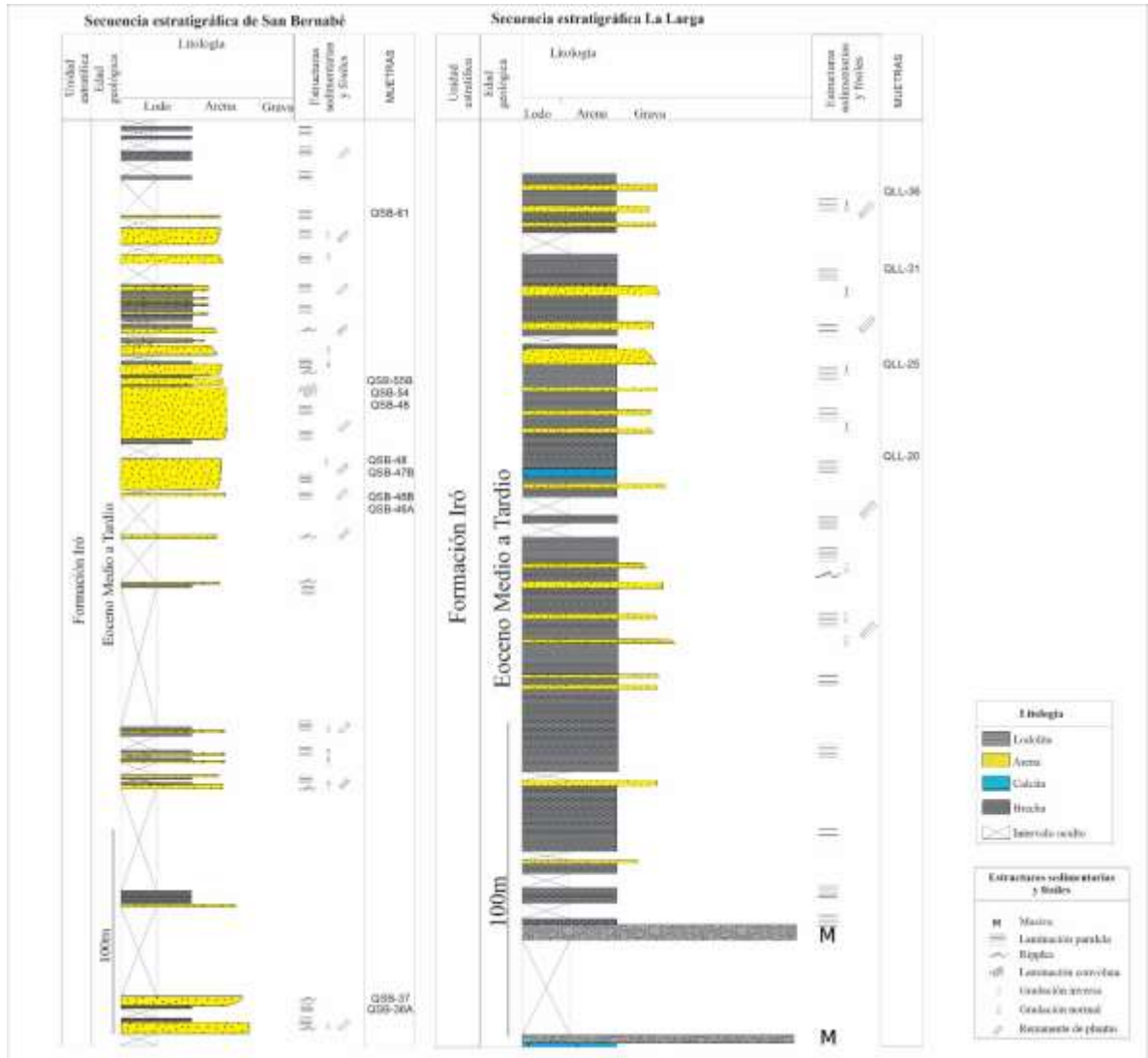


Figura 3 Secuencias estratigráficas de San Bernabé y La Larga y localización de las muestras.

2.2. Petrografía De Minerales Densos

En los sedimentos siliciclasticos se presentan componentes minerales accesorios de alta densidad, $>2.8 \text{ gr/cm}^3$ Mange and Murer (1992) denominados minerales densos. En la roca fuente aparecen como minerales esenciales para la formación de rocas (e.g., anfíboles,

[REDACTED]

piroxeno), en los sedimentos son componentes accesorios (e.g. Circón, apatito, turmalina, etc). Los granos de minerales densos se encuentran rara vez en cantidades apreciables en secciones delgadas de arenisca; su porcentaje rara vez supera el 1% de la roca (Mange and Murer, 2007). Para su estudio eficaz es necesario concentrarlos, y esto se hace normalmente mediante la desagregación de la roca y la separación de los minerales, utilizando líquidos con densidad de 2,89 (bromoformo) o 2,96 (tetrabromoetano). Los granos de minerales de alta densidad se hunden en estos líquidos, de ahí el nombre de minerales “densos”.(Mange and Maurer, 1992).

Para el estudio de minerales densos se obtuvo la fracción arena fina a muy fina (0.063mm – 0.250mm), mediante técnicas de fragmentación y tamizado; la concentración de los minerales densos se realiza en una primera etapa mediante bateo manual, en una segunda etapa se utilizan separador magnético *Frantz* y líquidos densos.

Al tener un mineral específico en un sedimento, este requiere la presencia de ese mineral en la roca madre, capacidad para sobrevivir a la meteorización de la roca y resistir a la abrasión y descomposición durante el transporte y su capacidad para sobrevivir a los factores post-depositacionales. (Pettijohn, 1923).

Según Tarling et al. (1993), las propiedades magnéticas surgen del movimiento de partículas cargadas eléctricamente. Por lo tanto, un electrón tiene una magnetización que está asociada a su espín axial y también debido a su movimiento orbital alrededor del núcleo.

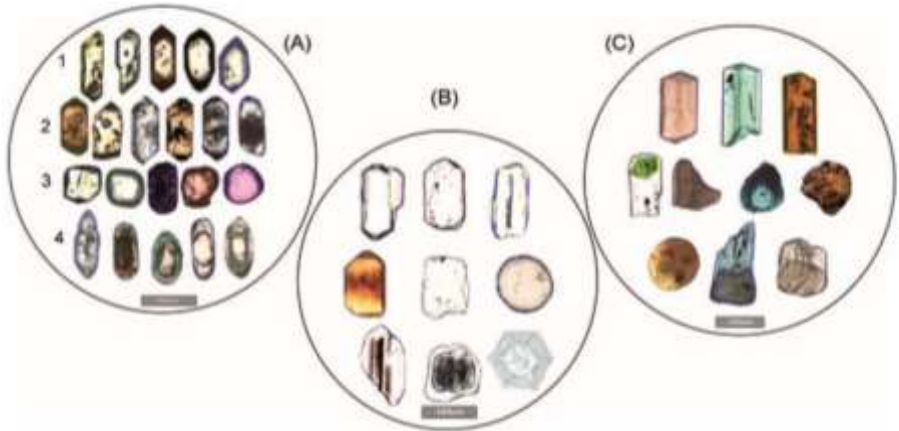
Pettijohn (1973) propone una caracterización de los minerales densos en base a su estabilidad química donde los minerales ultraestables son: circón, rutilo, turmalina y anatasa, en los estables está el apatito, granate (pobre en hierro), estaurolita, monzonita, biotita,



ilmenita y magnetita, para los moderadamente estables a epidota, cianita, granate (rico en hierro), silimanita, esfena y zoisita, inestables se encuentra la horblenda, actinolita, augita, diópsido, hipersteno y andalucita, por último los muy inestables con el olivino.

El separador isodinámico Frantz es un dispositivo magnético que permite el fraccionamiento de materiales en función de sus propiedades magnéticas. Este separador consta de un electroimán que tiene dos piezas polares largas con un espacio de aire largo y estrecho entre ellas (Testoni, 2020).

En total 14 muestras fueron analizadas usando el método de Ribbon-Counting (M.Mange, 1992), usando un conteo de 350 puntos por placa, identificando diferentes minerales densos (Tabla 2), su estabilidad química (Tabla 3) y El análisis de alta resolución en las fases ultraestables (Mange and Maurer, 1992).(Tabla 4) (Figura 4).






Figura 4 Variedades característicos de minerales densos. (A) Ejemplos que muestran la diversidad de variedades de circón. Fila 1: cristales euhedrales afilados, volcanogénicos (tres granos a la izquierda) y dos cristales euhedrales de menor temperatura. Fila 2: cristal euhedral púrpura, en forma de lápiz, con abundantes inclusiones de microlita y circones zonados procedentes de granitoides; el grano del extremo derecho muestra un núcleo isotrópico. Fila 3: circones redondeados, incoloros y reciclados de color púrpura. Fila 4: granos que muestran una variedad de sobrecrecimientos. (B) Variedades de apatita. Fila superior: cristal volcanogénico euhedral agudo, grano prismático con algunas aristas redondeadas y prisma redondeado con una microlita e inclusiones opacas. Fila intermedia: prisma volcanogénico pleocroico de color marrón rojizo, granos angulares y granos esféricos. Fila inferior: prisma redondeado con inclusiones paralelas de polvo

2.3. Tipología De Circones

En la separación de los circones se realizó manualmente bajo un microscopio binocular Nikon en el Instituto de Investigaciones en Estratigrafía (IIES), Universidad de Caldas (Colombia) tomando uno por uno del concentrado inicial y colocándolos en una superficie de grafito, para cada muestra se separaron entre 150 y 200 circones y para obtener imágenes de los granos de circón con una resolución y un aumento más elevados, se utilizó un microscopio electrónico de barrido (SEM) de marca FEI, modelo QUANTA 250.

Se toma en cuenta también una clasificación necesaria en cuanto a la redondez y alargamiento con base en Gärtner et al 2013. Para este parámetro se tomaron en cuenta 100 circones en cada muestra.

Murawsaky & Meyer (2010) indican que la redondez es el aislamiento de los bordes del cristal causado por la abrasión.

Se clasifican 10 clases de redondez: completamente sin redondear, casi completamente sin redondear, muy poco redondeado, poco redondeado, bastante redondeado, redondeado, bien redondeado, muy bien redondeado, casi completamente redondeado, completamente redondeado.

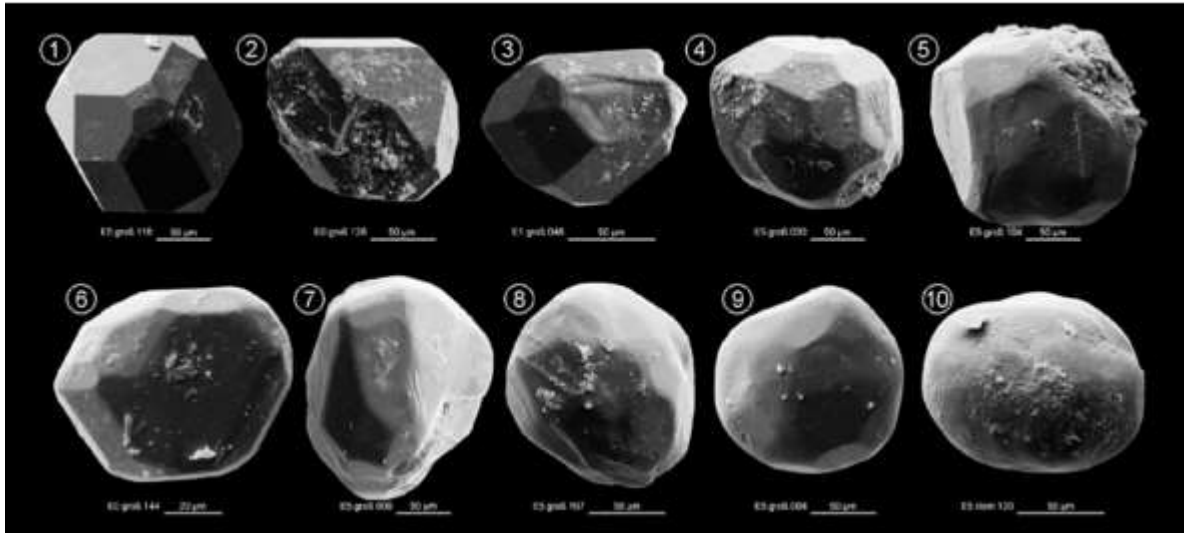


Figura 5 Grano de circón que ejemplifica cada una de las diez clases de redondez, Tomado de Gärtner et al 2013.

La relación entre la anchura dividida por la longitud se denomina alargamiento, que esta limitada por el valor mínimo de 0 y el máximo de 1. Para estos estudios se debe considerar que este parámetro está condicionado por la distancia de transporte. Se

Tabla 1 radios y clasificación según Mitterer (2001) para las dos posibilidades comunes del cálculo de la elongación. Tomado de Gärtner et al 2013.

crystal habit	stubby		stalky		columnar or prismatic		needle-like
	short-	long-	short-	long-	short-	long-	
elongation (width/length)	1.0-0.67	< 0.67-0.50	< 0.50-0.40	< 0.40-0.33	< 0.33-0.25	< 0.25-0.17	< 0.17
elongation (length/width)	1.0-1.5	> 1.5-2.0	> 2.0-2.5	> 2.5-3.0	> 3.0-4.0	> 4.0-6.0	> 6.0

clasifican cinco tipos de circones observando su hábito en, rechoncho, stalky, columnar o prismático y con forma de aguja.

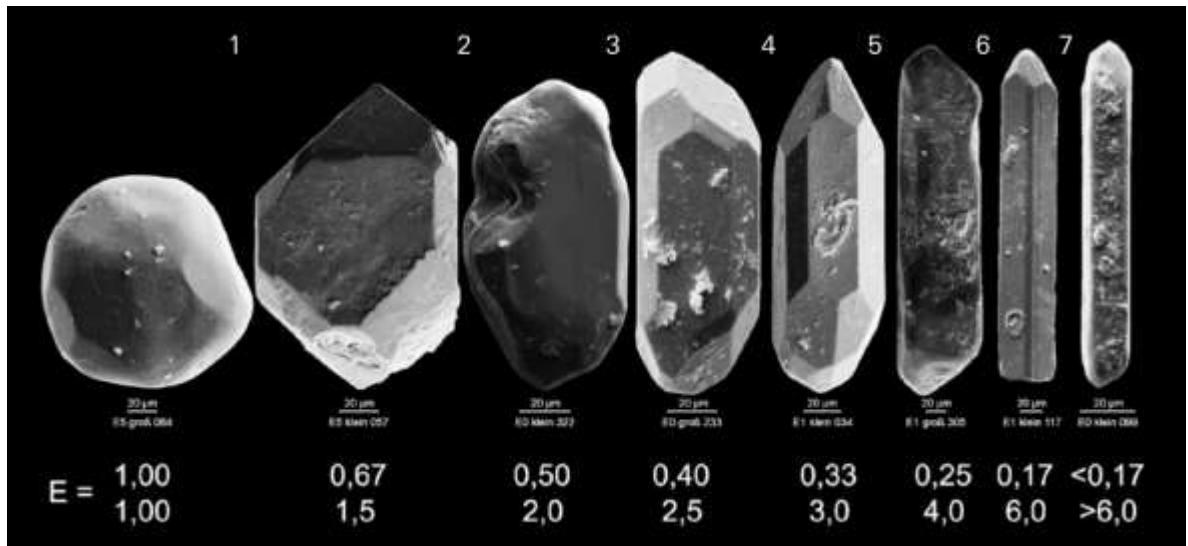


Figura 6 Diferentes clases de alargamiento mostradas por granos característicos, tomado de Gärtner et al 2013

Para caracterizar tipológicamente los cristales de circón se utilizó la metodología propuesta por Pupin (1980), donde se analizan las pirámides y prismas desarrollados por el cristal; con base en estos parámetros se clasifican los tipo y subtipos de circones, posteriormente se grafican en diagramas de población dependiendo de su abundancia.

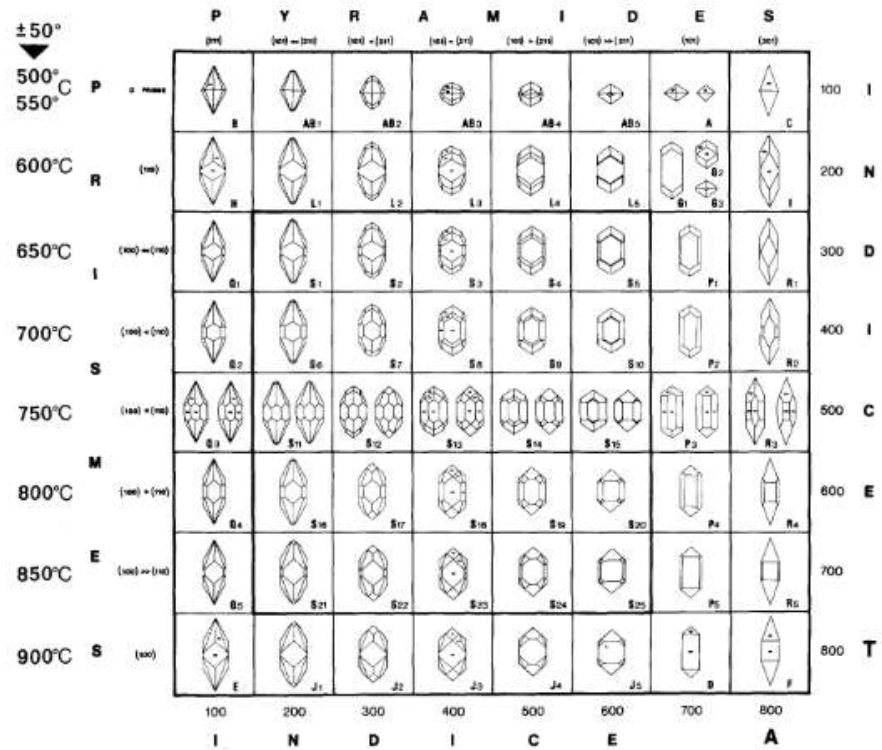


Figura 7 Principales tipos y subtipos de la clasificación tipológica y escala geotermométrica correspondiente. Pupin (1980).



2.4. Red Neuronal

Debido al inconveniente de la cantidad de data real para el entrenamiento se experimentó fabricando data artificial aprovechando las formas geométricas y simétricas de los circones.

-Elaboración De Modelos 3d:

Se utilizó la aplicación gratuita Krystal Shaper (versión 1.5.0) desarrollada por el doctor Steffen Weber, que permite fabricar las 66 clases (tipologías, Pupin 1980) de zirrones a partir de índices de Miller (Ashcroft, N. W., & Mermin, N. D. 1976) (Figura 8):

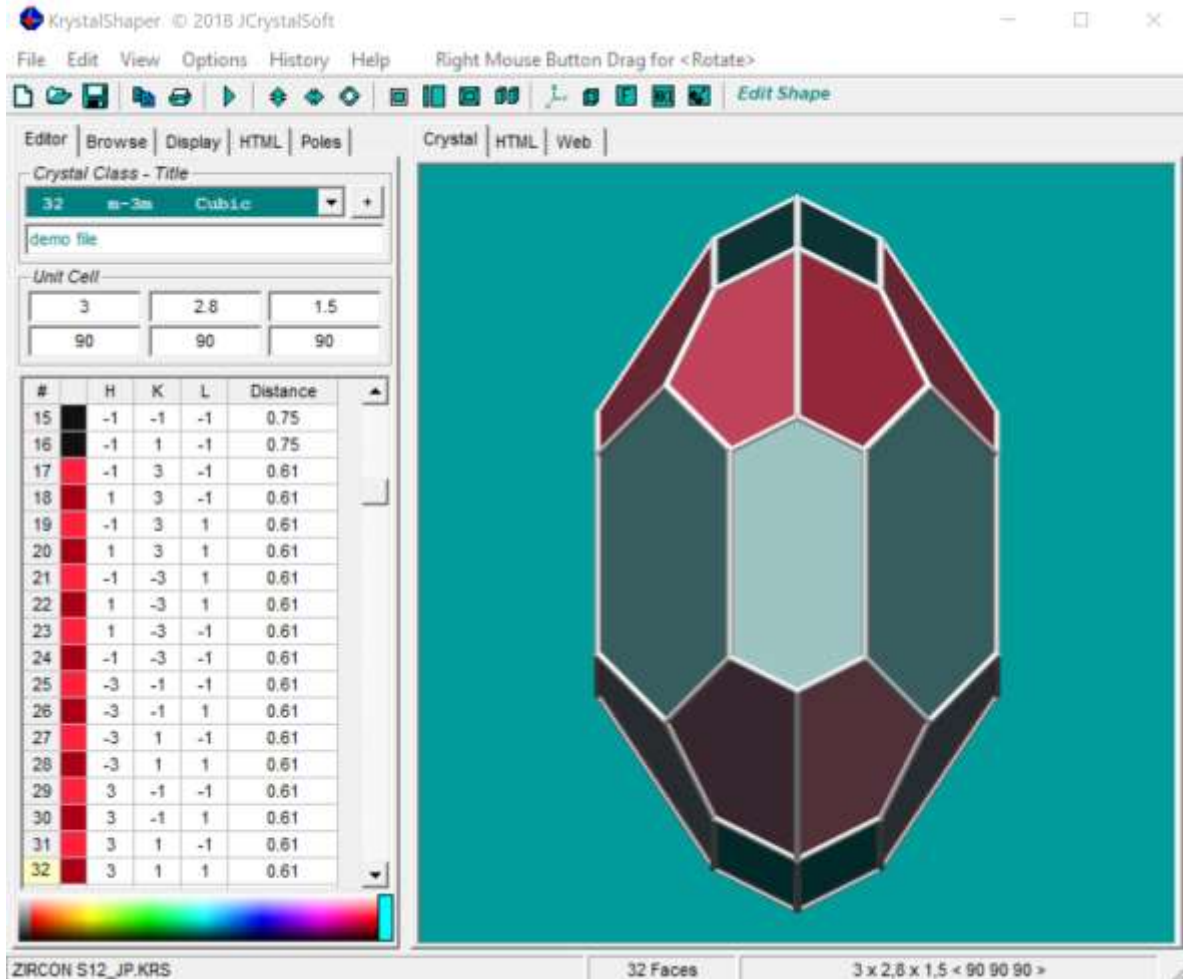



Figura 8 Cristal S12 realizado en Krystal shaper

-Renderizado De Los Modelos 3d:

Es necesario renderizar y darle apariencia de imagen producida en un SEM a los modelos 3D hechos en Krystal Shaper.

Se usa la aplicación gratuita Blender en su versión 2.92.0 (Community BO. Blender). (Figura 9).



Esta aplicación es muy potente y entre sus capacidades se encuentra la de otorgarle características físicas a los objetos 3D, lo cual termina determinando como se comportarán los diferentes tipos de luz sobre el objeto de interés.

Inicialmente se configuraron los modelos 3D en Blender para que la textura del objeto fuera muy realista al de una imagen producida en un SEM, se refiere a la rugosidad propia de este tipo de imágenes de circones provocada por el transporte y su respectivo desgaste mecánico, pero en una siguiente etapa se decide hacerlos lisos para que la red se concentrara únicamente en aprender sus ejes o aristas.

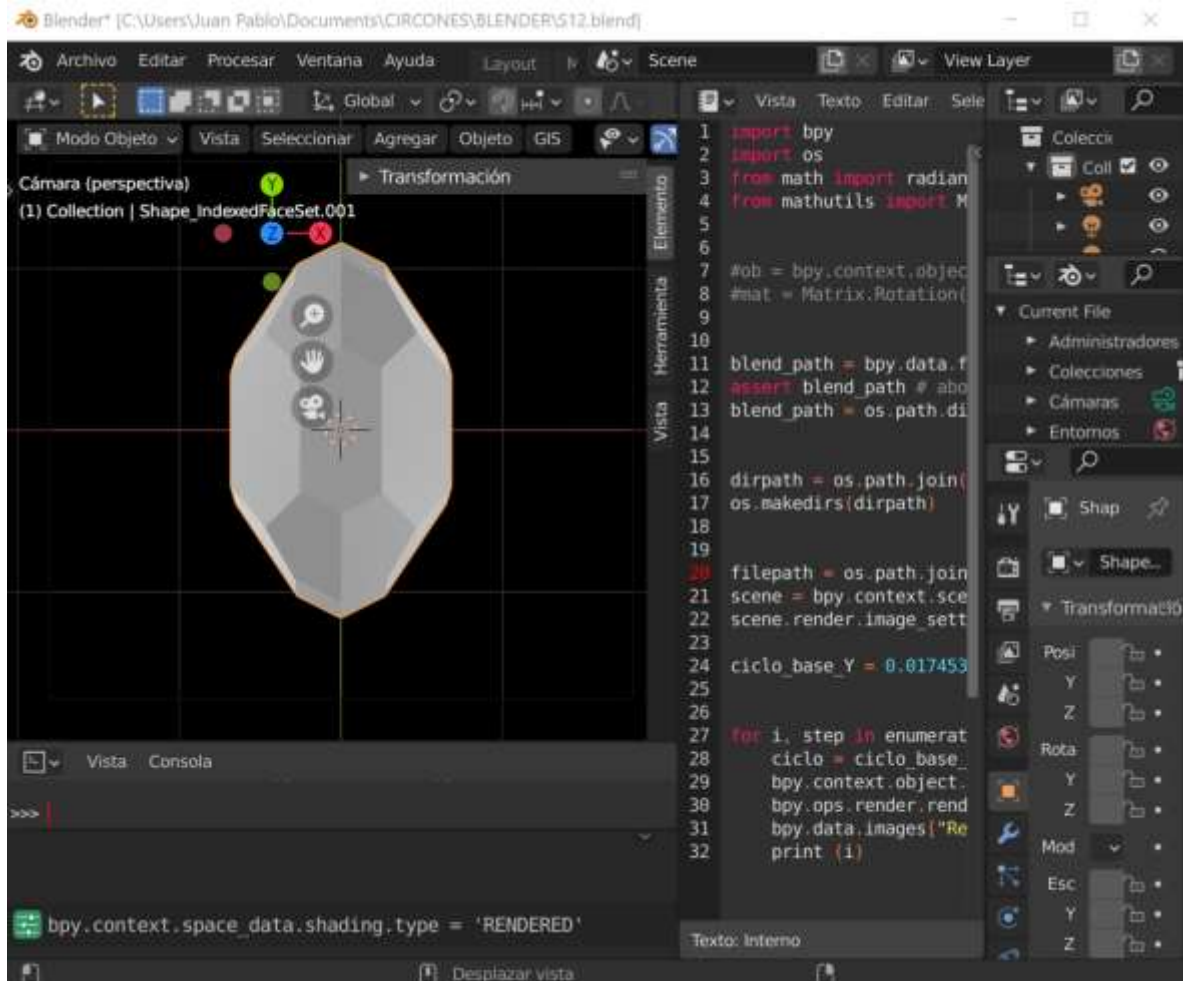


Figura 9 Renderización de un cristal de circón

En ambos casos el tipo de luz que se simuló fue el de “luz emitida” desde el mismo objeto, entendiendo que una imagen en SEM no es como las imágenes tomadas ópticamente y que realmente se trata de una simulación que genera a partir de electrones secundarios el SEM. En este momento no sabemos si la decisión fue la correcta, simplemente se basó en el entendimiento que se va adquiriendo acerca del funcionamiento de las redes neuronales.

El resultado renderizado fue el siguiente:

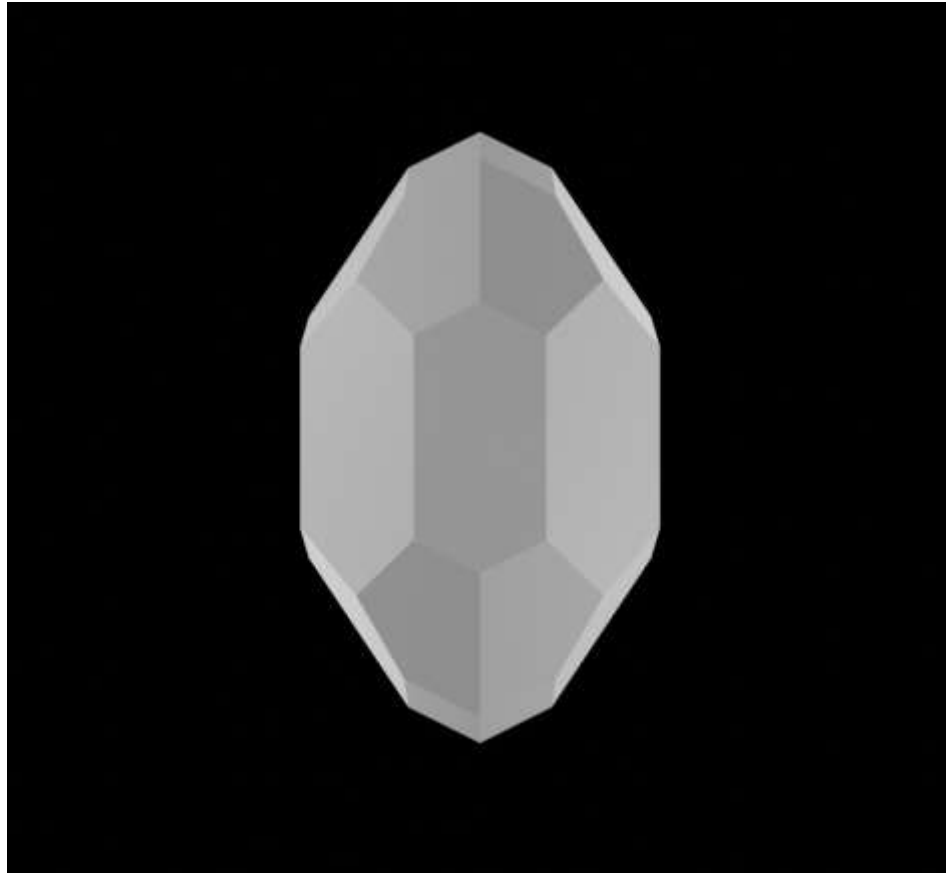


Figura 10 Cristal ya renderizado

Otro motivo por el cual se usó Blender fue la capacidad de recibir scripts en Python, lo cual permite automatizar la exportación de imágenes desde los diferentes ángulos de posición para así poder encontrar el círculo. Se exportan imágenes renderizadas de forma automática desde diferentes ángulos:

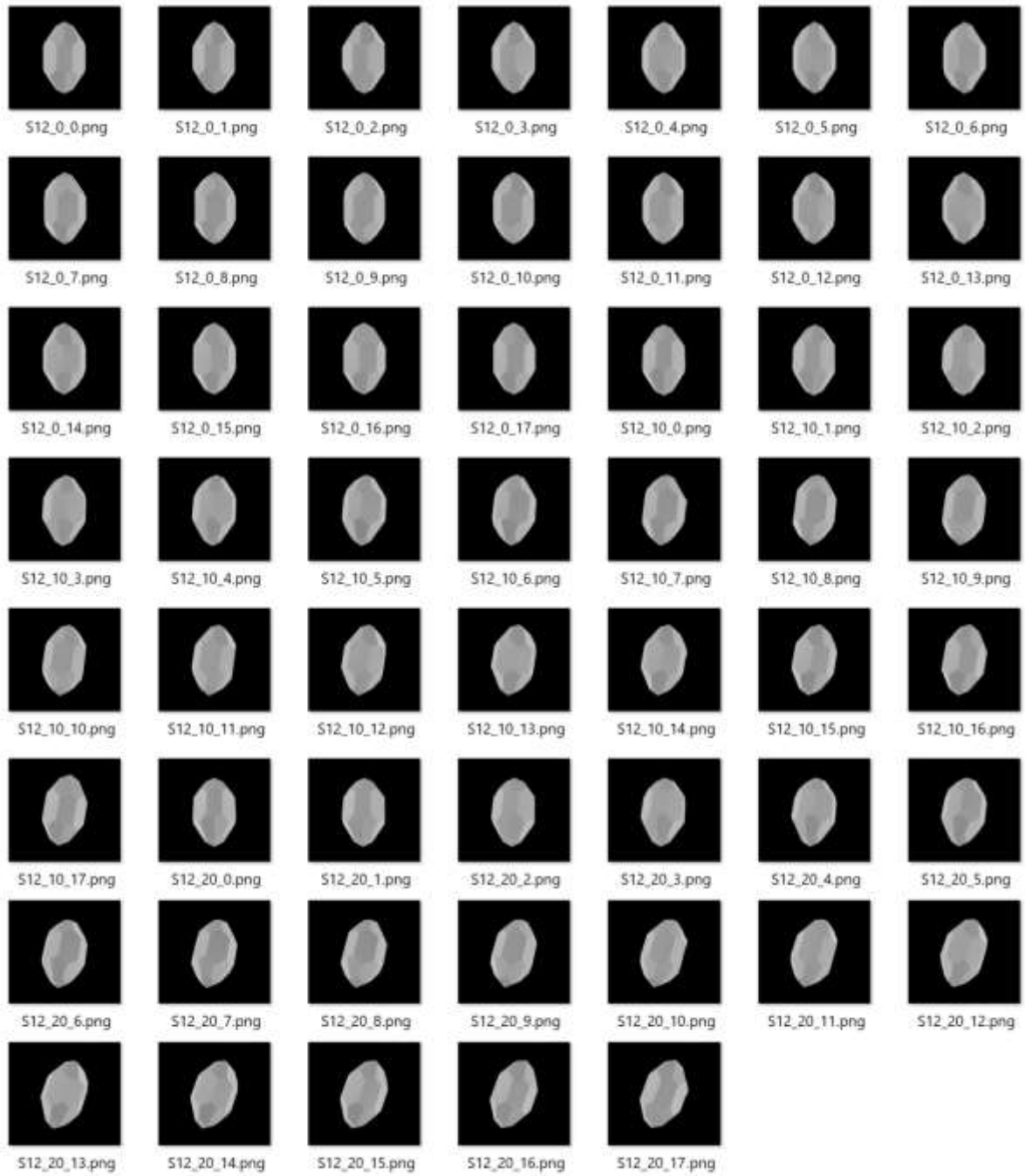



Figura 11 Diferentes posiciones del circón S12

El fondo de la imagen en este caso no importa debido al tipo de técnica (segmentación de instancias) por lo que todos los fondos se hicieron en negro.



Posteriormente se generan dos sets de imágenes artificiales:

- Data de ENTRENAMIENTO.
- Data de VALIDACIÓN.

Ambos DATASET corresponden a posiciones diferentes de los circones en la imagen, ninguna posición se repite. Para el set de VALIDACIÓN se elige las posiciones más extrañas y limitadas en cuanto a la posición y la cantidad de caras visibles del circón ya que de esta manera se es posible comprobar si el modelo realmente estaba aprendiendo.

-Etiquetado De Las Imágenes:

Todas las imágenes pasaron por un exhaustivo etiquetado, el cual es necesario para que la red neuronal durante el entrenamiento sepa que pixeles corresponden al objeto de interés y para que sepa a qué clase corresponde.

Para el etiquetado de las imágenes se usa la aplicación gratuita Labelme (Kentaro Wada, 2016). En la figura 12 se comprenderá mejor la operación de etiquetado:

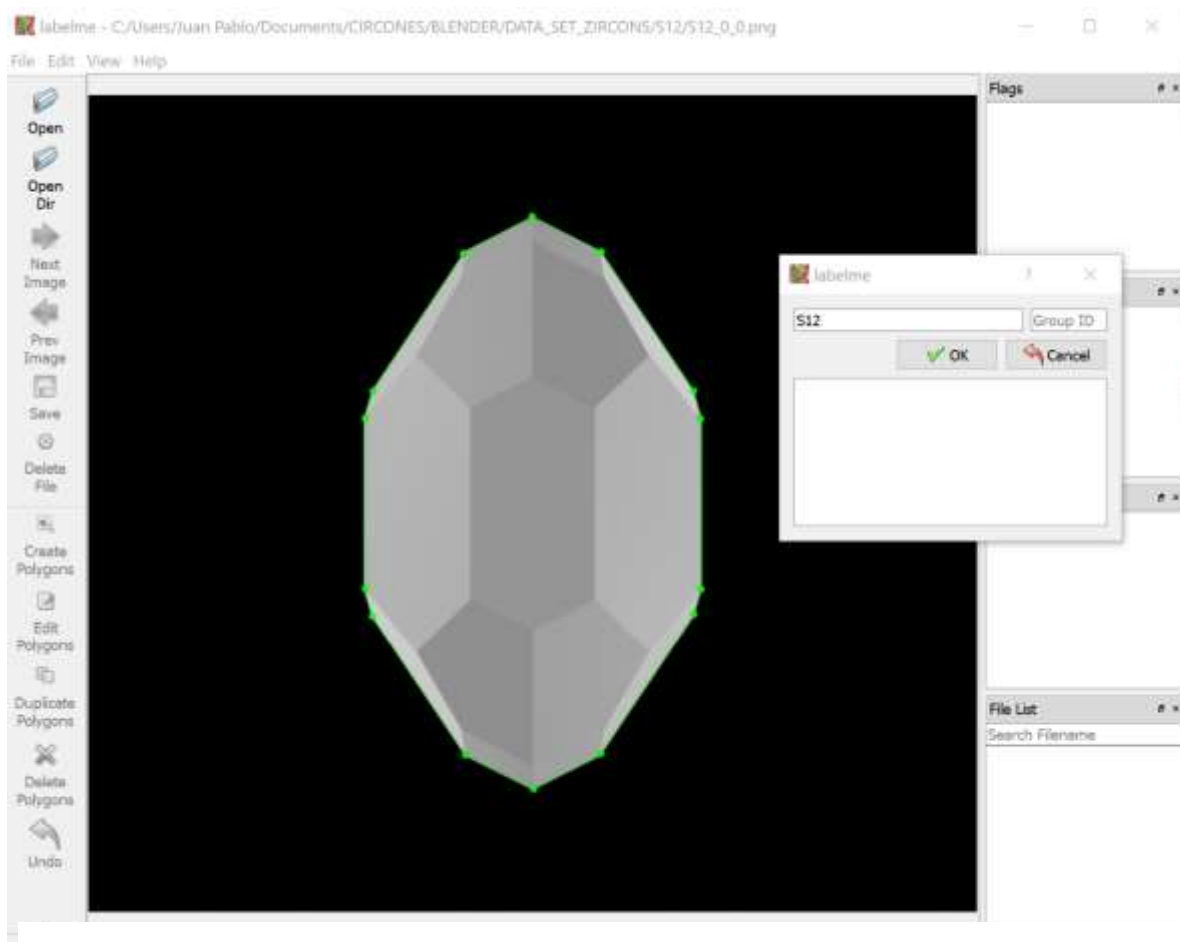


Figura 12 Etiquetado de imágenes

En el etiquetado de imágenes, manualmente se marca un polígono que abarque con la mayor exactitud posible el perímetro del objeto de interés y al completar el polígono se le asigna el nombre de la clase. La aplicación Labelme genera un archivo JSON el cual será utilizado por la red neuronal para saber las coordenadas en pixeles que contienen al objeto de interés y la clase a la cual pertenece.



-Entrenamiento De La Red Neuronal:

Una vez fabricada la data de entrenamiento con sus respectivas etiquetas (JSON) se comienza a entrenar utilizando la arquitectura MASK R-CNN con el lenguaje de programación Python y con la librería de inteligencia artificial Pytorh.

Cabe resaltar que aparte de la data de entrenamiento también se generó una data de validación. Durante el entrenamiento de la red únicamente se utiliza la data de entrenamiento y la data de validación se utiliza para examinar la exactitud de la red.

La data de validación también es artificial, pero con la particularidad de que se eligen las posiciones/ángulos menos probables y se terminan viendo significativamente muy diferentes a la data de entrenamiento.

Inconvenientes:

El requisito principal para el desarrollo de un modelo de red neuronal reside en la cantidad de data para el entrenamiento del modelo. En el caso de las imágenes se hace necesario un mínimo de 50...200 imágenes por clase. A mayor cantidad de imágenes por clase mejores resultados entrega la red.

En este caso hablamos de 66 clases o tipos diferentes de circones (obsérvese en la figura ()). de ejemplo que los circones tipo G1, G2 y G3 ocupan una misma casilla, pero en la práctica serían 3 clases (tipo) diferentes de circón): El principal inconveniente técnico para este desarrollo es que son muchas clases (66) con formas que pueden compartir patrones y de las cuales no tenemos la cantidad de imágenes reales por clase necesarias para un desarrollo de este tipo.



3. Resultados

3.1. Análisis De Minerales Densos

De acuerdo con Pettijhon et al. 1973, la estabilidad química en los minerales densos presentes se observa que predominan los moderadamente estables como la titanita, clinozoisita y epidota, seguido de los ultraestables con el circón, rutilo y la turmalina , posteriormente en los estables aparece el apatito, el granate y estauroлита, por último se encuentra el piroxeno como fase inestable que solo aparece en la muestra QLL 20, también se observan minerales traza como lo son la moscovita, clorita, calcita y talco (Tabla 3)

El mineral con mayor abundancia es la titanita que alcanza valores mínimos de 18,8% y valores máximos de 52,6% con un promedio de 35,7%, seguido de la clinozoisita con valores mínimos de 7,7 y máximos 36,9% con un promedio de 22,3% y la epidota con valores mínimos de 2,6% y máximos 34,9% con un promedio de 18,75%, en menor porcentaje pero que están presentes en todas las muestras como el circón con un promedio de 12,5%, apatito con 10,27%, rutilo con 6,4%, granate con 4,3% y la turmalina con un promedio de 1%, el piroxeno presente solo en una muestra cuenta con un promedio de 1,4% (Tabla 2)

Tabla 2 Porcentaje de minerales densos


MUESTRA	CIRCON				APATITO			TURMALINA			TITANITA	GRANATE	CLINOZOISITA	RUTILO	EPIDOTA	ESTAUROLITA	TRAZA	TOTAL
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3								
QLL-20		34	9		12			6			86	4	102		127		Moscovita, Calcita	350
QLL-25	1	9	2		34	6		4			135	24	65	16	34		Moscovita	350
QLL-31	3	18	9		22	5		3			165	12	48	38	27		Moscovita, Talco	350
QLL-36	1	39	12		20	4		2			135	11	85	26	15	4	Moscovita, Talco	350
QSB-36A	1	34	5		26	5		1			176	20	86	30	6	1	Moscovita, Talco, Calcita	350
QSB-37	6	27	7	2	21	2		4			135	29	87	20	30	1	Moscovita, Talco, Calcita, Clor	350
QSB-46A	5	15	1		16	2		5			184	15	74	16	16	1	Moscovita, Talco	350
QSB-46B	8	34	8	1	12	2			3		102	9	58	11	102	3	Moscovita	350
QSB-47B	2	13	3	1	13	6		4			87	2	91	7	122		Talco	350
QSB-48	9	14	6	1	13	7			5		181	9	76	12	17		Moscovita, Clorita	350
QSB-52	7	16	6	2	23	11					177	13	29	21	45	2	Moscovita, Talco	350
QSB-54	5	16	2	2	22	2		6			82	8	117	13	64		Moscovita	350
QSB-55B	4	7	3		11	4					82	5	129	21	84		Moscovita, Talco	350
QSB-61	6	59	6	2		28	6	1			156	1	27	31	27		Moscovita, Talco	350

Tabla 3 Estabilidad química de los minerales denso según Pettijhon (1973)

MUESTRA	ULTRAESTABLES				ESTABLES			MODERADAMENTE ESTABLES					INESTABLES		
	CIRCON	RUTILO	TURMALINA	APATITO	GRANATE	ESTAUROLITA	TITANITA	CLINOZOISITA	EPIDOTA	MOSCOVITA	CLORITA	PIROXENO	CALCITA	TALCO	
QLL-20	9,4	0	1,7	3,4	1,1	0	18,8	29,14	34,9	TR	0	1,4	TR	0	
QLL-25	3,4	4,6	1,1	17,14	6,8	0	38,6	18,6	9,7	TR	0	0	0	0	
QLL-31	8,6	10,8	0,9	7,7	8,4	0	47,1	13,7	7,7	TR	0	0	0	TR	
QLL-36	14,8	7,4	0,6	6,9	3,1	1,1	38,5	24,3	4,2	TR	0	0	0	TR	
QSB-36A	5,7	2,6	0,3	8,8	5,7	0,3	50,2	24,6	1,7	TR	0	0	TR	TR	
QSB-37	11,4	5,7	1,1	6,6	8,3	0,3	38,6	24,9	2,6	TR	TR	0	TR	TR	
QSB-46A	6	4,6	1,4	5,1	4,3	0,3	52,6	21,1	4,6	TR	0	0	0	TR	
QSB-46B	14,3	3,1	0,9	4,3	2,3	0,9	29,1	16,5	29,1	TR	0	0	0	0	
QSB-47B	5,1	2	1,1	5,1	0,6	0	24,9	26	34,9	0	0	0	0	TR	
QSB-48	8,3	3,4	1,4	5,7	2,7	0	51,7	21,7	4,6	TR	TR	0	0	0	
QSB-52	8,3	6	0	9,7	3,7	0,6	50,6	8,3	12,8	TR	0	0	0	TR	
QSB-54	6,6	3,7	1,7	6,9	2,6	0	23,5	36,3	18,3	TR	0	0	0	0	
QSB-55B	4	6	0	4,3	1,4	0	23,4	36,9	24	TR	0	0	0	TR	
QSB-61	20,3	8,9	0,3	9,7	0,3	0	44,6	7,7	7,7	TR	0	0	0	TR	

Tabla 4 Análisis de minerales densos de alta resolución


MUESTRA	CIRCON				APATITO			TURMALINA		
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
QLL-20	0	72,7	27,3	0	100	0	0	100	0	0
QLL-25	8,3	75	16,6	0	90	10	0	100	0	0
QLL-31	10	60	30	0	81,5	18,5	0	100	0	0
QLL-36	1,9	75	23,1	0	83,3	16,7	0	100	0	0
QSB-36A	5	70	25	0	83,9	16,1	0	100	0	0
QSB-37	14,2	64,3	16,6	4,7	91,3	8,7	0	100	0	0
QSB-46A	23,8	71,4	4,7	0	88,9	11,1	0	100	0	0
QSB-46B	16	68	16	2	85,7	14,3	0	0	100	0
QSB-47B	10,5	68,4	15,7	5,3	66,7	33,3	0	100	0	0
QSB-48	30	46,6	20	3,3	61,9	38,1	0	0	100	0
QSB-52	22,3	51,6	19,3	6,4	52,3	47,7	0	0	0	0
QSB-54	20	64	8	8	91,7	8,3	0	100	0	0
QSB-55B	28,6	50	21,4	0	73,3	26,7	0	0	0	0
QSB-61	8,2	80,8	8,2	2,7	0	82,3	17,7	100	0	0



El análisis de minerales densos de alta resolución (HRHMA) consiste en el reconocimiento y categorización de los diferentes minerales densos, basándose en el reconocimiento de que la mayoría de los minerales formadores de rocas y accesorios se presentan en diferentes hábitos, tamaños, color, variedades estructurales y ópticas, controladas principalmente por las condiciones petrogenéticas. (Tabla 4).

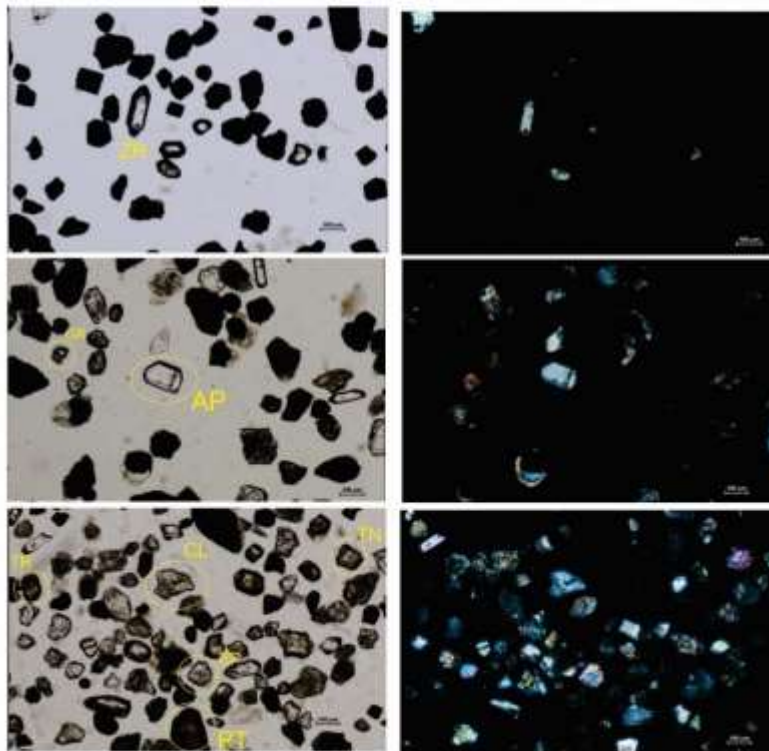
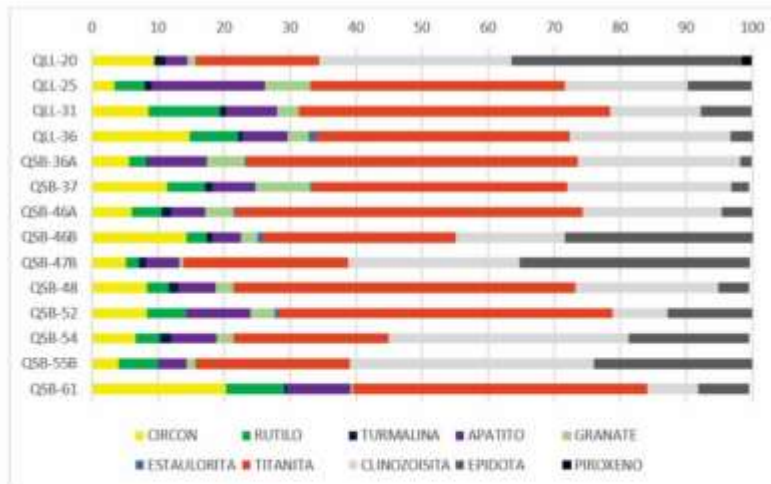
En el HRHMA, el circón muestra un mayor porcentaje en el tipo dos con un promedio de 65,5%, cristal euhedral purpura, en forma de lápiz, con abundantes inclusiones de microlitos y circones zonados procedentes de granitoides, seguido del tipo tres con 17,9%, son circones redondeados, incoloros y reciclados de color purpura. El tipo uno consta de un promedio de 15,3%, los cristales son euhedrales afilados, volcanogénico y en menor proporción están los circones tipo cuatro en 2,3%, granos que muestran una variedad de sobrecrecimientos, este último solo se encuentra en las muestras QSB-37, QSB-46B, QSB-47B, QSB 48, QSB-52, QSB-54 Y QSB-61.

En el apatito se observa una mayor concentración del tipo uno con un promedio de 75%, cristal volcanogénico euhedral agudo, de grano prismático con bordes algo redondeados y primas redondeados con una microlita e inclusiones opacas, el tipo dos muestra un promedio de 23,7%, son primas volcanogénico pleocroico de color marrón rojizo, granos angulares y esféricos, solo en la muestra QSB-61 aparece el apatito del tipo tres, prisma redondeado con inclusiones paralelas de polvo opaco, sobrecrecimiento redondeado sobre un grano preexistente redondeado y oscuro, cristal euhedral hexagonal desarrollándose sobre un grano detrítico esférico.



La turmalina los pocos individuos que se encontraron, el tipo uno está presente en la mayoría de las muestras, cristales euhedrales agudos, el tipo dos solo se encuentra en la muestra QSB-46B y en la QSB-48, prisma incoloro redondeado que conserva un núcleo preexistente, grano angular irregular, forma basal aguda y grano redondeado con una inclusión de circón, la turmalina tipo tres no se encontró en ninguna de las muestras.

El circón es muy importante en la muestra QSB-61, el rutilo en la QLL-31, la turmalina en la QLL-20 y en la QSB-54, el apatito en el QLL-25, Granate en la QSB-37, Estauroлита en la QSB-46, titanita en la QSB-46A, clinozoisita en QSB-55 y la epidota en la QSB-47B.



ZR: CIRCON, TR: TURMALINA
 RT: RUTILO, AP: APATITO
 GR: GRANATE, TN: TITANITA
 CL: CLINOZOISITA, EP: EPIDOTA

Figura 13 distribución porcentual de los minerales densos estudiados en la Fm Iró, microfotografías representativas de las secciones.

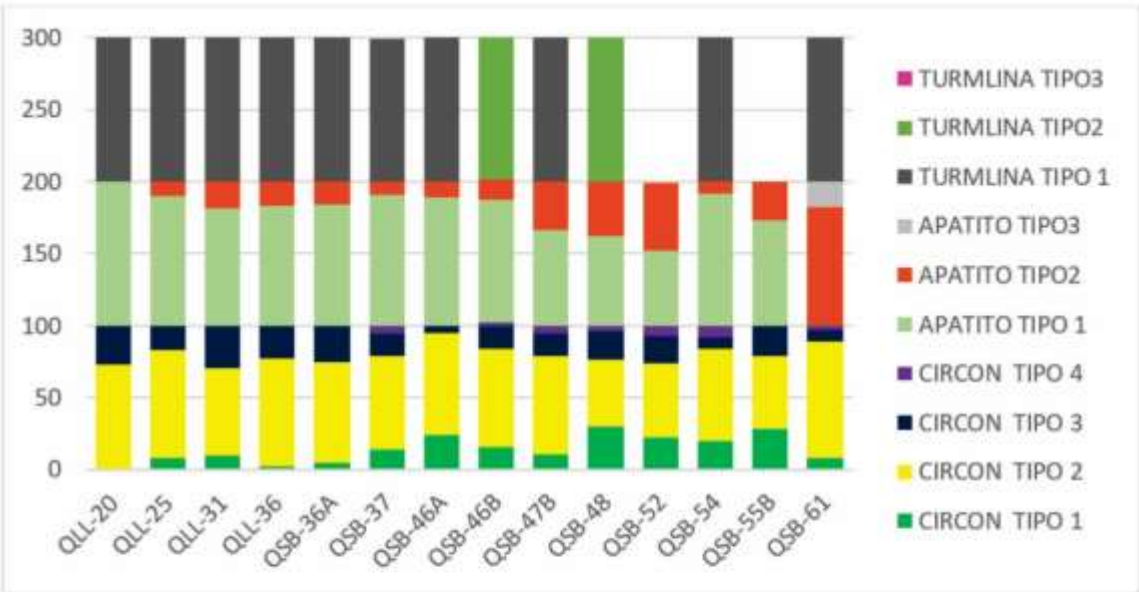


Figura 14 Análisis de alta resolución en minerales ultraestables presentes en la formación Iró



3.2. Tipología Circones

Muestra QLL-20

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser bastantes redondeados (23%) poco redondeados (22%) y redondo (20%), seguido de muy poco redondeado (16%), menor proporción aparecen redondeado (9%), muy bien redondeado (3%), casi completamente sin redondear (2%) y casi completamente sin redondear (1%), no aparecen completamente sin redondear y completamente redondeado.

Tabla 5 Tipo de redondez. Muestra QL-20.

MUESTRA QLL-20	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	0
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	1
MUY POCO REDONDEADO	16
POCO REDONDEADO	22
BASTANTE REDONDEADO	23
REDONDEADO	20
BIEN REDONDEADO	9
MUY BIEN REDONDEADO	3
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	2
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

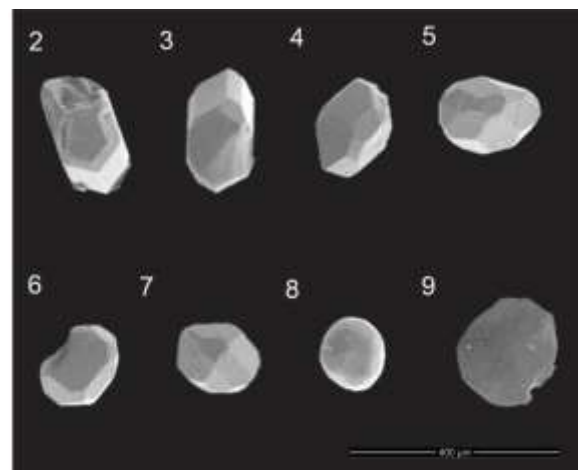


Figura 15, Ejemplo de redondez en circones. Muestra QLL-20.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (56%), seguidos de rechoncho (29%) y en menor proporción columnar o prismático (15%), con forma de aguja no aparecen.

Tabla 6 Tipo de alargamiento. Muestra QLL-20.

MUESTRA QLL-20	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	29
STALKY	56
COLUMNAR O PRISMÁTICO	15
CON FORMA DE AGUJA	0

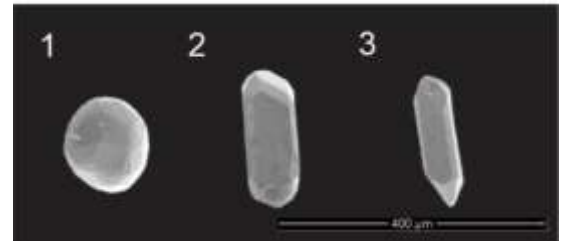


Figura 16 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QLL-20.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo G1-P1-P3-S12 y S13 con un porcentaje entre el 5-10%, seguidos de AB3-L4-L5-S4-S8-P2-S17-S18-P4 y S23 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran el AB2-AB4-AB5-S2-S3-S5-S6-S7-S9-S10-R2-S16-S19-S26-P5-J1 y J3, con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 17, 18 y 19).

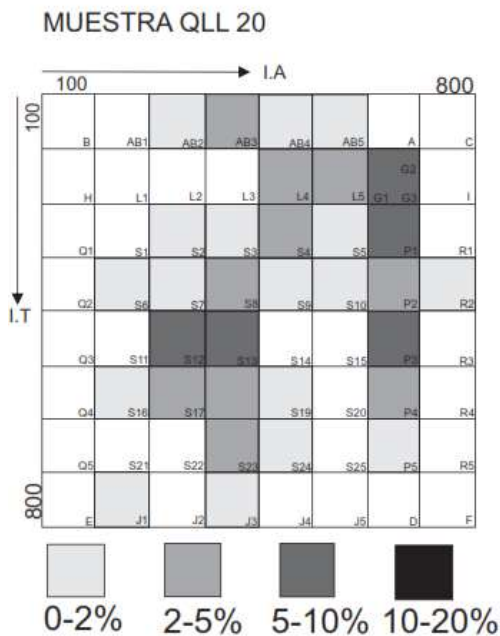


Figura 18 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980).

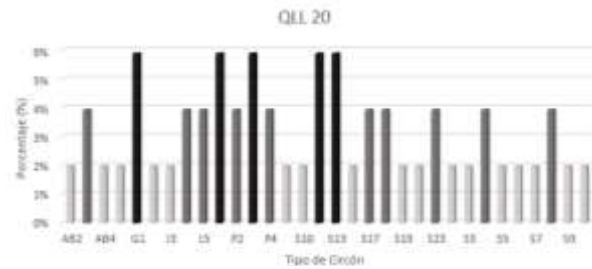


Figura 17 Muestra QLL-20. Porcentaje de

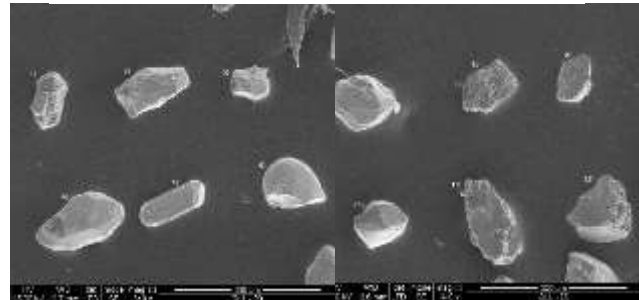


Figura 19. Clasificación: 1) S8 2) L5 3) J3 4) S3 5) S4 6) S12 7) AB3 8) S5 9) P5 10) AB3 11) G1 12) S24.

Muestra QLL-25.

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeados (24%) y poco redondeados (19%), seguidos por casi completamente sin redondear (15%), redondeado (14%), bastante redondeado (13%) y en menor proporción se encuentran bien redondeado (1%), muy bien redondeado (4%), completamente redondeado (2%), completamente sin redondear (1%) y casi completamente redondeado (1%). (Tabla 6.)

Tabla 7 Tipo de redondez. Muestra QLL-25.

MUESTRA QLL-25	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	1
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	15
MUY POCO REDONDEADO	24
POCO REDONDEADO	19
BASTANTE REDONDEADO	13
REDONDEADO	14
BIEN REDONDEADO	7
MUY BIEN REDONDEADO	4
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	1
COMPLETAMENTE REDONDEADO	2

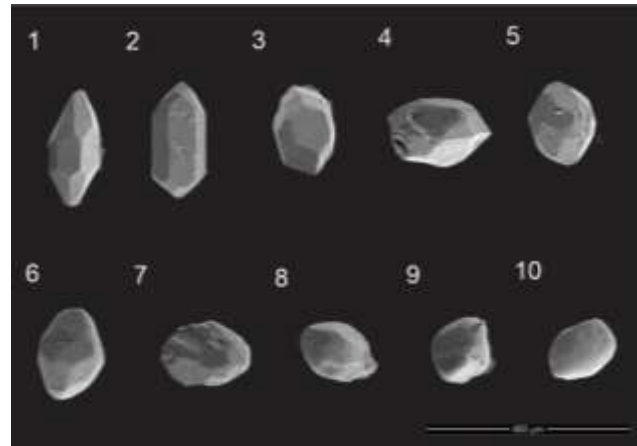


Figura 20 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QLL-25.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (40%), seguidos de rechoncho (30%), columnar o prismático (24%) y en menor proporción en forma de aguja (6%). (Tabla 7).

Tabla 8 Tipo de alargamiento. Muestra QLL-25.

MUESTRA QLL-25	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	30
STALKY	40
COLUMNAR O PRISMÁTICO	24
CON FORMA DE AGUJA	6



Figura 21 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QLL-25.



En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S17 con un porcentaje entre 10-20%, seguido de S8, S12, P3 y S17 con un porcentaje entre el 5-10%, seguidos de S3-S4-S5-P1-S6-P2-S13-S16-S19-P4 Y S23 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran el AB3-L4-L5-G1-S2-S10-R3-S16-P5-J3-D y F, con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 22, 23 y 24).

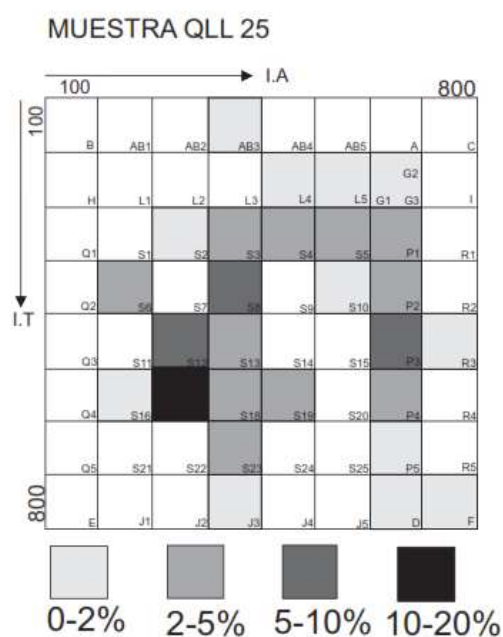


Figura 22 Distribución de la frecuencia

Muestra QLL-31.

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeados (22%) y poco redondeados (18%) y bastante redondeado (18%), seguidos por casi

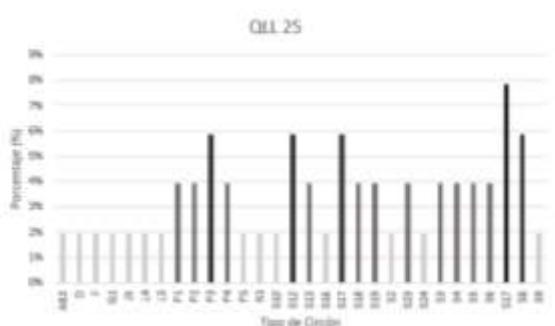


Figura 23 Muestra QLL-25. Porcentaje de

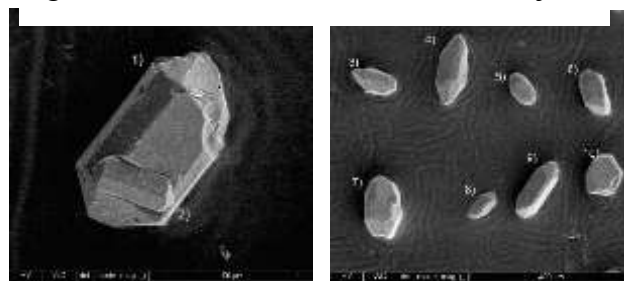


Figura 24 Clasificación: 1) P2, 2) P5, 3) S10, 4) S8, 5) S12, 6) S13, 7) S7, 8) S3, 9) S4, 10) J3.

completamente sin redondear (16%), redondeado (14%), redondeado (16%) y en menor proporción se encuentran completamente sin redondear (4%), bien redondeado (4%), casi completamente redondeado (2%) y muy bien redondeado (1%), completamente redondeado no se encuentra. (tabla 8).

Tabla 9 Tipo de redondez. Muestra QLL-31

TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	4
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	16
MUY POCO REDONDEADO	22
POCO REDONDEADO	18
BASTANTE REDONDEADO	18
REDONDEADO	16
BIEN REDONDEADO	4
MUY BIEN REDONDEADO	1
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	2
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0



Figura 25 Ejemplo de redondez en circones Muestra QLL-31.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (54%), seguidos de columnar o prismático (32%), rechoncho (13%) y en menor proporción en forma de aguja (1%). (Tabla 9).

Tabla 10 Tipo de alargamiento. Muestra QLL-31.

MUESTRA QLL-31	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	13
STALKY	54
COLUMNAR O PRISMÁTICO	32
CON FORMA DE AGUJA	1

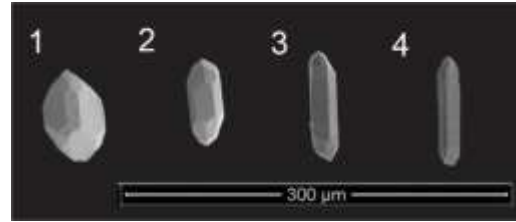


Figura 26 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QLL-31.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S7-S12 y S13 con un porcentaje entre 10-20%, seguido de S8 y S11 con un porcentaje entre el 5-10%, G1-S2-S4-P1-Q3-S16-S17-S18-S21 Y P5 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran el L4-L5-S3-S5-S6-S9-P2-S14-P3-Q4-S19-P4-Q6-S22-S23-S24-J4-D con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 27, 28 y 29).

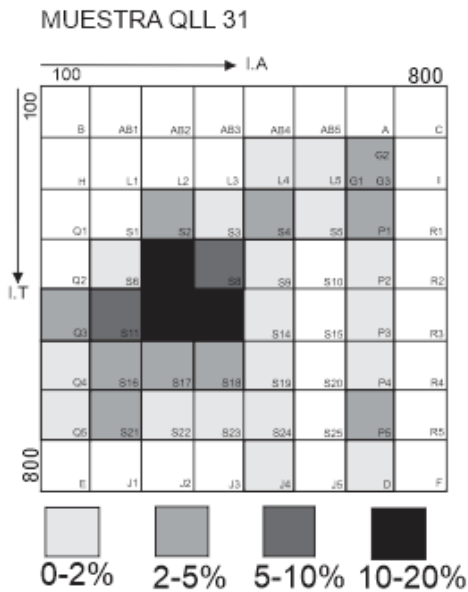


Figura 27 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980).

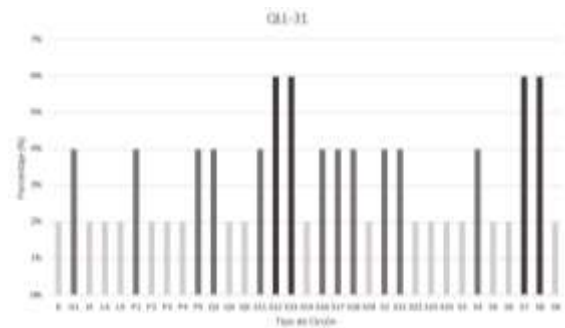


Figura 28 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QLL-31.



Figura 29 Clasificación: 1) G1, 2) S7, 3) P1, 4) S9, 5) S14, 6) S12, 7) S13, 8) Q3, 9) S18, 10) S17, 11) S5, 12) S9.

Muestra QLL-36:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser bastante redondeados (24%) y redondeados (22%), seguidos por poco redondeado (14%) y bien redondeado (11%) y en menor proporción se encuentran muy poco redondeado (7%), casi completamente sin redondear (5%), muy bien redondeado (3%), completamente sin redondear (1%) y casi completamente redondeado (1%), completamente redondeado no se encuentra. (Tabla 10).

Tabla 11 Tipo de redondez. Muestra QLL-36

MUESTRA QLL-36	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	1
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	5
MUY POCO REDONDEADO	7
POCO REDONDEADO	14
BASTANTE REDONDEADO	24
REDONDEADO	22
BIEN REDONDEADO	11
MUY BIEN REDONDEADO	3
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	1
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

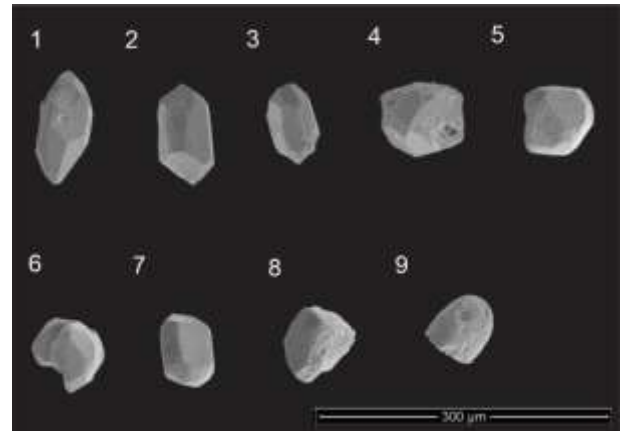


Figura 30 Ejemplo de redondez en circones.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser rechoncho (58%), seguido de stalky (34%), columnar o prismático (7%) y en menor proporción en forma de aguja (1%). (Tabla 11).

Tabla 12 Tipo de alargamiento. Muestra QLL-36.

MUESTRA QLL-36	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	58
STALKY	34
COLUMNAR O PRISMÁTICO	7
CON FORMA DE AGUJA	1

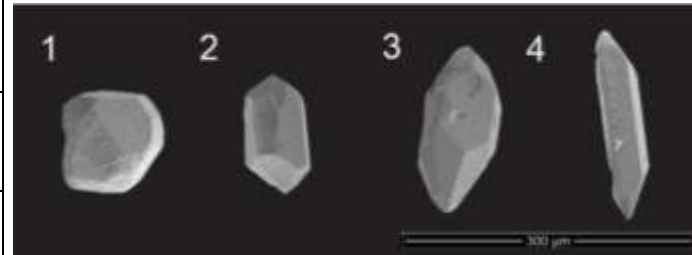


Figura 31 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QLL-36.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S7-S12-P4 Y D un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L5-S4-P1-S8-S10-P2-S11-P3-S16 y S17 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él AB3-L3-L4-G1-S2-S3-S5-S6-R2-Q3-S13-R3-Q4-S16-S19-S21-S22-S23-S24-P5-R5-E y F con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 32, 33 y 34)

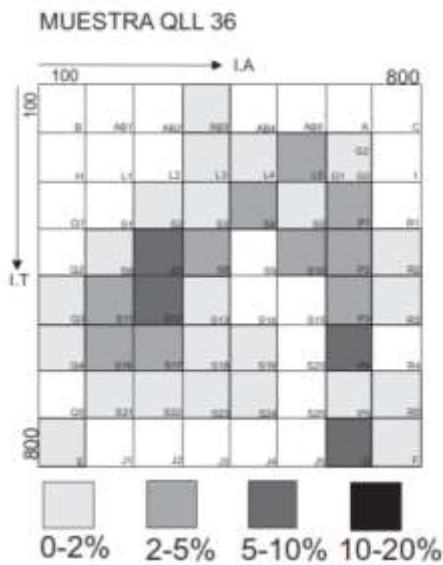


Figura 32 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QLL-36.

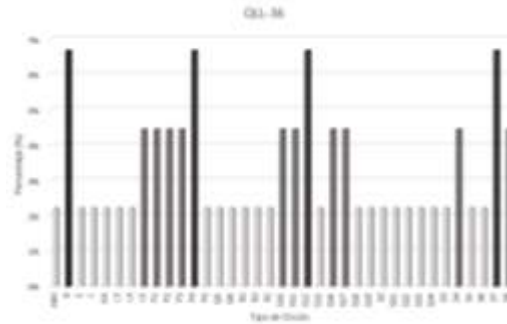


Figura 33 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QLL-36.

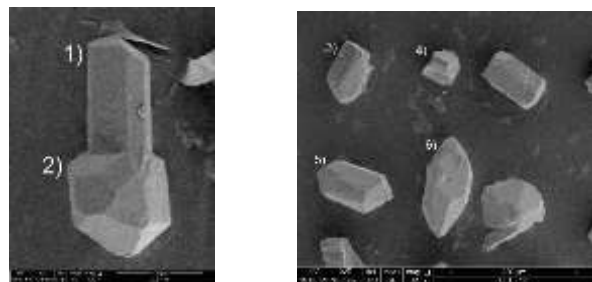


Figura 34 Clasificación: 1) P4, 2) S7, 3) P2, 4) P3, 5) S10, 6) S21.

Muestra QSB 36A:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (26%) y poco redondeado (23%), seguidos por casi completamente sin redondear (18%) y bastante redondeado (16%) y en menor proporción se encuentran redondeado (5%), completamente sin redondear (4%), bien redondeado (3%), casi completamente redondeado (3%) y muy bien redondeado (2%), completamente redondeado no se encuentra. (Tabla 10).

Tabla 13 Tipo de redondez. Muestra QLL-36A.

MUESTRA QSB-36A	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	4
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	18
MUY POCO REDONDEADO	26
POCO REDONDEADO	23
BASTANTE REDONDEADO	16
REDONDEADO	5
BIEN REDONDEADO	3
MUY BIEN REDONDEADO	2
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	3
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

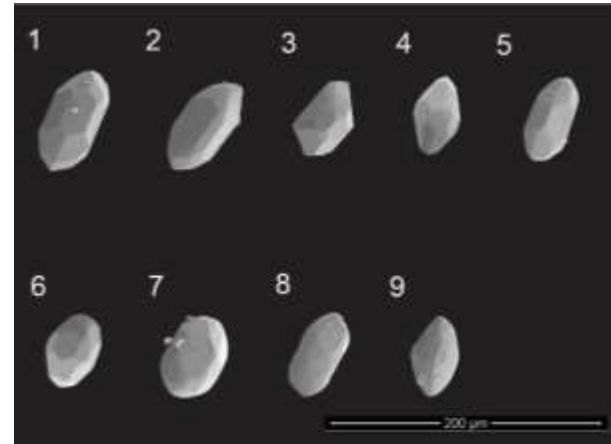


Figura 35 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QLL-36A.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (37%), seguido de columnar o prismático (30%), rochoncho (27%) y en menor proporción en forma de aguja (6%). (Tabla 11).

Tabla 14 Tipo de alargamiento. Muestra QLL-36A.

MUESTRA QSB-36A	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	27
STALKY	37
COLUMNAR O PRISMÁTICO	30
CON FORMA DE AGUJA	6



Figura 2236 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QLL-36A.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S12 con un porcentaje entre 10-20%, seguido de S4- S7-S12 y S11 un porcentaje entre el 5-10%, P1-S8-S13-S14-S15-P3-S17-P4-S21-J1-J4 y D con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L2-L3-L4-G1-S2-S3-S5-S6-Q3-Q4-S16-S18-S22-J2-J3 y J5 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 37,38 y 39).

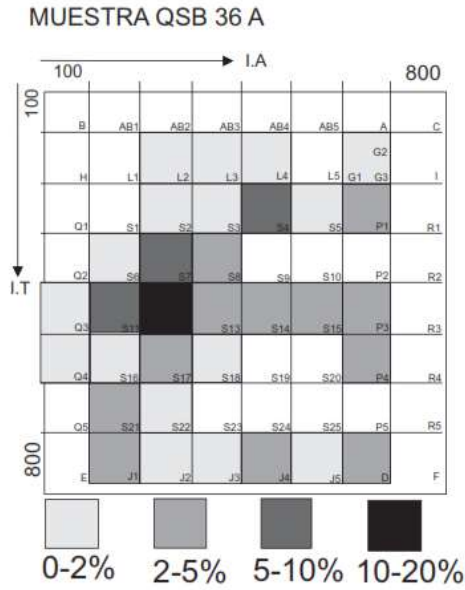


Figura 37. Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QLL-36A.

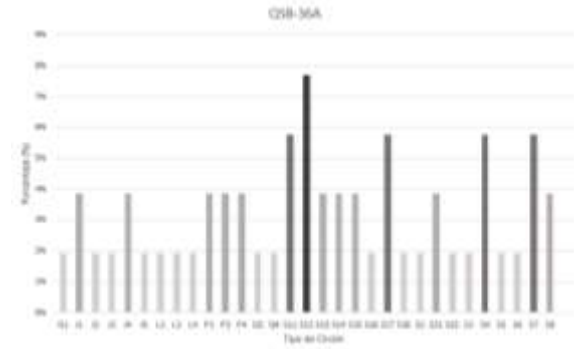


Figura 38 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QLL-36A.

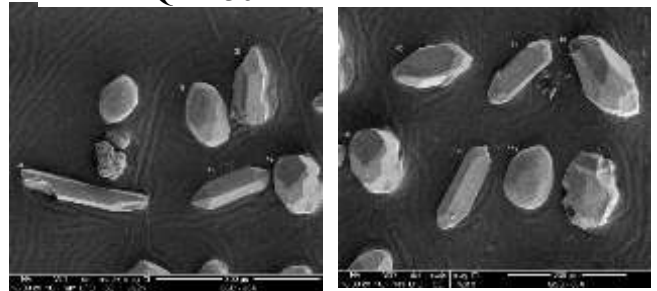


Figura 39 Clasificación: 1) S7, 2) S11, 3) P4, 4) Q4, 5) S17, 6) S2, 7) S4, 8) S12, 9) S11, 10) S5, 11) S12.

Muestra QSB-37:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (28%) y poco redondeado (24%), seguidos por bastante redondeado (19%) y redondeado (11%) y en menor proporción se encuentran casi completamente sin redondear (9%), bien redondeado (6%) y muy bien redondeado (3%), no aparecen casi completamente sin redondear, casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 14).

Tabla 15 Tipo de redondez. Muestra QSB-37.

MUESTRA QSB-37	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	0
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	9
MUY POCO REDONDEADO	28
POCO REDONDEADO	24
BASTANTE REDONDEADO	19
REDONDEADO	11
BIEN REDONDEADO	6
MUY BIEN REDONDEADO	3
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	0
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

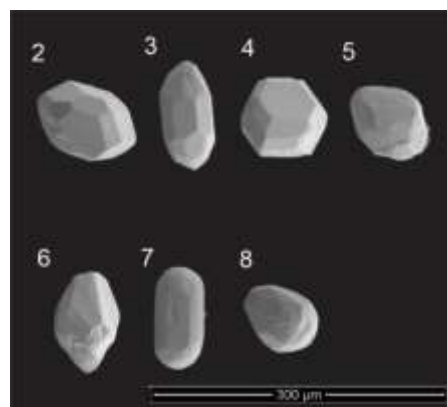


Figura 40 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QSB-37.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser rechoncho (39%), seguido stalky (29%), columnar o prismático (22%) y en menor proporción en forma de aguja (10%). (Tabla 15).

Tabla 16 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-37.

MUESTRA QSB-37	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	39
STALKY	29
COLUMNAR O PRISMÁTICO	22
CON FORMA DE AGUJA	10

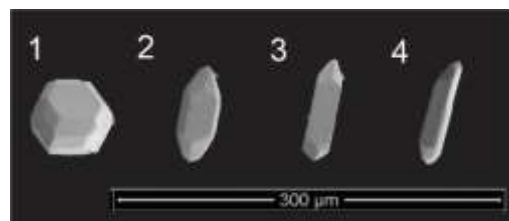


Figura 41 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-37.



En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo G1 con un porcentaje entre 10-20%, seguido de S13-P3 y S17 un porcentaje entre el 5-10%, L5-S5-S7-S11-S12-S16 y D con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L1-L2-L3-S2-S3-F1-S8-P2-S15-S18-S21-S22-S23-J2 y J3 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 42, 43 y 44).

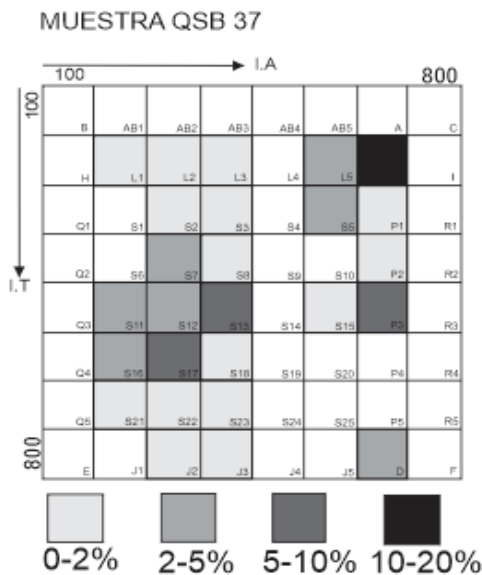


Figura 42 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980).

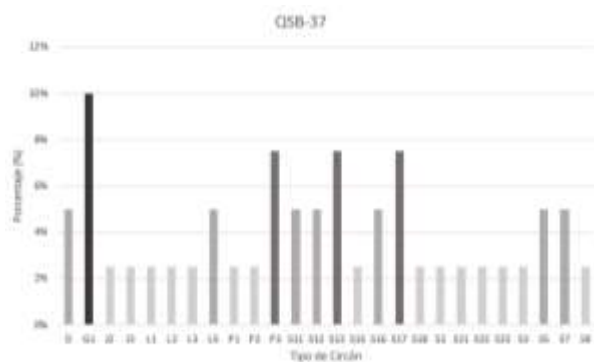


Figura 43. Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-37. Clasificación

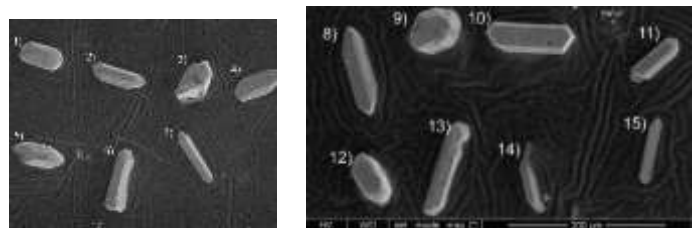


Figura 44. Clasificación: 1) S2, 2) S11, 3) L5, 4) L3, 5)

Muestra QSB-46A:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser poco redondeado (26%), muy poco redondeado (22%) y bastante redondeado (22%), seguidos por casi completamente

sin redondear (10%) y redondeado (10%) y en menor proporción se encuentran casi bien redondeado (4%) y completamente sin redondear (2%), no aparecen muy bien redondeado, casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 16).

Tabla 17 Tipo de redondez. Muestra QSB-46A.

MUESTRA QSB-46A	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	2
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	10
MUY POCO REDONDEADO	22
POCO REDONDEADO	26
BASTANTE REDONDEADO	22
REDONDEADO	10
BIEN REDONDEADO	4
MUY BIEN REDONDEADO	0
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	0
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

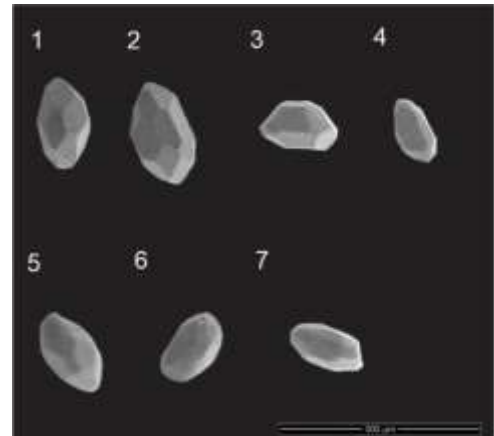


Figura 45 Ejemplo de redondez en circoes. Muestra QSB-46A.

En cuanto al alargamiento lo circoes muestran una tendencia a ser stalky (40%), columnar o prismático (37%), seguido de rechoncho (18%) y en menor proporción en forma de aguja (5%). (Tabla 17).

Tabla 18 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-46A.

MUESTRA QSB-46A	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	18
STALKY	40
COLUMNAR O PRISMÁTICO	37
CON FORMA DE AGUJA	5

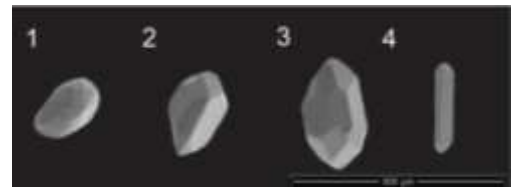


Figura 46 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-46A.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S7-P2-S12 y S17 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de S2-S3-S4-P1-S8-S11-P3-S16-S18-P4-S21-S22-S23 y S24 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él AB3-L3-L4-G1-S1-S5-S6-S9-Q3-S13-S14-S19Q5-S25-P5 J1-J3-J4- y J5 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 47, 48 y 49).

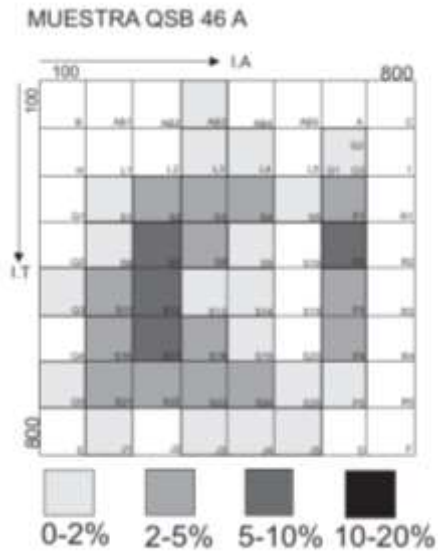


Figura 47 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-46A

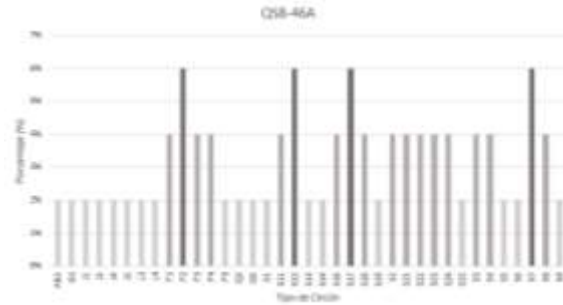


Figura 48 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-46A.

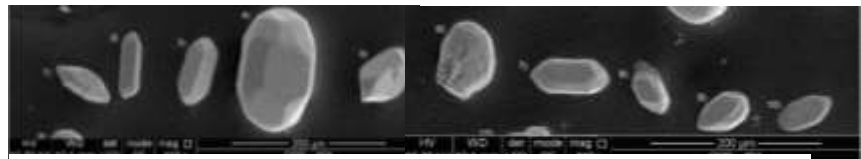


Figura 49. Clasificación: 1) S21, 2) S11, 3) S14, 4) S7, 5) S23, 6) S12, 7) P4, 8) S25, 9) Q5, 10) P1.

Muestra QSB-46B:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (34%) y poco redondeado (21%), seguidos por bastante redondeado (18%), casi completamente sin redondear (14%) y en menor proporción se encuentran redondeado (7%), bien redondeado (3%), muy bien redondeado (2%) y completamente sin redondear (1%), no aparecen casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 18).

Tabla 19 Tipo de redondez. Muestra QSB-46B.

MUESTRA QSB-46B	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	1
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	14
MUY POCO REDONDEADO	34
POCO REDONDEADO	21
BASTANTE REDONDEADO	18
REDONDEADO	7
BIEN REDONDEADO	3
MUY BIEN REDONDEADO	2
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	0
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

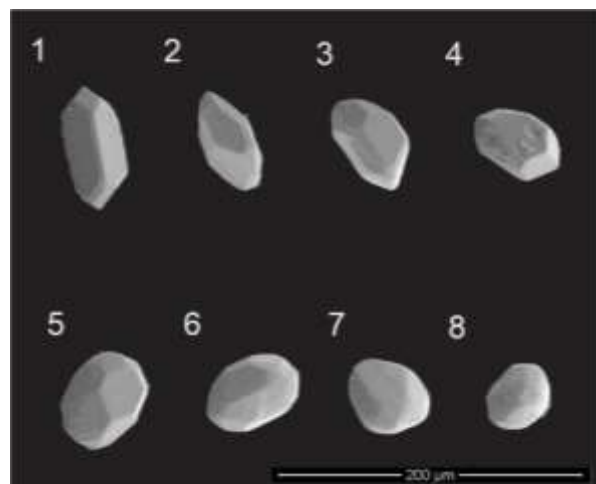


Figura 50 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QSB-46B.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (46%), columnar o prismático (26%), seguido de rechoncho (22%) y en menor proporción en forma de aguja (7%). (Tabla 19).

Tabla 20 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-46B.

MUESTRA QSB-46B	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	22
STALKY	45
COLUMNAR O PRISMÁTICO	26
CON FORMA DE AGUJA	7

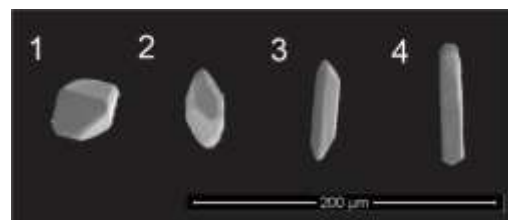


Figura 51 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-46B.



En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S3-S7 y S12 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L2-G1-S1-P1-S8-S11-P3-S17-19-S21-S24-J1 y J4 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él H-L1-L4-I-S2-S4-S5-Q2-S6-S10-Q3-S13-S14-Q4-S16-S18-Q5-S22-S23-P5-J3-J5 y D con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 52, 53 y 54).

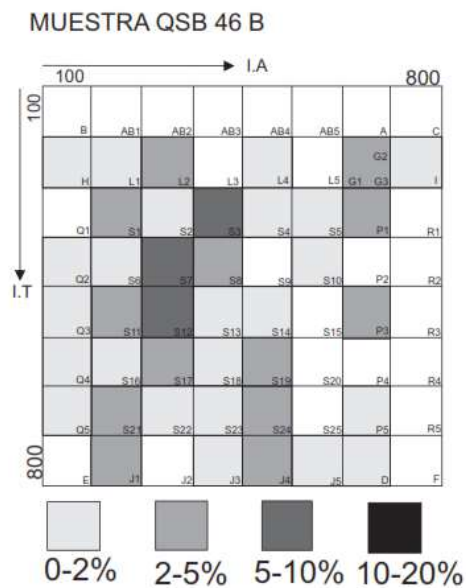


Figura 52 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-46B.

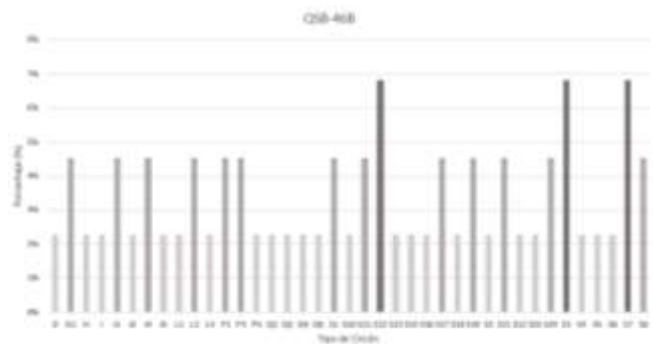


Figura 53 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-46B.

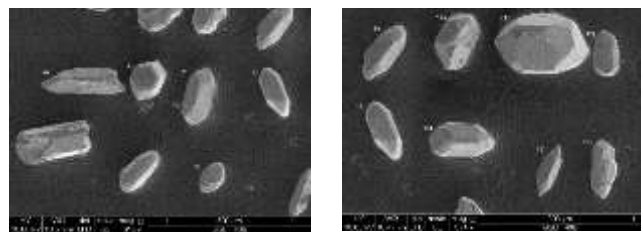


Figura 54 Clasificación: 1) P1, 2) S7, 3) L2, 4) P1, 5) S3, 6) S2, 7) S16, 8) S18, 9) SL2, 10) S23, 11) S7, 12) P4, 13) S16, 14) S24, 15) S17, 16) S11.



Muestra QSB-47B:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (29%) poco redondeado (22%) y casi completamente sin redondear (20%) seguido por bastante redondeado (17%), y en menor proporción se encuentran redondeado (6%), bien redondeado (4%) y completamente sin redondear (1%), no aparecen muy bien redondeado, casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 20).

Tabla 21 Tipo de redondez. Muestra QSB-47B.

MUESTRA QSB-47B	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	2
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	20
MUY POCO REDONDEADO	29
POCO REDONDEADO	22
BASTANTE REDONDEADO	17
REDONDEADO	6
BIEN REDONDEADO	4
MUY BIEN REDONDEADO	0
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	0
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0

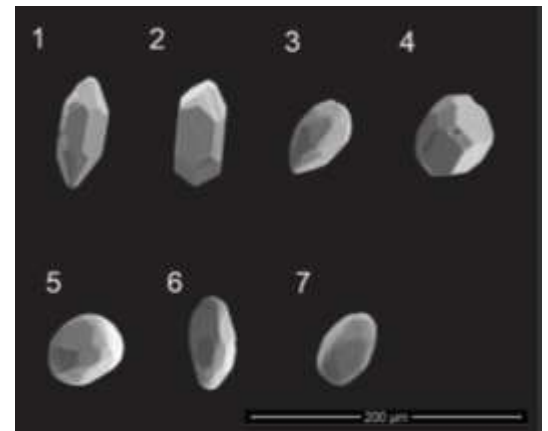


Figura 23 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QSB-47B.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (45%), rechoncho (40%), seguido de columnar o prismático (15%) y se observan en forma de aguja. (Tabla 21).

Tabla 22 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-47B.

MUESTRA QSB-47B	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	40
STALKY	45
COLUMNAR O PRISMÁTICO	15
CON FORMA DE AGUJA	0

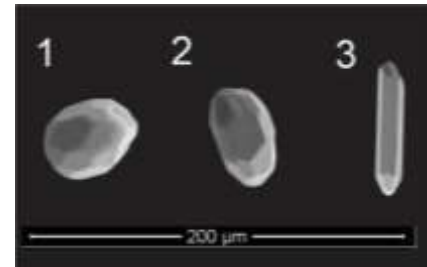


Figura 56 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-47B.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S2-S7-S11 y S17 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L1-L2-G1-S3-P1-P2-S11-S13-P3-S16-S22 y S24 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él AB2-AB3-L4-L5-S1-S4-S6-S8-S9-Q3-S14-S15-S19-S20-S21-S23-J1-J2-J3 y J5 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 57, 58 y 59).

MUESTRA QSB 47 B

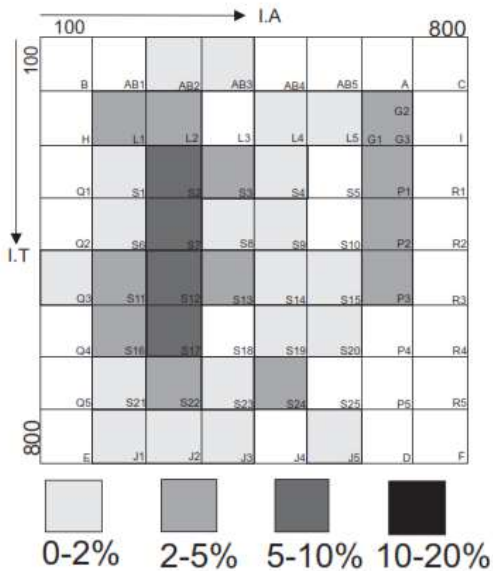


Figura 57 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin

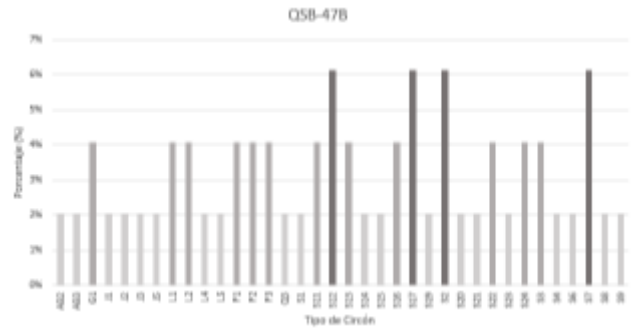


Figura 58. Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-47B

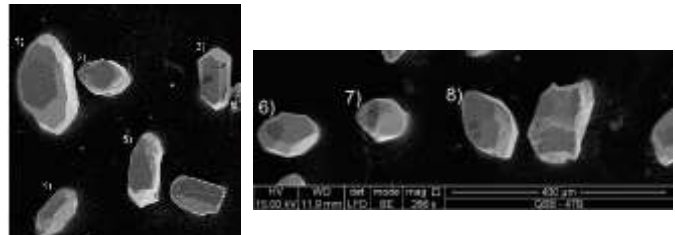


Figura 2459 Clasificación: 1) S7, 2) S4, 3) P2, 4) G1, 5) S22, 6) S12, 7) S3, 8) S7

Muestra QSB-48:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (30%), casi completamente sin redondear (27%) y poco redondeado (21%), seguido por bastante redondeado (14%), y en menor proporción se encuentran redondeado (6%) y completamente sin redondear (2%), no aparecen bien redondeado, muy bien redondeado, casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 22).

Tabla 23 Tipo de redondez. Muestra QSB-48.

MUESTRA QSB-48	
TIPO DE REDONDEZ	CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	2
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	27
MUY POCO REDONDEADO	30
POCO REDONDEADO	21
BASTANTE REDONDEADO	14
REDONDEADO	6
BIEN REDONDEADO	0
MUY BIEN REDONDEADO	0
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO	0
COMPLETAMENTE REDONDEADO	0



Figura 60 Ejemplo de redondez en circones. Muestra QSB-48.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (44%), columnar o prismático (29%) y rechoncho (24%), en menor proporción forma de aguja (3%). (Tabla 23).

Tabla 24 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-48.

MUESTRA QSB-48	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	24
STALKY	44
COLUMNAR O PRISMÁTICO	29
CON FORMA DE AGUJA	3



Figura 61 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-48.



En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo G1-S7-S11 y P3 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L4-S2-S2-S4-S5-S12-S13-S17-S19-S21-S23 y J1 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L1-L3-L5-S1-P1-S6-S8-P2-S14-S15-S16-S18-S22-S24-S25-J3-J4-J5 y D con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 62, 63 y 64).

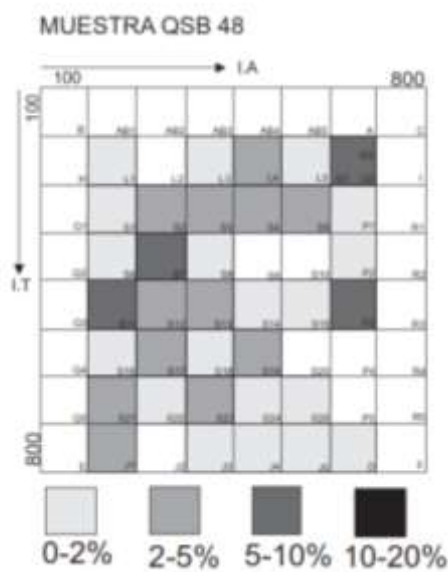


Figura 62. Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin

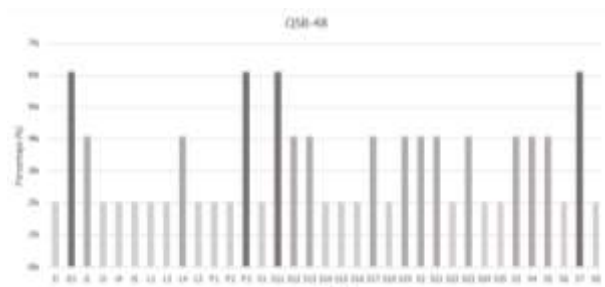


Figura 63 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-48

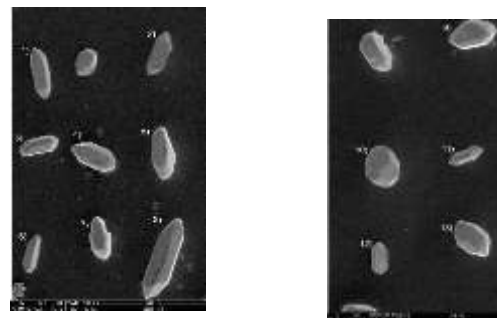


Figura 64. Clasificación: 1) S11, 2) G1, 3) S13, 4) P3, 5) S21, 6) L4, 7) S21, 8) S11, 9) S19, 10)

Muestra QSB-52

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (29%), poco redondeado (22%) y bastante redondeado (21%) seguido por redondeado (13%), y en menor proporción se encuentran casi completamente sin redondear (6%), bien redondeado (5%), muy bien redondeado (2%) y casi completamente redondeado (2%), no aparece completamente redondeado. (Tabla 24).

Tabla 25 Tipo de redondez. Muestra QSB-52.

MUESTRA QSB-52		CANTIDAD
TIPO DE REDONDEZ		
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	SIN	0
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	SIN	6
MUY POCO REDONDEADO		29
POCO REDONDEADO		22
BASTANTE REDONDEADO		21
REDONDEADO		13
BIEN REDONDEADO		5
MUY BIEN REDONDEADO		2
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO		2
COMPLETAMENTE REDONDEADO		0

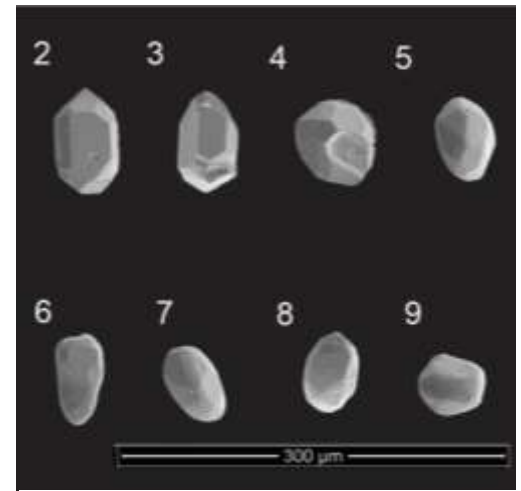


Figura 65 Ejemplo de circones en cuanto a su redondez. Muestra QSB-52.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (54%), rechoncho (31%), en menor proporción columnar o prismático (15%), no aparecen en forma de aguja (3%). (Tabla 25).

Tabla 26 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-52.

MUESTRA QSB-52	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	31
STALKY	54
COLUMNAR O PRISMÁTICO	15
CON FORMA DE AGUJA	0

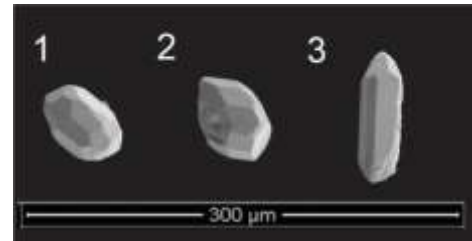


Figura 66 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-52.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S12-S13 y S17 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de S4- S6-S7-S8-P2-S11-P3-S10-Q5-S22-J1 y J2 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L2-L3-L4-L5-G1-S3-S5-P1-Q2-S10-R2-S14-S19-P4-S21-S24-S25-P5-R5-J3 y J4 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 67, 68 y 69).

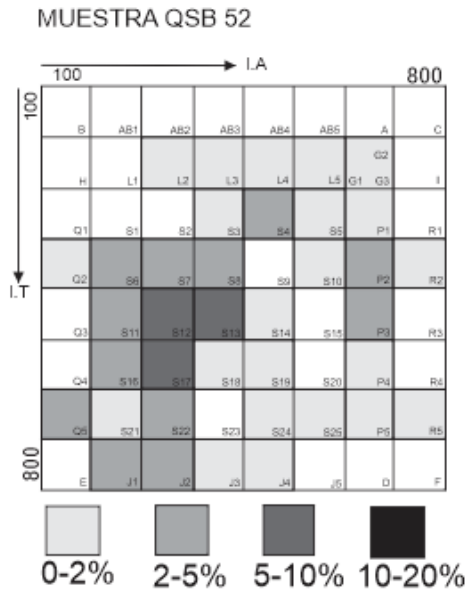


Figura 67 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-52.

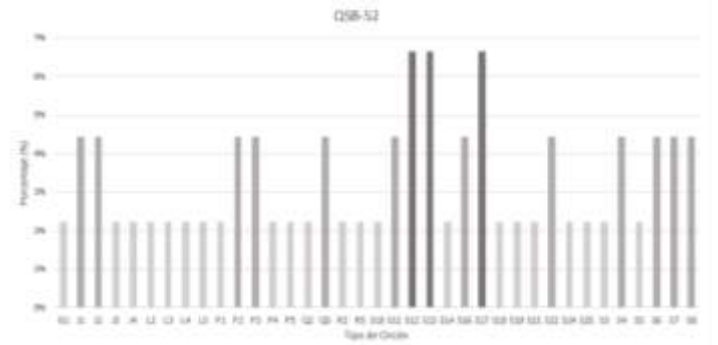


Figura 68 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-52.

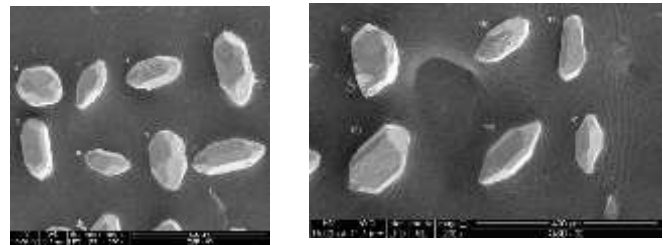


Figura 69 Clasificación: 1) S7, 2) S17, 3) S12, 4) S12, 5) S8, 6) S7, 7) S12, 8) S11, 9) L5, 10) S7, 11) P2, 12) S25,

Muestra QSB- 54:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (23%), bastante redondeado (23%) y poco redondeado (22%), seguido por redondeado (18%), y en menor proporción se encuentran bien redondeado (7%), casi completamente sin redondear (6%), muy bien redondeado (1%), no aparecen completamente sin redondear, casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 26).

Tabla 27 Tipo de redondez. Muestra QSB-54.

MUESTRA QSB-54		CANTIDAD
TIPO DE REDONDEZ		CANTIDAD
COMPLETAMENTE REDONDEAR	SIN	0
CASI COMPLETAMENTE REDONDEAR	SIN	6
MUY POCO REDONDEADO		23
POCO REDONDEADO		22
BASTANTE REDONDEADO		23
REDONDEADO		18
BIEN REDONDEADO		7
MUY BIEN REDONDEADO		1
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO		0
COMPLETAMENTE REDONDEADO		0



Figura 70 Ejemplo de circones en cuanto a su redondez. Muestra QSB-54.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (56%), rechoncho (28%) y columnar o prismático (12%), en menor proporción se encuentran en forma de aguja (4%). (Tabla 27).

Tabla 28 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-54.

MUESTRA QSB-54		CANTIDAD
TIPO DE ALARGAMIENTO		CANTIDAD
RECHONCHO		28
STALKY		56
COLUMNAR O PRISMÁTICO		12

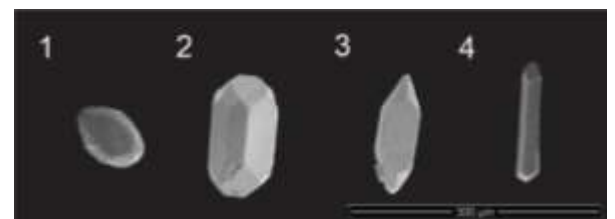


Figura 25 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-54.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo G1-S7-S12-S13-P3 y S17 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L4-S2-S3-S4-S8-S16-S18 y S23 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L2-L3-L5-S5-P1-P2-S11-S16-S19-S21-S22-S24-J1-J2-J3 y J4 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 72, 73 y 74).

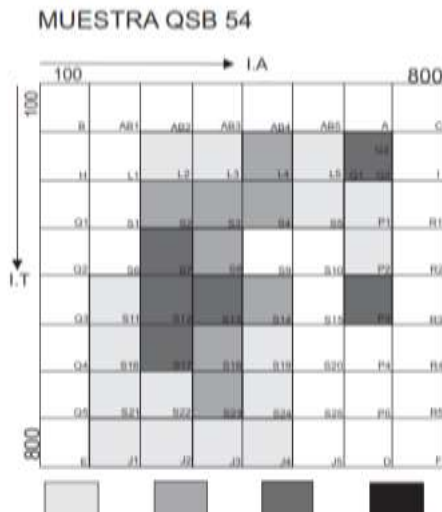


Figura 72 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-54.

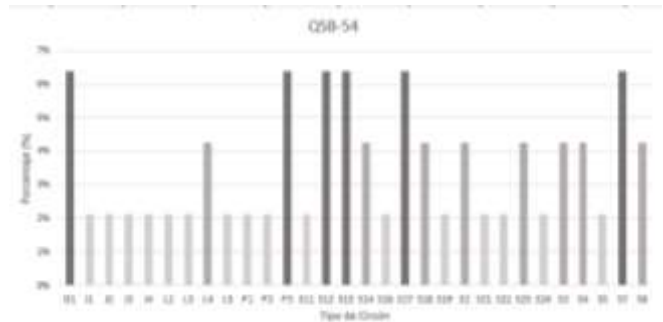


Figura 73 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-54.

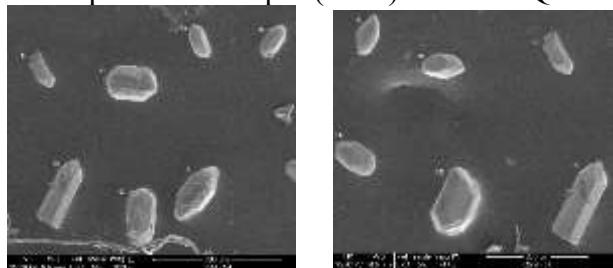


Figura 74 Clasificación: 1) S8, 2) P3, 3) S5, 4) S17, 5) S13, 6) S7, 7) S8, 8) S16, 9) S22, 10) S13, 11) S2, 12) S18, 13) S12.

Muestra 55B:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser muy poco redondeado (25%) y bastante redondeado (22%), seguido de muy poco redondeado (19%) y redondeado (18%), y en menor proporción se encuentran bien redondeado (6%), casi completamente sin

redondear (5%), completamente redondeado (4%), muy bien redondeado (3%) y casi completamente redondeado (2%) no aparece completamente sin redondear. (Tabla 28).

Tabla 29 Tipo de redondez. Muestra QSB-55B.

MUESTRA QSB-55B		CANTIDAD
TIPO DE REDONDEZ		CANTIDAD
COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	SIN	0
CASI COMPLETAMENTE SIN REDONDEAR	SIN	5
MUY POCO REDONDEADO		19
POCO REDONDEADO		25
BASTANTE REDONDEADO		22
REDONDEADO		14
BIEN REDONDEADO		6
MUY BIEN REDONDEADO		3
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO		2
COMPLETAMENTE REDONDEADO		4

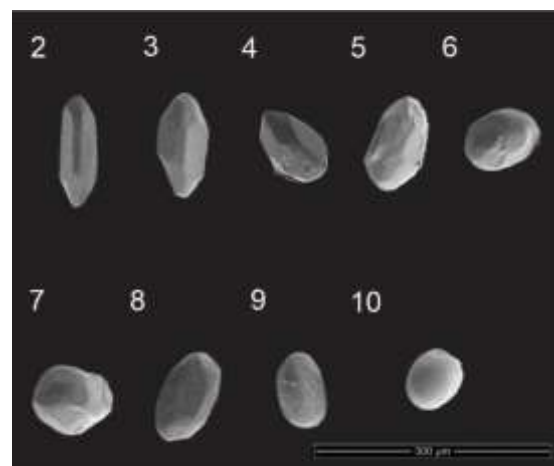


Figura 75 Ejemplo de circones en cuanto a su redondez. Muestra QSB-55.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser rechoncho (43%), seguido stalky (40%) y en menor proporción columnar o prismático (17%), no aparecen en forma de aguja (10%). (Tabla 29).

Tabla 30 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-55.

MUESTRA QSB-55B	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	43
STALKY	39
COLUMNAR O PRISMÁTICO	17
CON FORMA DE AGUJA	1

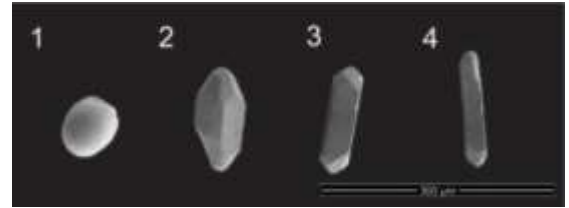


Figura 76 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-55.

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo G1-S12-S17 y S23 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de S2-S7-S13-S18-S19-S21 y J1 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él AB3-L2-L4-S1-S3-S4-P1-S6-S8-S9-P2-S11-S14-S16-S22-J3 y J5 con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 77, 78 y 79).

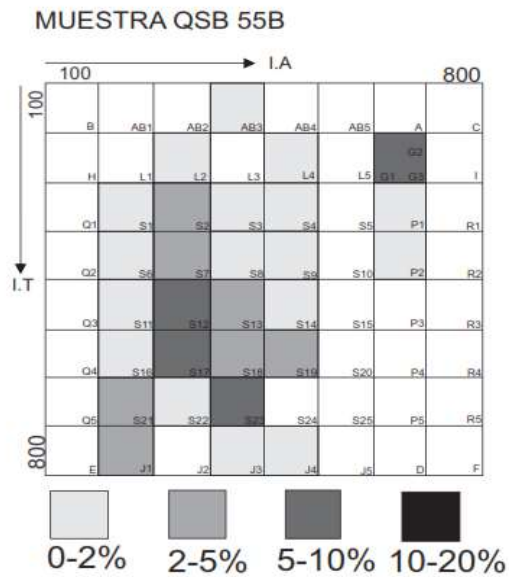


Figura 77 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-55B.

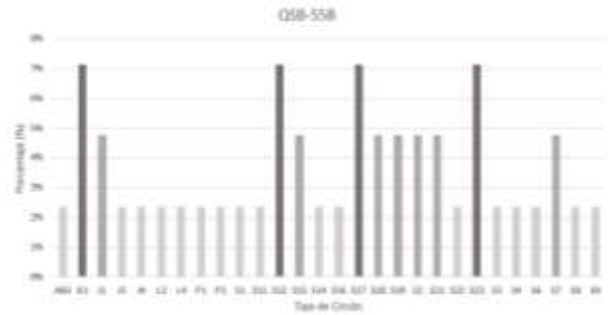


Figura 78 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-55B.

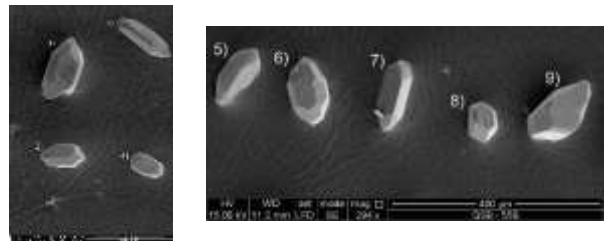


Figura 79 Clasificación: 1) S17, 2) S21, 3) S14, 4) S13, 5) G1, 6) S12, 7) J1, 8) S2, 9) L2.

Muestra QSB-61:

Los circones presentes muestran un mayor porcentaje de ser poco redondeado (30%) y bastante redondeado (21%), seguido de redondeado (19%) y muy poco redondeado (18%), y en menor proporción se encuentran bien redondeado (7%), casi completamente sin redondear (2%) y muy bien redondeado (2%), no aparece casi completamente redondeado y completamente redondeado. (Tabla 30).

Tabla 31 Tipo de redondez. Muestra QSB-61.

MUESTRA QSB-61		
TIPO DE REDONDEZ		CANTIDAD
COMPLETAMENTE REDONDEAR	SIN	1
CASI COMPLETAMENTE REDONDEAR	SIN	2
MUY POCO REDONDEADO		18
POCO REDONDEADO		30
BASTANTE REDONDEADO		21
REDONDEADO		19
BIEN REDONDEADO		7
MUY BIEN REDONDEADO		2
CASI COMPLETAMENTE REDONDEADO		0
COMPLETAMENTE REDONDEADO		0

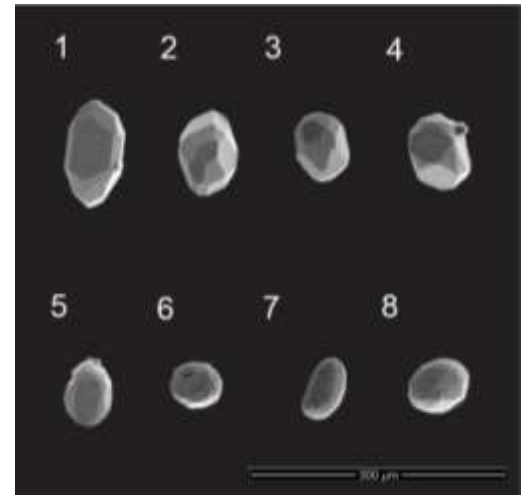


Figura 80 Ejemplo de circones en cuanto a su redondez. Muestra QSB-61.

En cuanto al alargamiento lo circones muestran una tendencia a ser stalky (36%), rechoncho (233) y columnar o prismático (24%), en menor proporción se encuentran en forma de aguja (7%). (Tabla 31).

Tabla 32 Tipo de alargamiento. Muestra QSB-61.

MUESTRA QSB-61	
TIPO DE ALARGAMIENTO	CANTIDAD
RECHONCHO	33
STALKY	36



Figura 81 Ejemplo de alargamiento en circones. Muestra QSB-61.

COLUMNAR O PRISMÁTICO	24
CON FORMA DE AGUJA	7

En la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo S2-S7-S12y S17 un porcentaje entre el 5-10%, seguido de L4-G1-S4-S8-P2-S11-S13-S14-P3-S18-S21-S22-S23 y J1 con un valor entre 2-5%, por último, se encuentran él L2-L5-S1-S3-P1-S10-S15-S16-S19-S24-J2-J4 y D con un porcentaje entre 0-2%. (Figuras 82, 83 y 84).

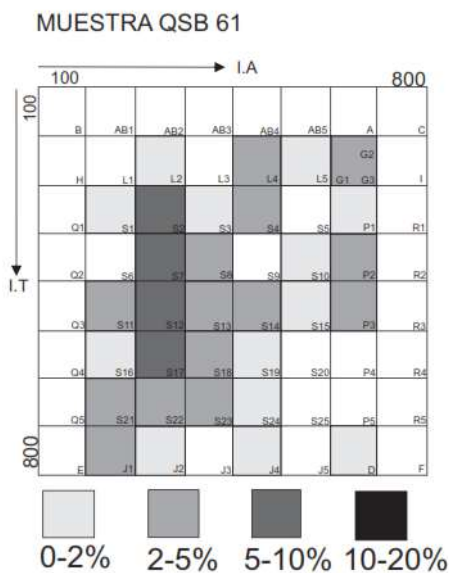


Figura 82 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980). Muestra QSB-61

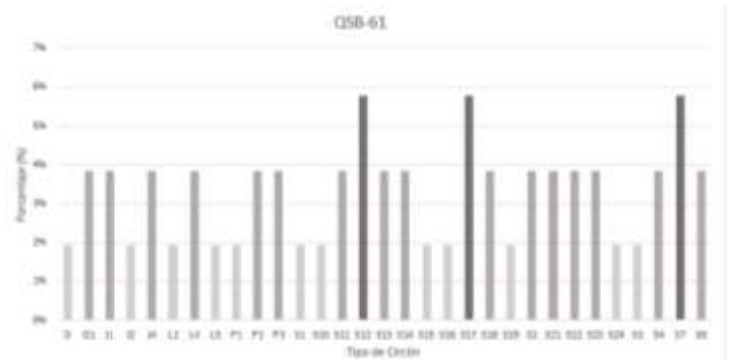


Figura 83 Porcentaje de frecuencia tipológica. Muestra QSB-61.

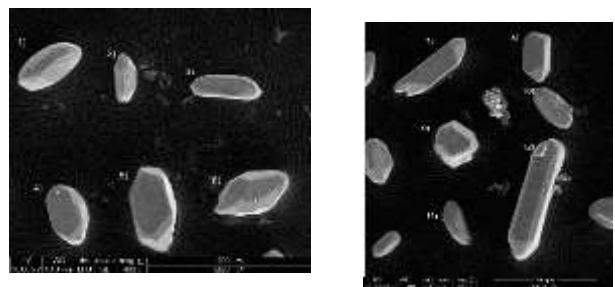


Figura 84 Clasificación: 1) S12, 2) J1, 3) P1, 4) S22, 5) L4, 6) S11, 7) P1, 8) S4 9) L5, 10) S18, 11) S5, 12) S16.



4. Red Neuronal

Teniendo claro que la data de validación en ningún momento pasa por el entrenamiento del modelo de la red y que se eligieron posiciones/ángulos poco probables (extraños) para la data de validación y que tanto la data de entrenamiento como la de validación son visualmente diferentes, satisfactoriamente se encontró que la exactitud del modelo a la hora de predecir la data de validación es muy alta y no desciende del 96% de exactitud entre las diferentes 66 clases:

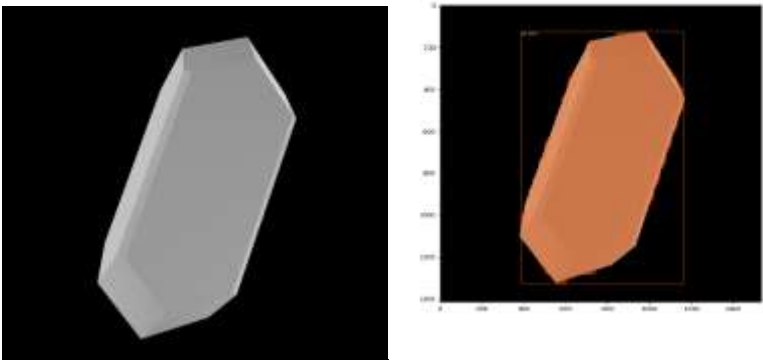


Figura 26 PREDICCIÓN: Clase: P1, Tensor: 60, precisión: 99%

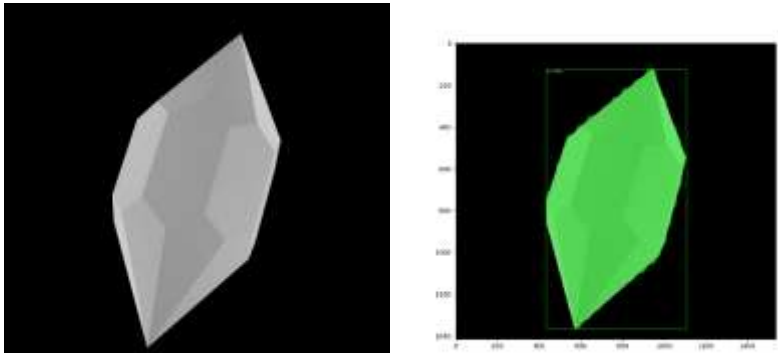


Figura 86 PREDICCIÓN: Clase: Q3, Tensor: 45, precisión: 99%

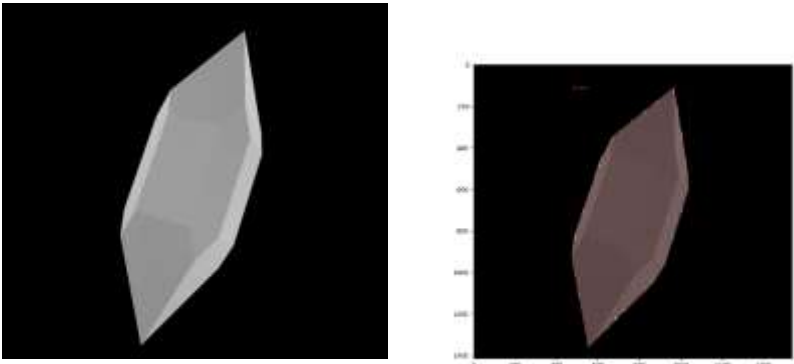


Figura 87 PREDICCIÓN: Clase: R4, Tensor: 16, precisión: 99%.

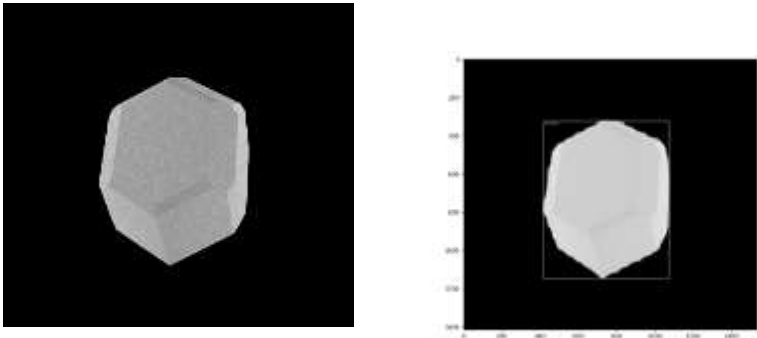


Figura 88 PREDICCIÓN: Clase: S9, Tensor: 32, precisión: 99%.

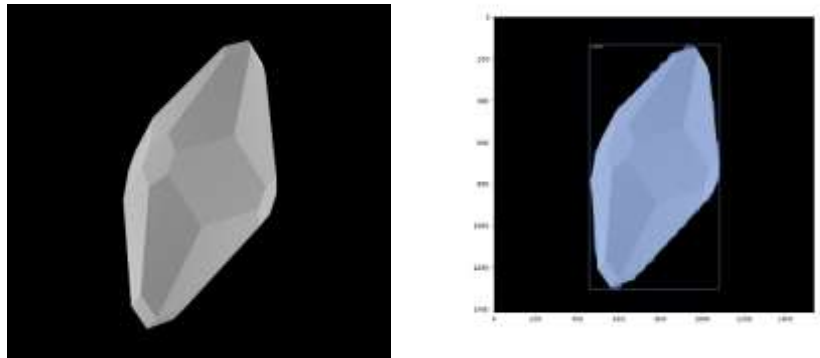


Figura 89 PREDICCIÓN: Clase: S1, Tensor: 5, precisión: 99%.

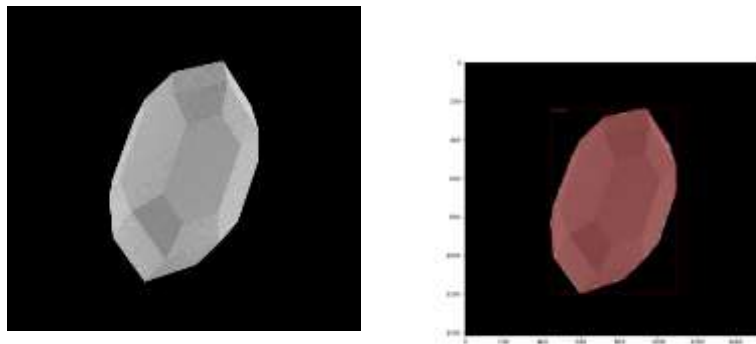


Figura 90 PREDICCIÓN: Clase: S13, Tensor: 56, precisión: 99%.

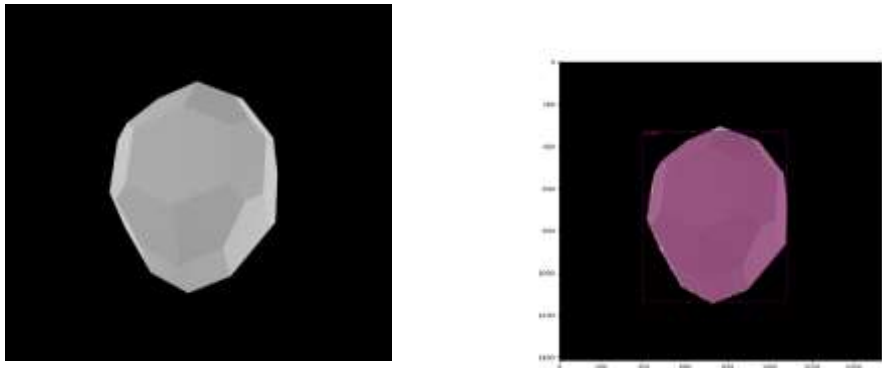


Figura 91 PREDICCIÓN: Clase: S7, Tensor: 58, precisión: 99%.

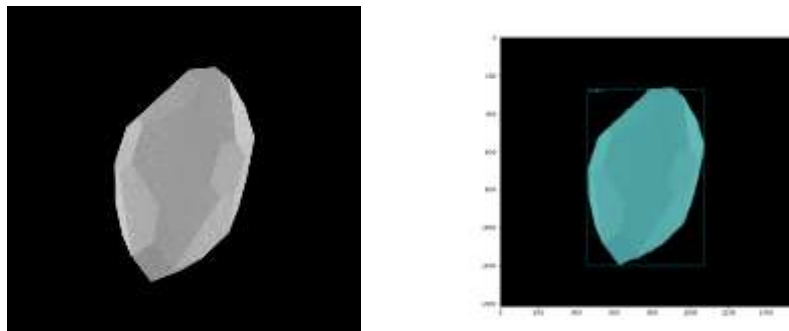


Figura 92 PREDICCIÓN: Clase: S17, Tensor: 37, precisión: 99%.

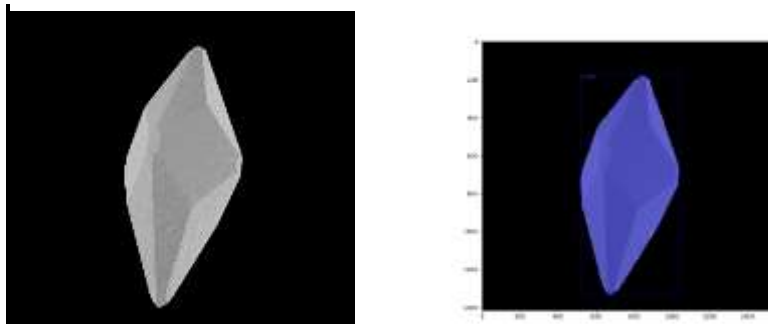


Figura 93 PREDICCIÓN: Clase: S21, Tensor: 61, precisión: 99%.

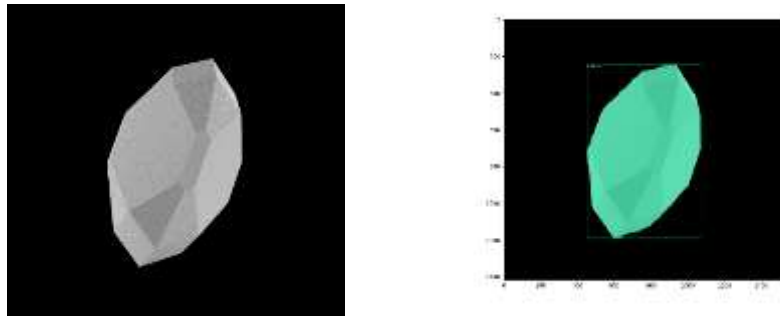


Figura 94 PREDICCIÓN: Clase: S23, Tensor: 6, precisión: 100%.

Al probar el modelo generado con data real, sucede algo muy diferente con respecto a la data de validación: las imágenes de SEM de circones reales que han sufrido poco desgaste mecánico obtienen resultados de predicción aceptables, pero entre más desgastado mecánicamente este el circón real menos precisa es la predicción y la cantidad de falsos positivos se incrementa en la misma magnitud del desgaste de circón real.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de circones reales procesados por el modelo de red entrenado cuya exactitud en la predicción ha sido aceptable y en donde se omitió los falsos positivos, para que se puedan hacer una idea del estado de preservación de los circones pocos desgastados vs la exactitud de la modelo hecha con data artificial, data artificial que representa el estado ideal del circón, sin desgaste mecánico:

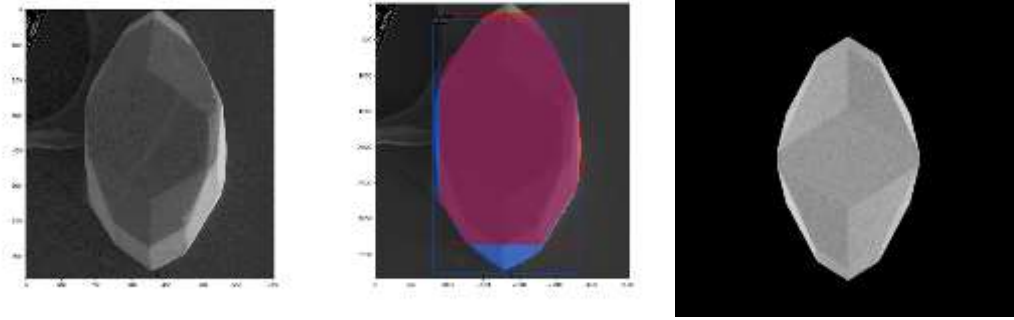


Figura 27 PREDICCIÓN: Clase: L2, Tensor: 51, precisión: 21%.

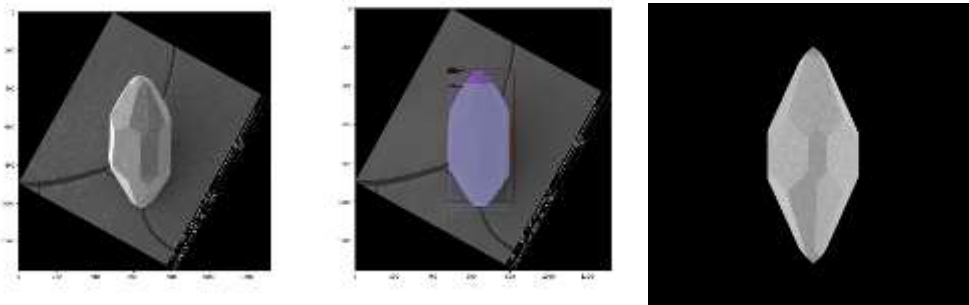


Figura 96 PREDICCIÓN: Clase: S6, Tensor: 55, precisión: 49%.

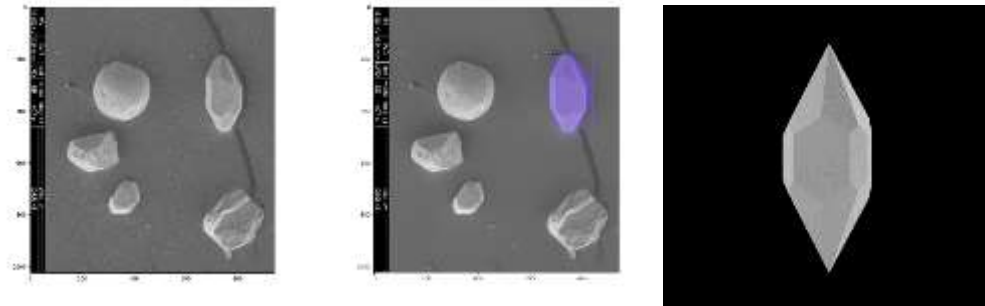


Figura 97 PREDICCIÓN: Clase: Q2, Tensor: 50, precisión: 81%.

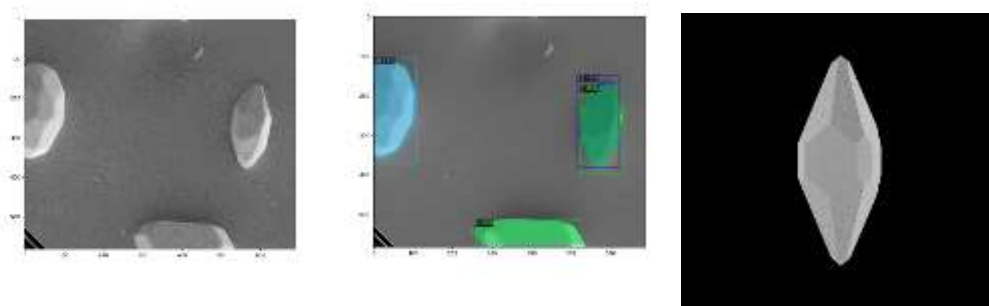


Figura 98 PREDICCIÓN: Clase: S6, Tensor: 55, precisión: 45%.

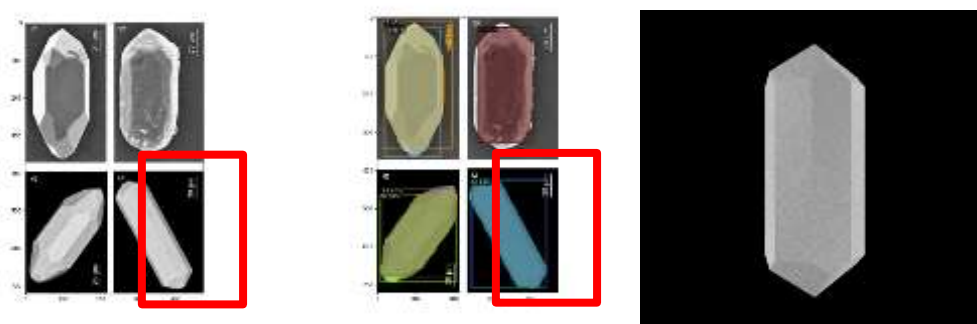


Figura 99 PREDICCIÓN: Clase: P3, Tensor: 46, precisión: 88%.

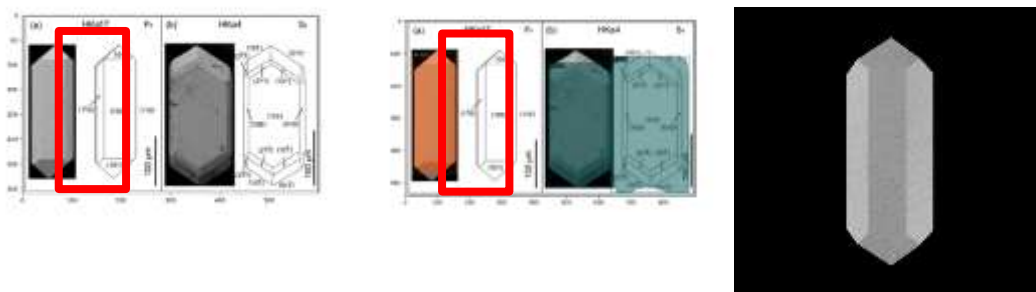


Figura 100 PREDICCIÓN: Clase: P3, Tensor: 46, precisión: 92%.

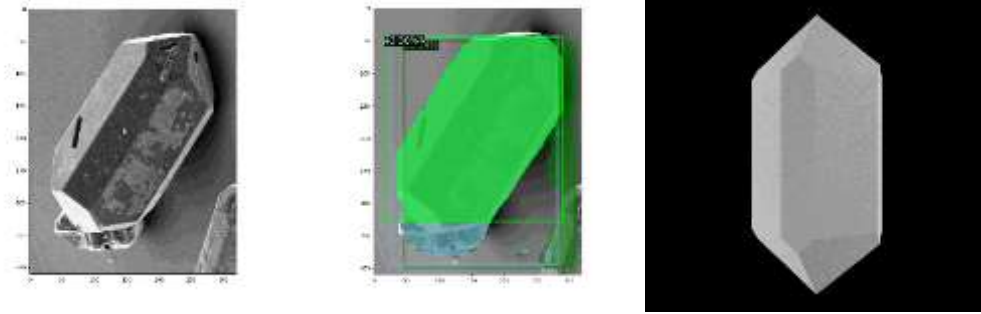


Figura 28 PREDICCIÓN: Clase: P7, Tensor: 43, precisión: 30%.

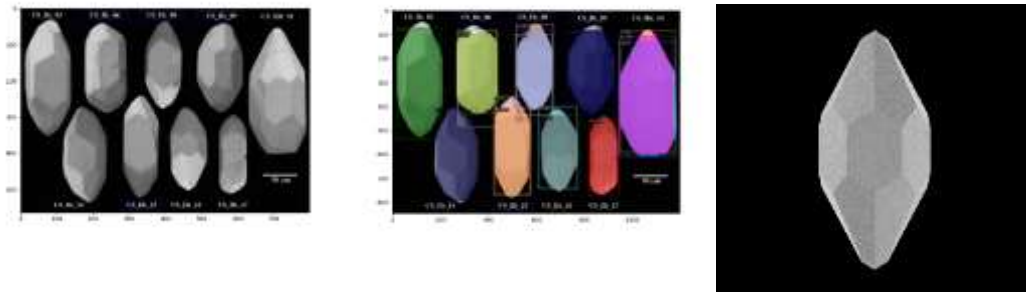



Figura 102 PREDICCIÓN: Clase: S11, Tensor: 7 precisión: 33%



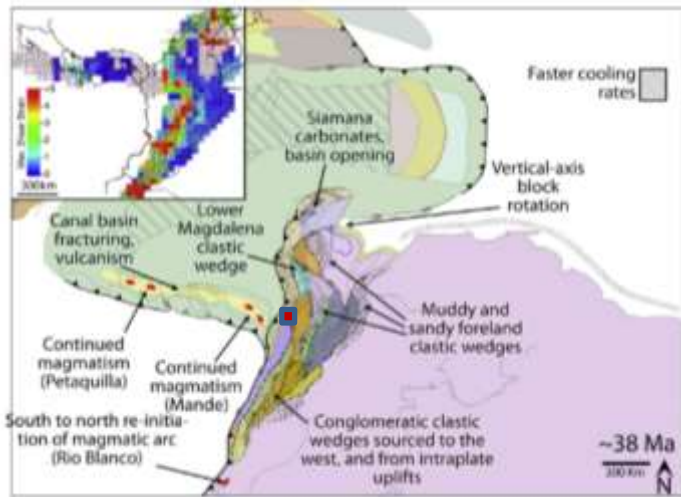
5. Discusión

En cuanto al origen de los minerales densos, se pretende mostrar su afinidad con la roca parental, sin desconocer que pueden provenir de múltiples fuentes. Los silicatos como el circón y la titanita provienen comúnmente de rocas ígneas plutónicas ácidas o intermedias, el granate y la estaurolita de rocas metamórficas como esquistos y gneises, sin descartar reciclaje de rocas sedimentarias preexistentes. En el grupo de la epidota, la clinozoisita y la epidota son comunes en rocas metamórficas de grado bajo a medio y la turmalina de rocas ígneas plutónicas ácidas o metamórficas como el esquistos o gneises, sin descartar fuentes ígneas y reciclaje de rocas sedimentarias preexistentes. El piroxeno se encuentra principalmente en rocas ígneas ultramáficas como una kimberlita o periotita o basalto si es diópsido. En el grupo de los óxidos se observa el rutilo, el cual aparece como accesorio en rocas metamórficas como esquistos, gneis y anfíbolitas, aparece en menor proporción en rocas ígneas plutónicas ricas en hornblendas, los fosfatos como el apatito, el cual se encuentra comúnmente como un accesorio en casi todas las rocas ígneas plutónicas, sin descartar fuentes metamórficas y reciclaje de rocas sedimentarias preexistentes. La moscovita es un componente mineral primario en muchas ocasiones de rocas ígneas de tipo ácido y rocas metamórficas, el talco se produce por la alteración hidrotermal de rocas ultrabásicas y por último la calcita se encuentra en rocas sedimentarias (arenas).

Las asociaciones minerales encontradas en las arenitas de la Formación Iró, muestran que la proveniencia de los detritos es afín con rocas metamórficas desde bajo grado hasta alto grado debido a la presencia de granate, estaurolita, clinozoisita, epidota, seguido de una fuente importante proveniente de rocas ígneas plutónicas ácidas a intermedias que



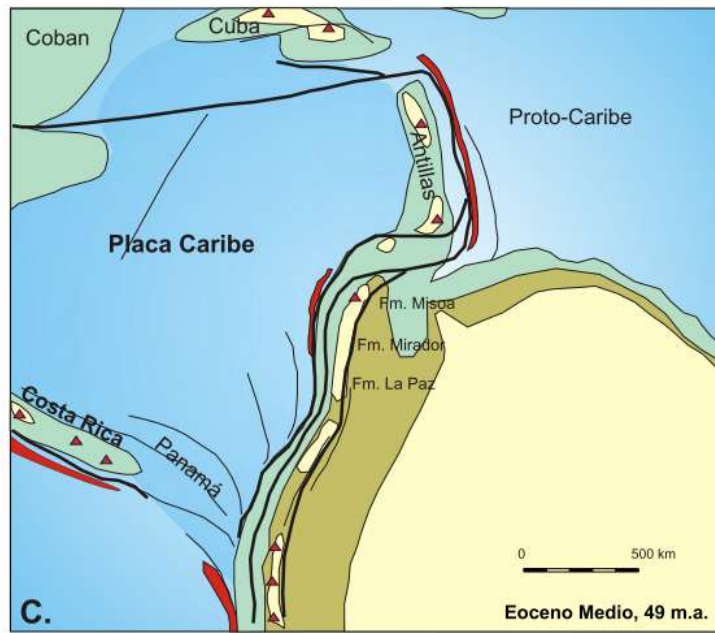
proporcionan gran cantidad de circón, apatito y en menor proporción turmalina. La fuente más cercana de acuerdo con las reconstrucciones paleogeográficas para el Eoceno medio tardío (Buchs et al., 2009; Cardona et al., 2012; Duque-caro, 1979; Montes et al., 2019; Gallego, 2017) son las rocas pertenecientes a la Proto Cordillera central, que se encontraba emergida (Figura 103) (Osorio-Granada et al., 2017; Villagómez & Spikings, 2013; Villamil, 1999). Esta primera aproximación de acuerdo con la composición mineralógica de las arenitas permite reconocer afinidad con rocas ígneas y metamórficas, como se dijo anteriormente probablemente más afín con la protocordillera Central, pero no permite en ningún momento descartar fuentes provenientes de la protocordillera Occidental (e.g. Plutón de Mistrato; Toro-Toro et al., 2020) o el BPCH (e.g. Batolito de Mande; Alvarez, 1983; Rodriguez et al., 2010b; Barbosa-Espitia et al., 2019).



Montes et al., 2019.




Gallego, 2017



Pardo-Trujillo et al., 2002

Figura 103 Reconstrucción paleogeográfica del Eoceno medio tardío, el recuadro rojo representa la zona de estudio.



La alta resolución de minerales ultraestables permite conocer las variedades características de tres minerales densos: circón, apatito y turmalina, donde se observan cristales de carácter ígneo, seguido de minerales retrabajados (de varios ciclos sedimentarios) y por último metamórficos. El carácter ígneo es ampliamente dominante en los resultados obtenidos en el análisis de alta resolución de minerales ultraestables, ya sean de carácter vulcanogénico o plutónico, minoritariamente se observan algunos minerales aislados de afinidad metamórfica y un porcentaje importante se asocia con el retrabajamiento de secuencias sedimentarias antiguas cercanas a la cuenca Eocena del occidente colombiano (Figura 103).

Estas fuentes retrabajadas sedimentarias se pueden asociar con las rocas sedimentarias hoy expuestas en la cordillera Occidental (Formación Penderisco; Pardo et al., 2020) o rocas sedimentarias encontradas en el flanco occidental de la Cordillera Central (Formación Quebrada Grande, litodema sedimentario; Botero, G. 1963; González, H. 1976; Grosse, E. 1926; Moreno Sánchez Et Al., 2007; Rodríguez G. & Zapata G., 2013).

Según los resultados obtenidos, los circones provienen de una amplia variedad de granitos, anteriormente en el análisis de alta resolución determinamos que la mayoría de los circones provienen del reciclaje de sedimentos y rocas ígneas, con este antecedente usamos la tipología para interpretar las fuentes graníticas asociadas.

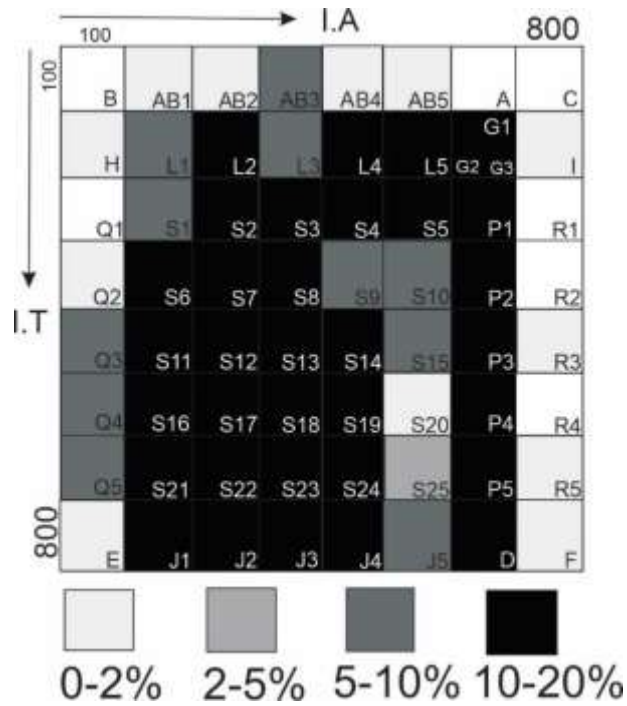


Figura 104 Distribución de la frecuencia tipológica de la población. Pupin (1980)

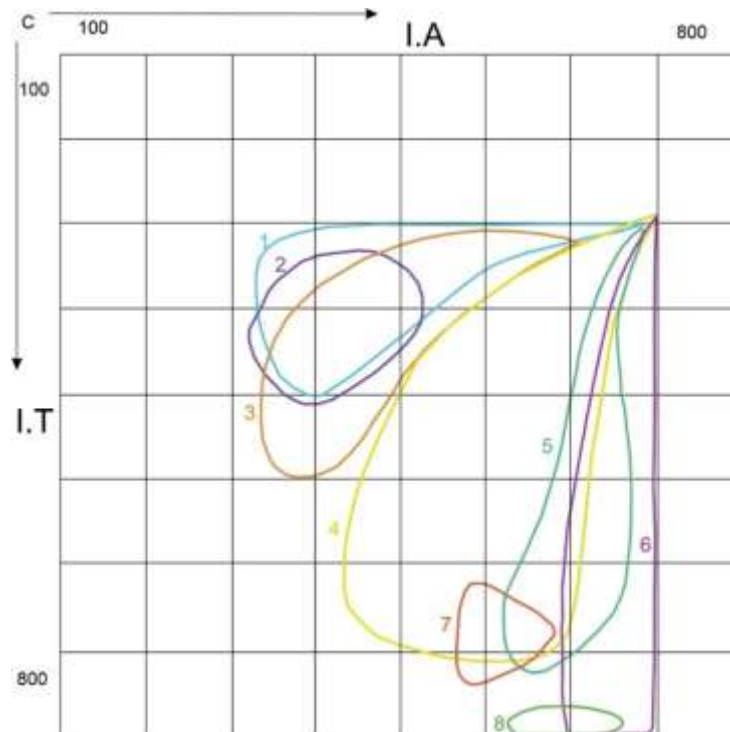


Figura 105 Diagrama IA-IT (Pupin 1988), 1: Leucogranitos, 2: Monzogranitos-granodioritas subautoctonos, 3: intrusivos aluminicos monzogranitos-granodioritas, 4: series de granitos, 5:

granitos de la serie subalcalina, 6: granitos de la serie alcalina, 7: granitos continentales toleíticos, 8: granitos oceánicos de la serie toleítica.

En la unión de todas las muestras para la tipología de circones se observa una mayor concentración de circones tipo L2, L4, L5, G1, S2, S3, S4, S5, P1, S6, S7, S8, P2, S11, S12, S13, S14, P3, S16, S17, S18, S19, P4, S21, S22, S23, S24, P5, J1, J2, J3, J4 y D con un porcentaje entre el 10-20%, seguido de AB3, L1, L3, S1, S9, S10, Q3, S15, Q4, Q5 y J5 con un valor entre 5-10%, AB1, AB2, AB4, AB5, H, I, Q2, R3, S20, R5, E y F con un valor entre 0-2%, por último el S20 con un porcentaje entre 2-5% .(Figura 104).

La tipología de circones no permite diferenciar con rigor las posibles fuentes de granitos que aportaron a la cuenca San Juan en el Eoceno medio tardío, la amplia variedad de circones asociados a granitos desde leucogranitos, monzogranitos-granodioritas subautoctonos, intrusivos aluminicos monzogranitos-granodioritas, series de granitos calcoalcalinos ricos en potasio, granitos de la serie subalcalina y granitos alcalinos. (Pupin 1988). Al parecer la técnica funciona muy bien cuando existen pocos cuerpos graníticos, o cuando existen dos contextos geodinámicos diferentes para la generación de granitos, para la cuenca tendríamos una gran variedad composicional de granitos desde las proto cordilleras Central y Occidental, y los posibles circones retrabajados de edades aún más antiguas. Cabe aclarar que no se realizó el punto medio propuesto por Pupín (1980), debido a la consideración de multiplex granitos asociados a las fuentes.

Por último las edades U/Pb en circones detríticos reportadas en la tesis de maestría de Gallego, 2017, donde las principales poblaciones de la Quebrada San Bernabé se ubican en dos pulsos del Cretácico superior 74 - 74.31 Ma y 84.72 - 85 Ma , 218 - 228Ma; Pérmico-

[REDACTED]

Triásico y en menor proporción se encuentran circones de edad Jurásico, Carbonífero, y Neoproterozoico, para Quebrada La Larga; se reconocen dos poblaciones de circones del Cretácico superior, 74.09Ma y 85.4Ma y una población del Triásico, 220.14Ma, circones aislados con poblaciones menores a tres circones se reconocen para el Paleozoico y el Neoproterozoico.

Son congruentes con los resultados obtenidos en la composición de los minerales densos y la alta resolución de minerales ultraestables donde los circones de edades más antiguas (>1000Ma) se pueden asociar con la porción retrabajada de rocas sedimentarias preexistentes. Los minerales en especial, clinozoicita, granate y epidota, muestran una afinidad con rocas metamórficas asociadas con los cuerpos Triásicos - Jurásicos encontrados en la Cordillera Central, (Celis & Giraldo-villegas, 2016; Garcia-casco, 2014; Moreno-sánchez et al., 2015; Rodriguez & Cetina, 2016); la amplia riqueza de minerales ultraestables y estables, en especial circón y apatito, se puede asociar con rocas ígneas ácidas en la misma Cordillera Central (e.g. Batolito Antioqueno); El análisis de circones bajo el método de alta resolución propuesto por (M. A. Mange & Wright, 2007) evidencia el alto porcentaje de material retrabajado, (circones de varios ciclos), se interpretan como los circones de primer ciclo en las rocas sedimentarias, (Fm Penderisco Miembro Urrao), y protolitos sedimentarios de rocas metamórficas (complejos Cajamarca, Quebradagrande y Arquía). (Gallego, 2017).

En Panamá se localizan las formaciones Eocenas Cobachón, Gatuncillo y Tonosi, que presentan circones detríticos de edades Paleógenas (38-56 Ma). (Ramírez et al., 2016), lo que muestra una clara diferencia con las edades de los circones de las arenitas Eocenas de la Cuenca San Juan, (74-85ma, 220-250 Ma) y circones aislados de edad Paleozoica y Precámbrica.



6. Conclusiones

- La procedencia de los detritos para la formación Iró en el eoceno medio tardío de acuerdo con la composición de los minerales densos traslucidos se asocia fuertemente con las rocas pertenecientes a la cordillera Central, pero no se puede descartar con esta técnica aporte de fuentes de la protocordillera Occidental o el Bloque Panamá Chocó. Una fuerte señal de retrabajamiento es evidenciada en el estudio de alta resolución de minerales ultraestables, esta señal se asocia con rocas sedimentarias de edad Cretácica (e.g. Formaciones Penderisco y litodema sedimentario del Complejo Quebrada Grande).
- La tipología de circones propuesta por Pupín en 1980 al parecer no es una buena herramienta para procedencia sedimentaria en Colombia, debido a la gran variedad composicional de los posibles granitos aportantes a la cuenca.
- El uso de una red neuronal para la identificación de tipologías de circón (Pupin1980) es notablemente prometedora y ayudaría a evitar el error humano en las predicciones. Se recomienda repetir el proceso usando la data artificial ya generada y obtener una mayor cantidad de data real para así abarcar todas las clases y evitar un desbalance en el modelo de la red.
- La proporción en los ejes de los circones artificiales debe ser revisada. Para hacer los circones 3D, se basó en las proporciones de la tabla de Pupin 1980, es probable



que las proporciones reales sean diferentes y esto estaría afectando la inferencia del modelo con la data real.

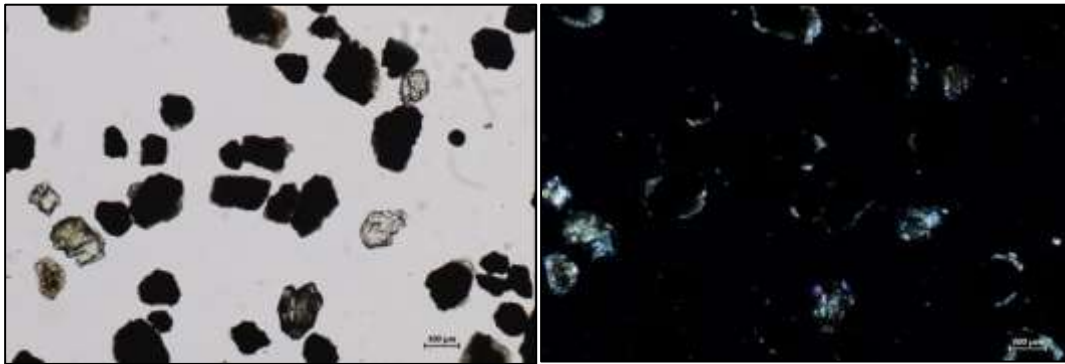


7. Anexos.

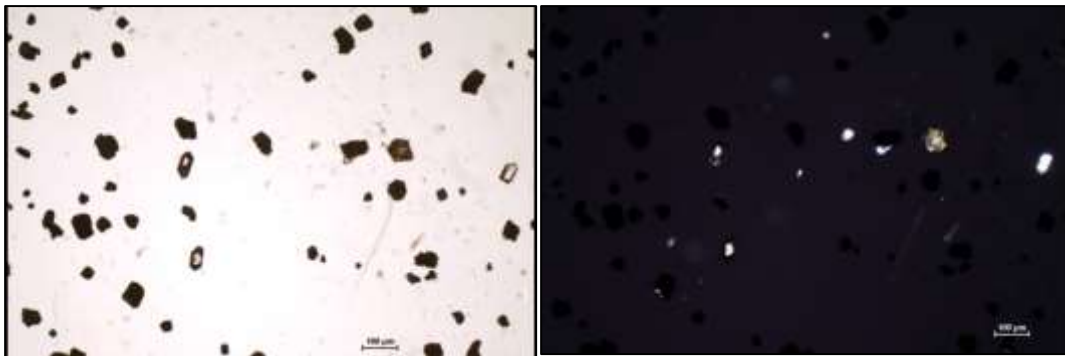
Anexo 1.

Fotografías de las placas de minerales densos translucidos.

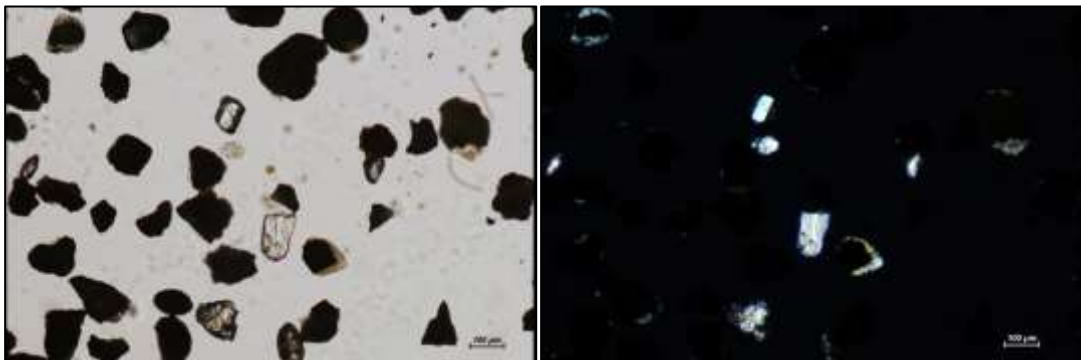
Muestra QLL-20.



Muestra QLL-25.

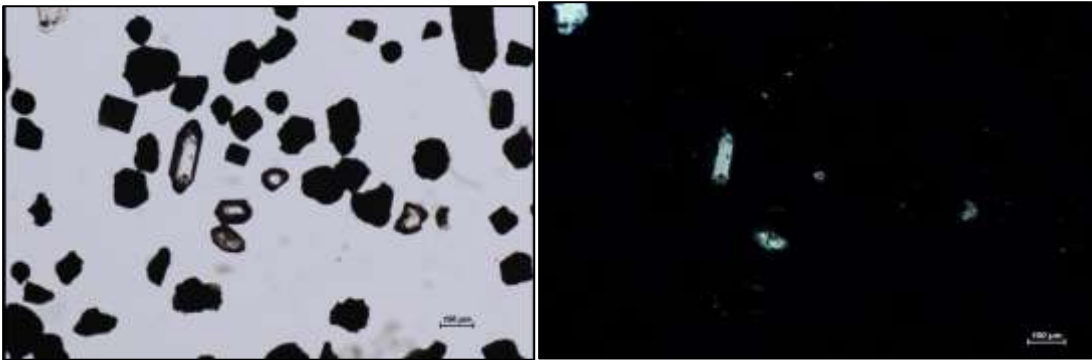


Muestra QLL-31.

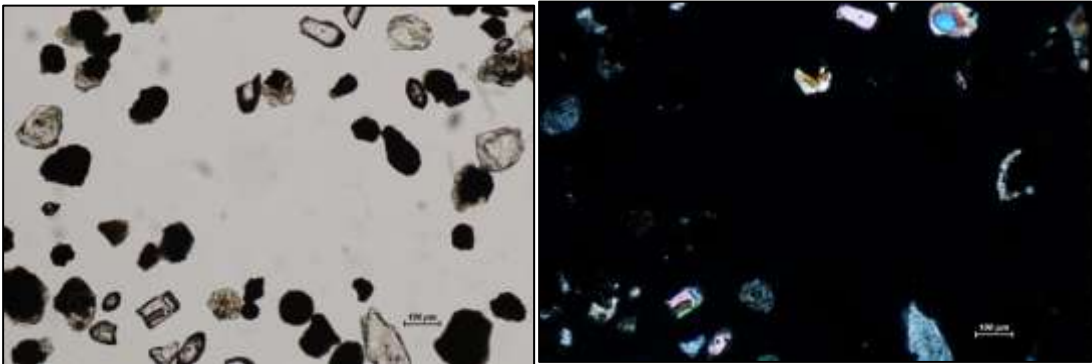




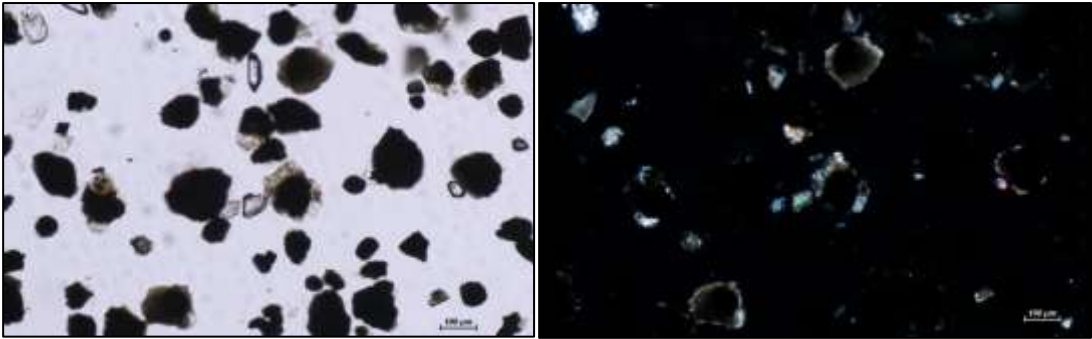
Muestra QLL-36.



Muestra QSB-36A.

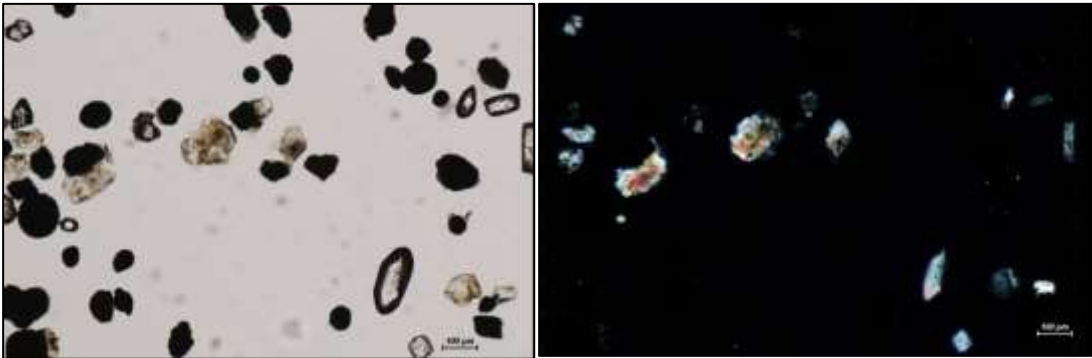


Muestra QSB-37.

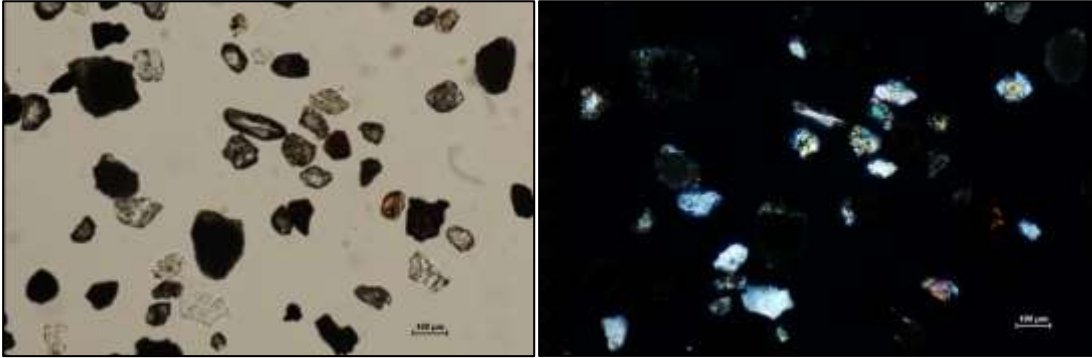




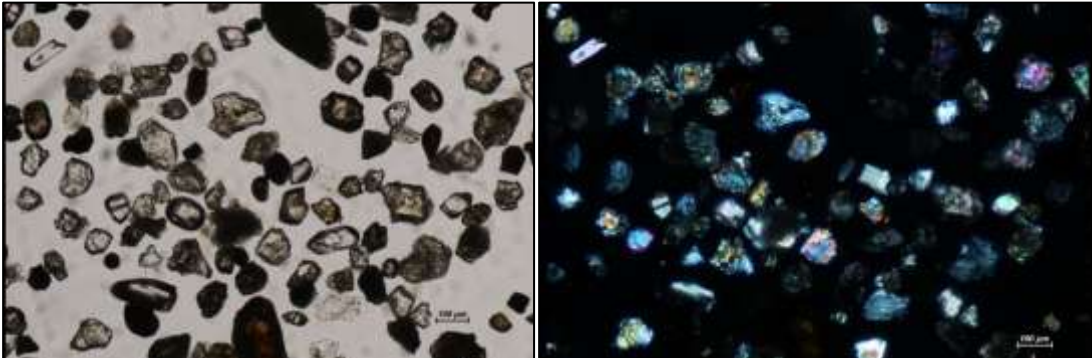
Muestra QSB-46A.



Muestra QSB-46B.

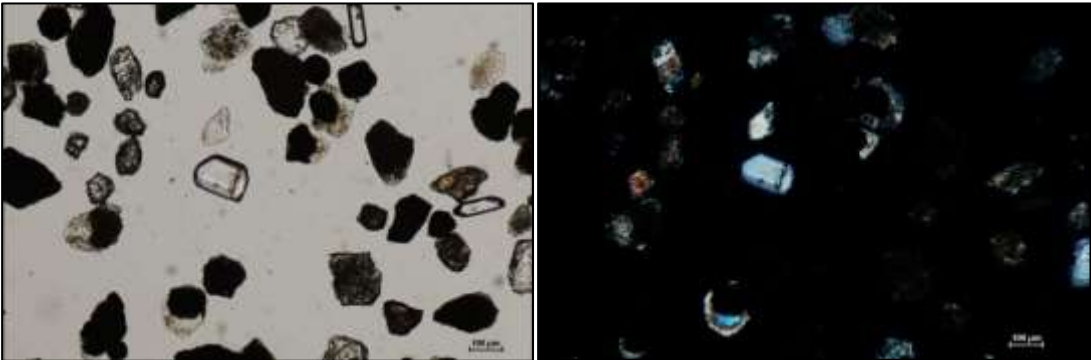


Muestra QSB-47B.

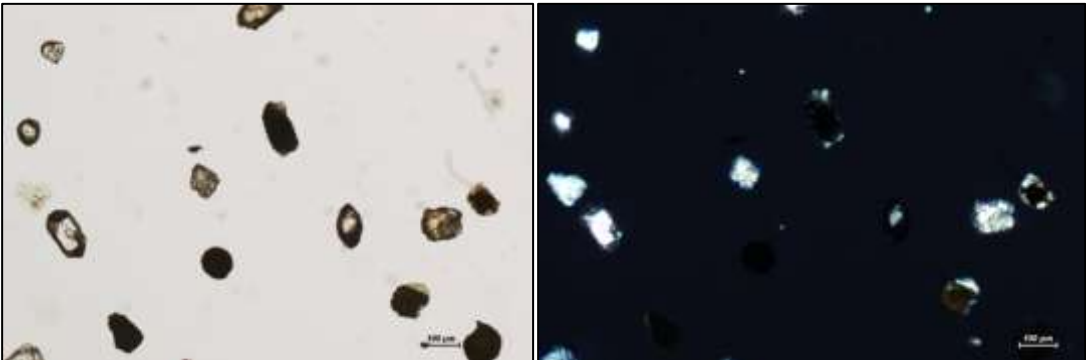




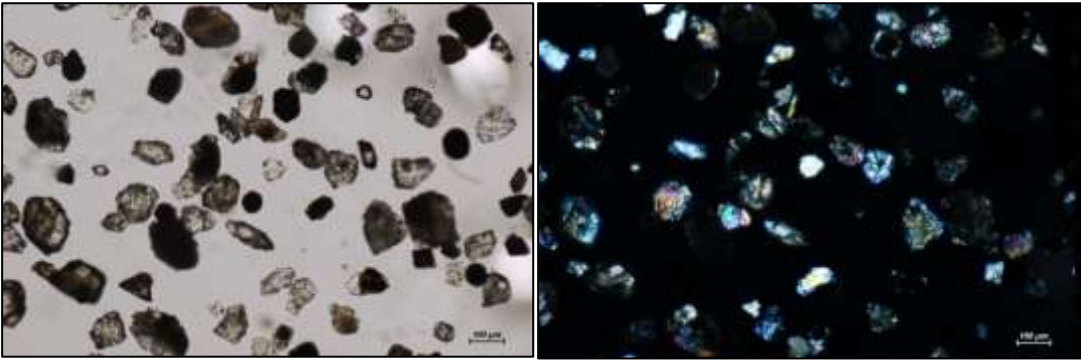
Muestra QSB-48.



Muestra QSB-52.

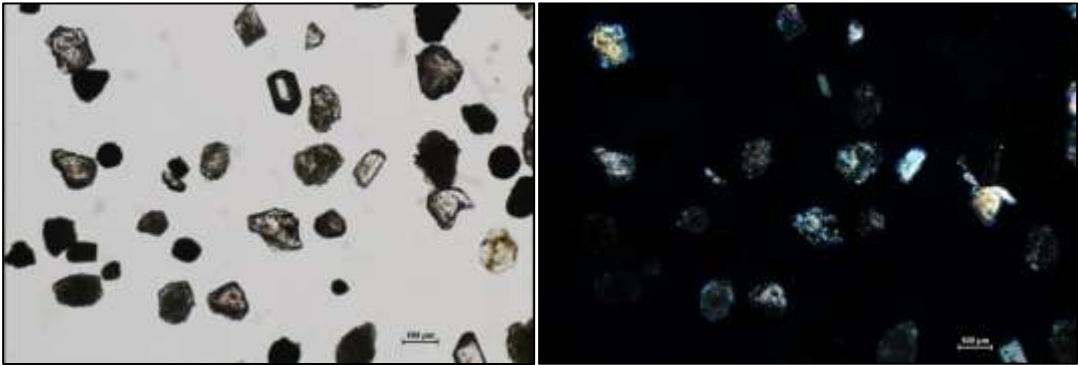


Muestra QSB-54.

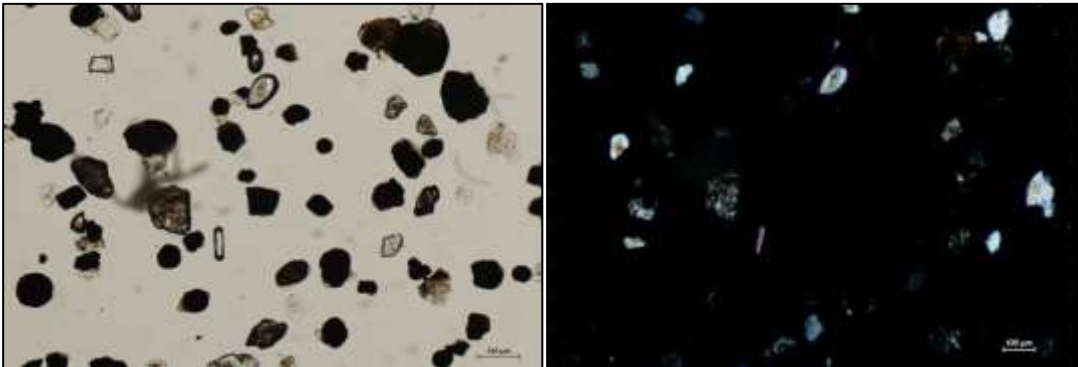




Muestra QSB-55B.



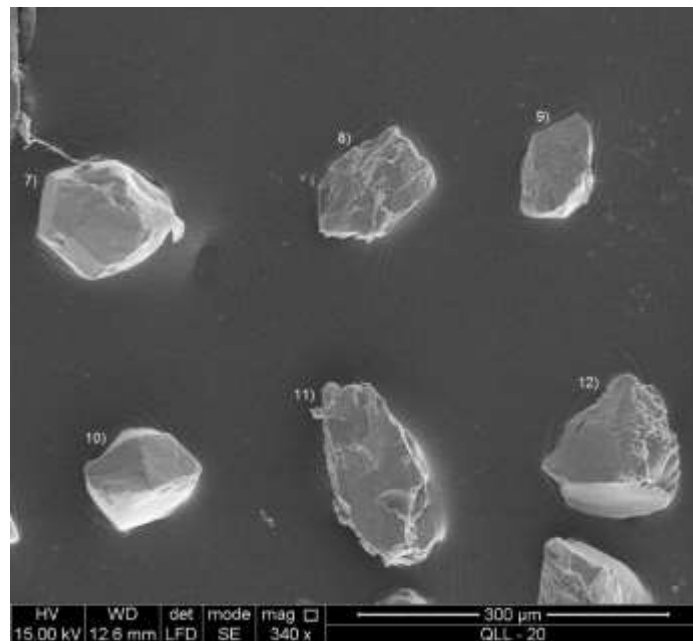
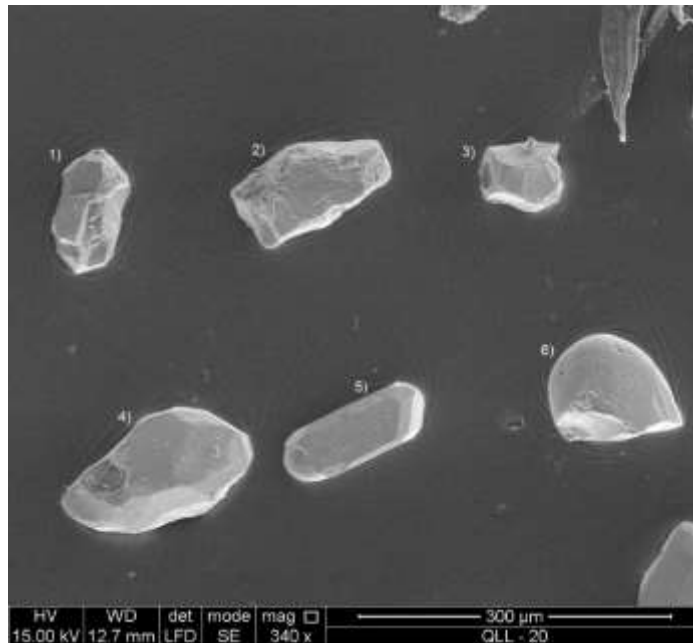
Muestra QSB-61.

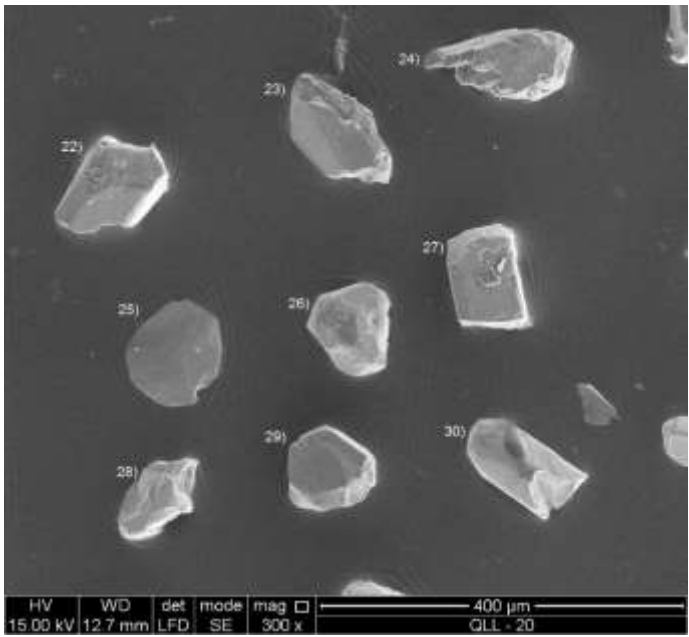
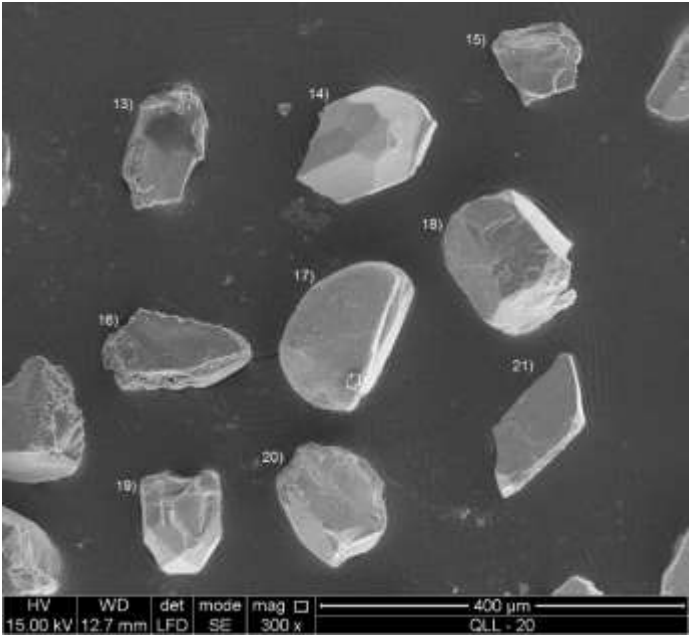


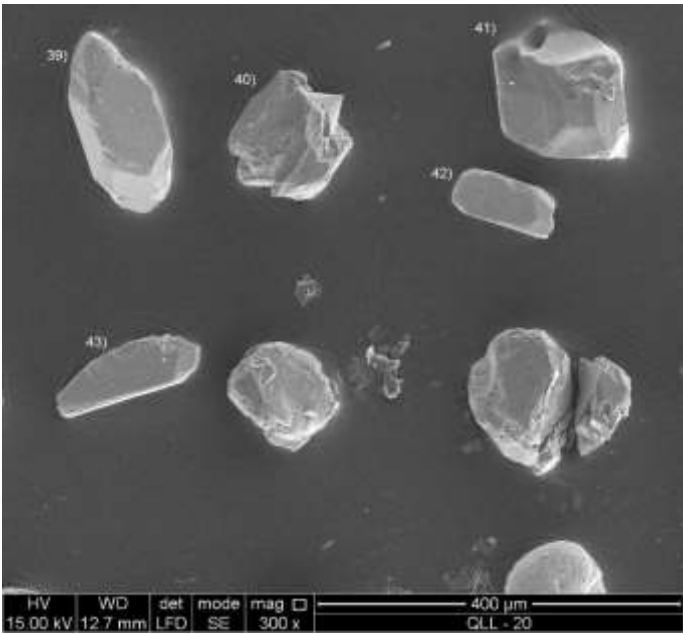
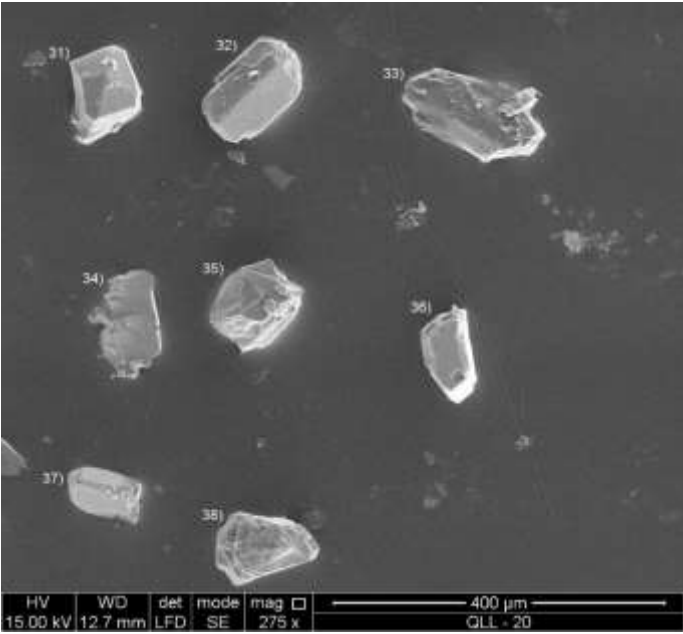
Anexo 2.

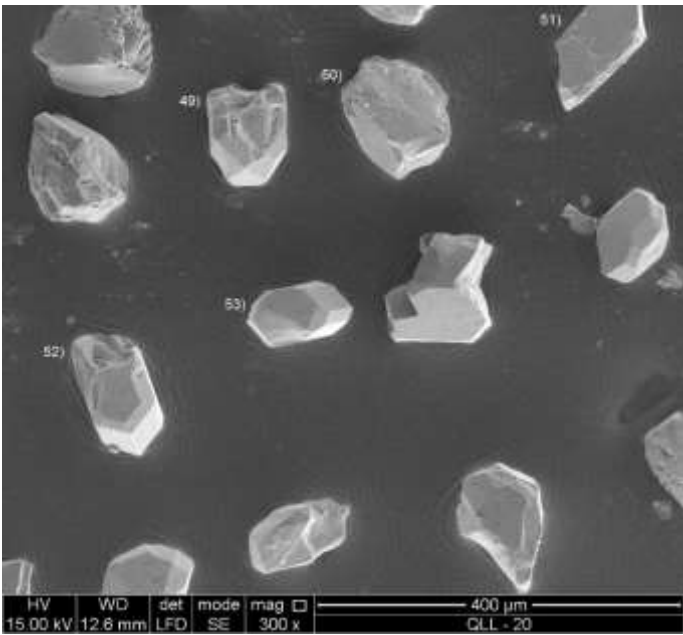
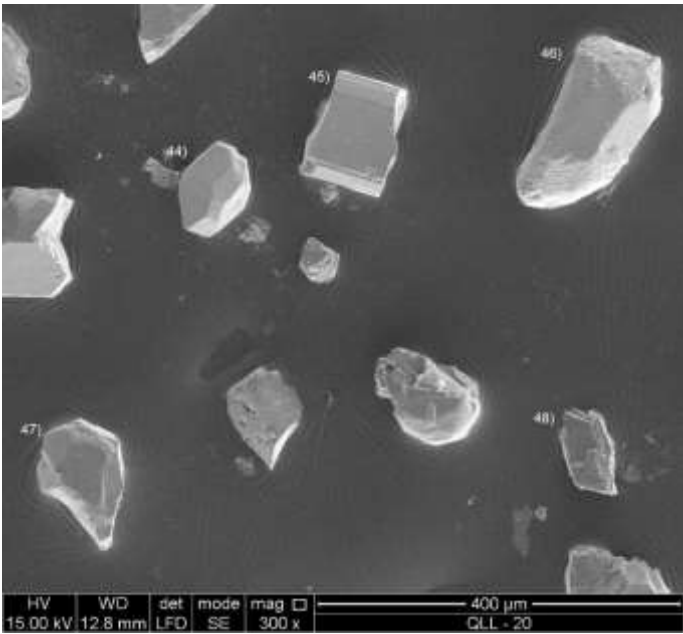
Fotografías de Tipología de Circones.

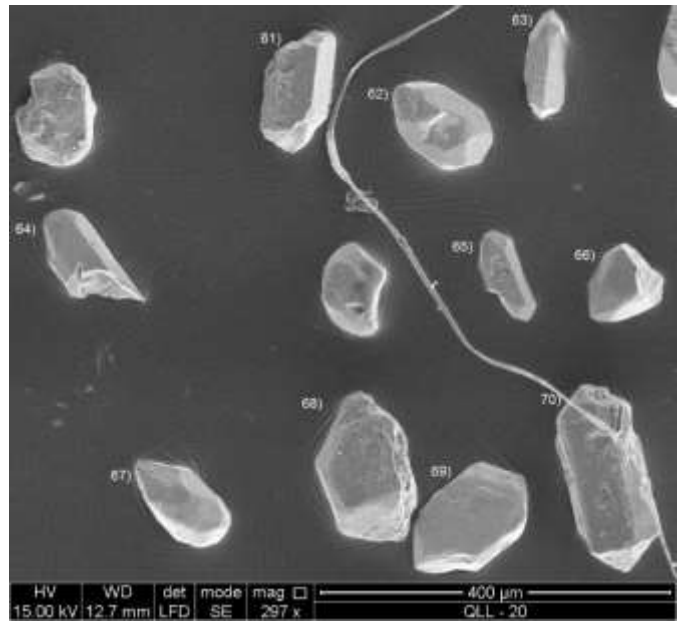
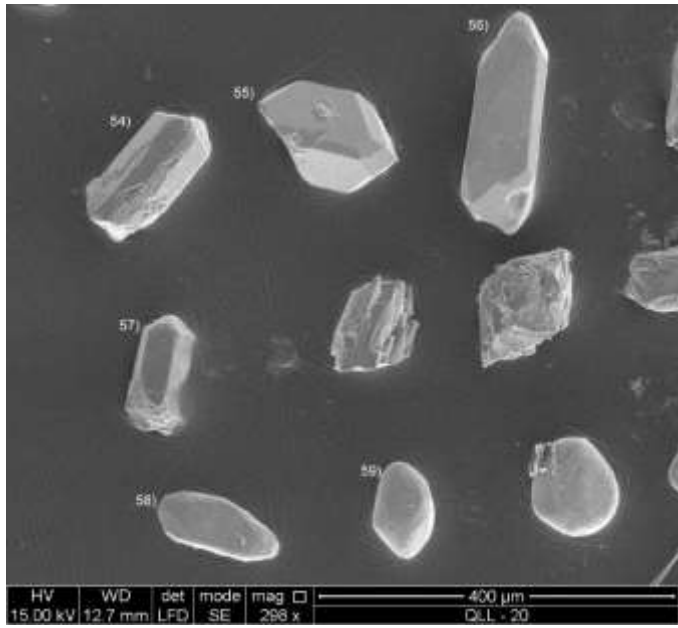
Muestra QLL-20.

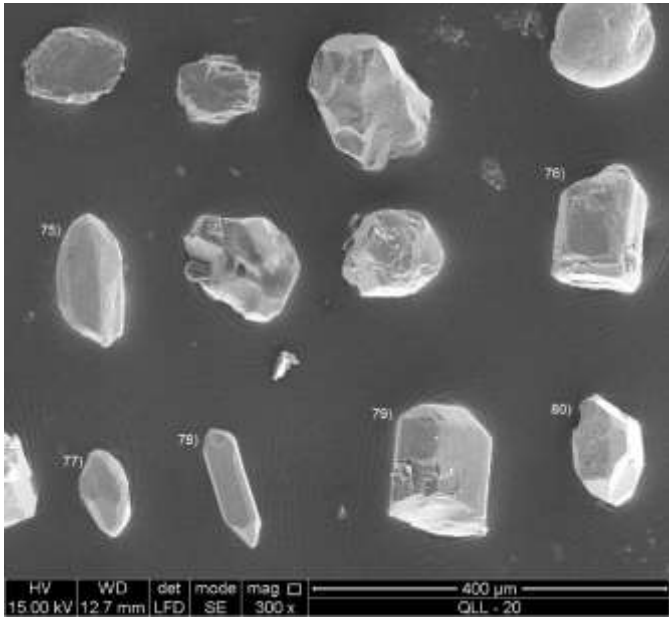
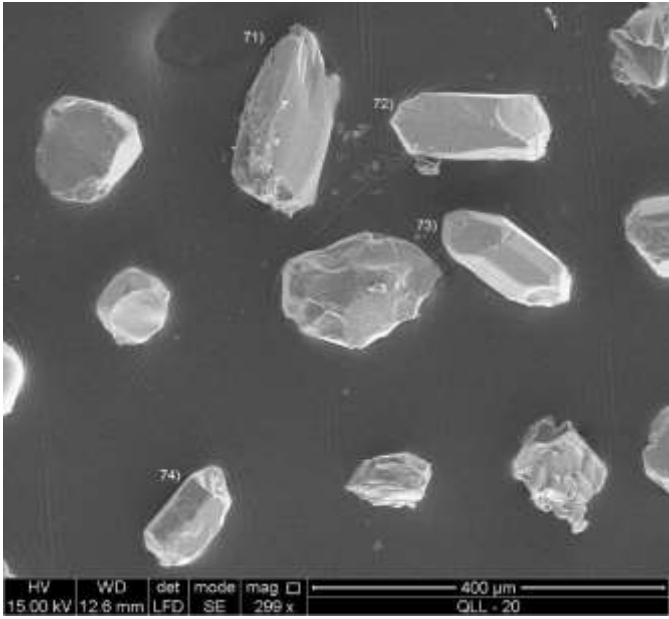


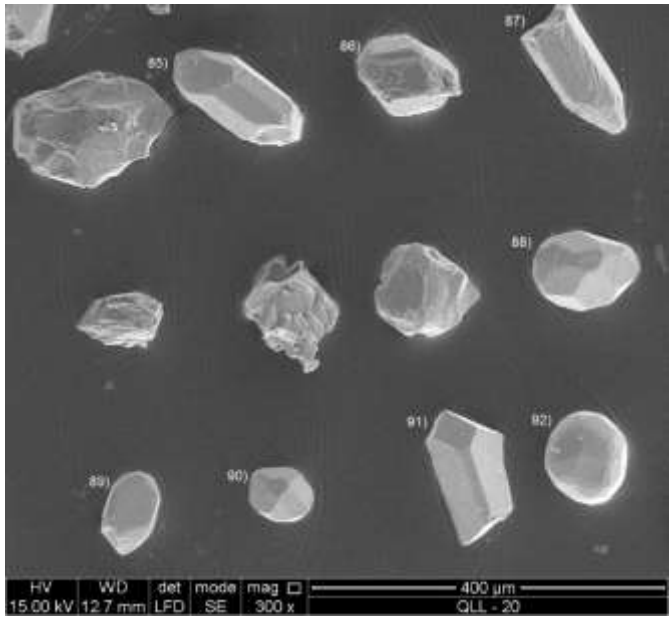
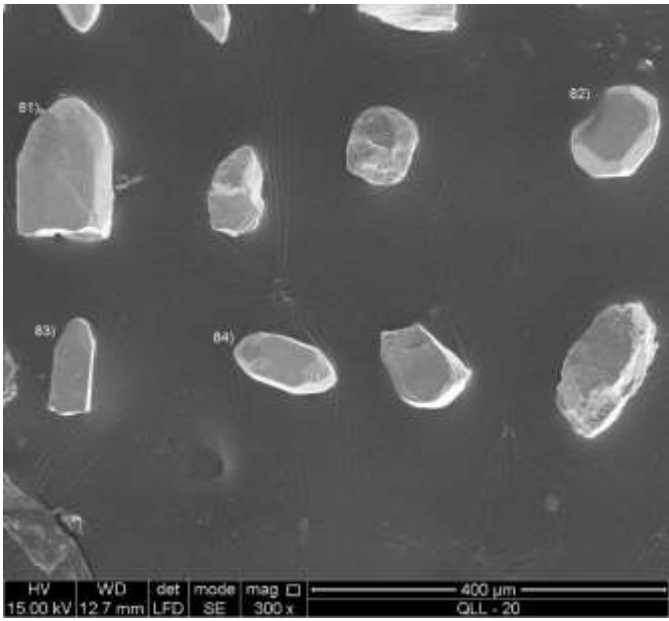


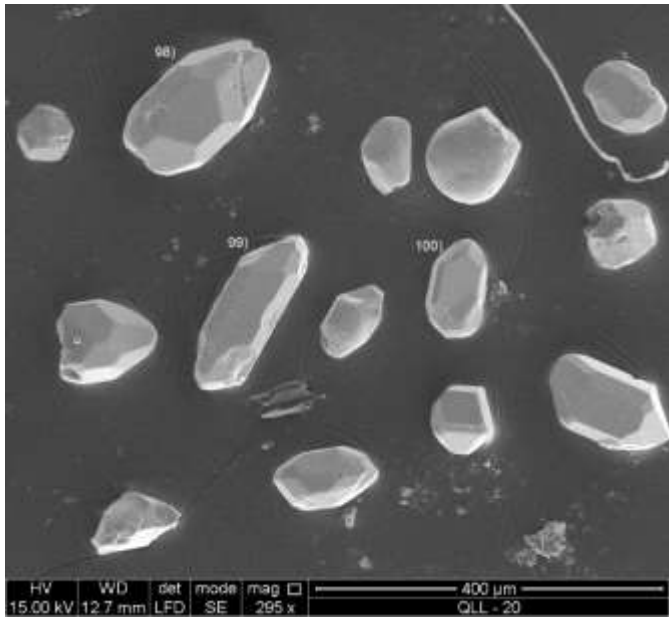
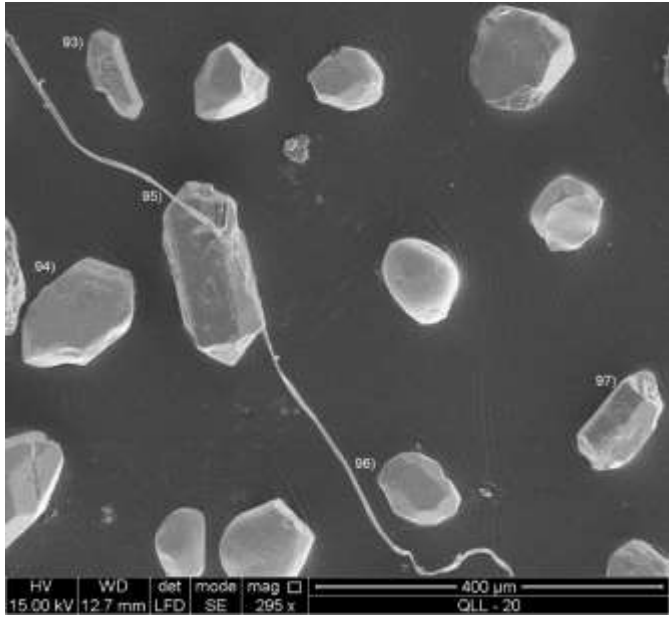














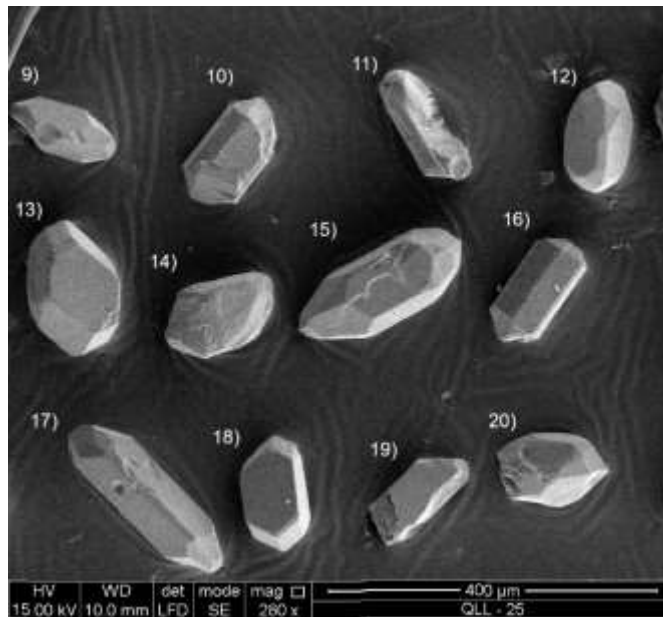
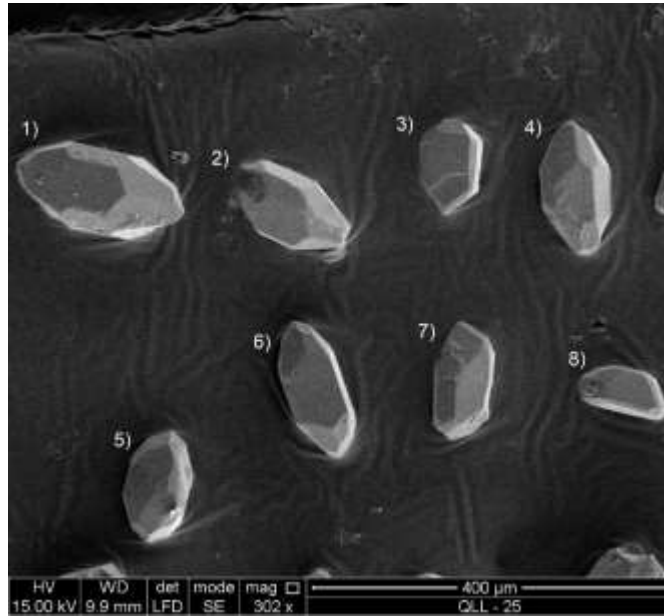
Clasificación de los circones

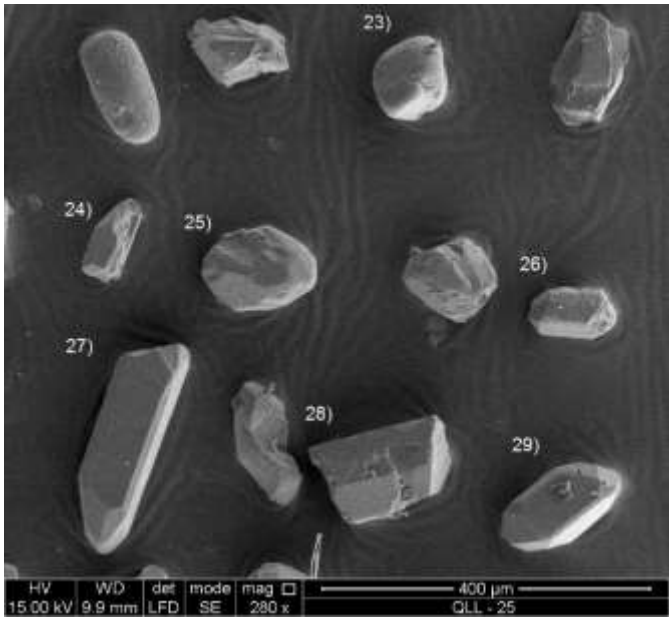
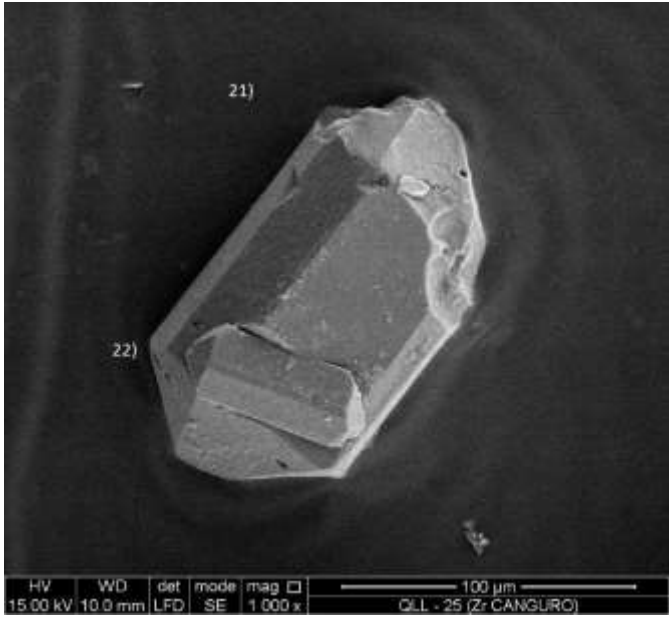
Conteo de los circones

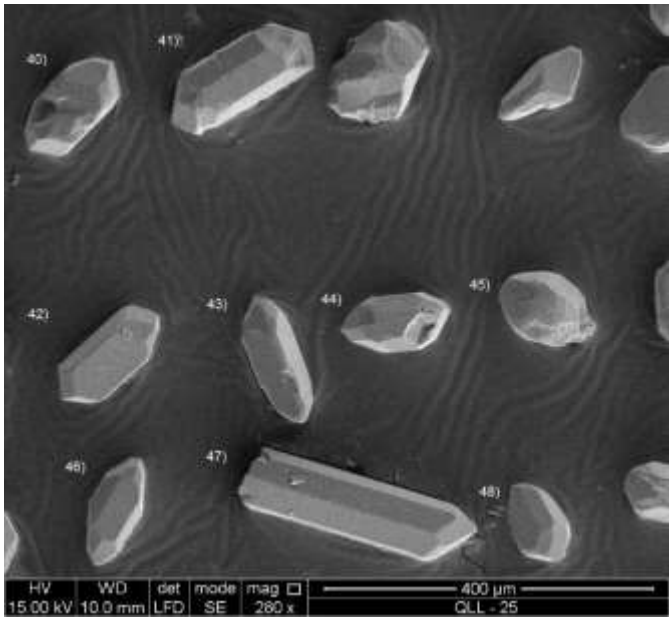
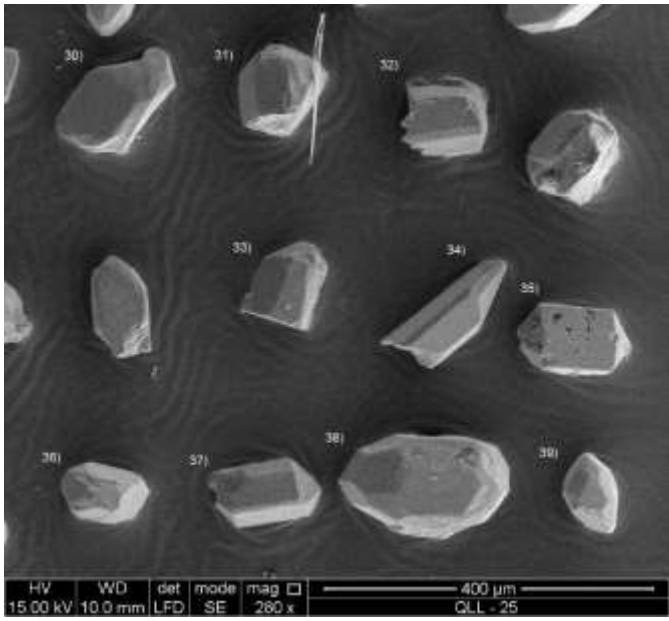
1. S8	21. P1	41. AB5	61. S13	81. S18
2. L5	22. S9	42. S5	62. J3	82. S19
3. J3	23. S8	43. P1	63. P4	83. J1
4. S3	24. S18	44. AB4	64. S13	84. S12
5. S4	25. S12	45. P2	65. S7	85. S13
6. S12	26. AB4	46. P3	66. S24	86. P1
7. AB3	27. P1	47. S17	67. S4	87. S16
8. S5	28. S13	48. P1	68. G1	88. S17
9. P5	29. AB2	49. S23	69. L4	89. L5
10. AB3	30. P4	50. G1	70. P3	90. AB3
11. G1	31. S3	51. P4	71. G1	91. P1
12. S24	32. P4	52. S8	72. G1	92. S12
13. L4	33. P3	53. S9	73. S13	93. P3
14. S18	34. P1	54. P3	74. P3	94. L4
15. G1	35. AB3	55. S23	75. P2	95. P3
16. R2	36. P2	56. S18	76. S10	96. S17
17. AB3	37. P1	57. P3	77. S12	97. P3
18. S8	38. L5	58. S2	78. S16	98. S17
19. S23	39. S8	59. S7	79. G1	99. S6
20. S10	40. S13	60. G1	80. S12	100. S4

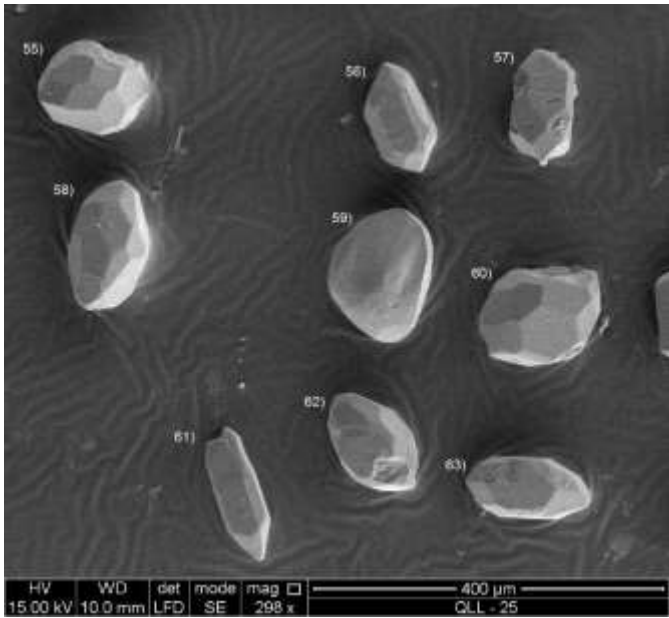
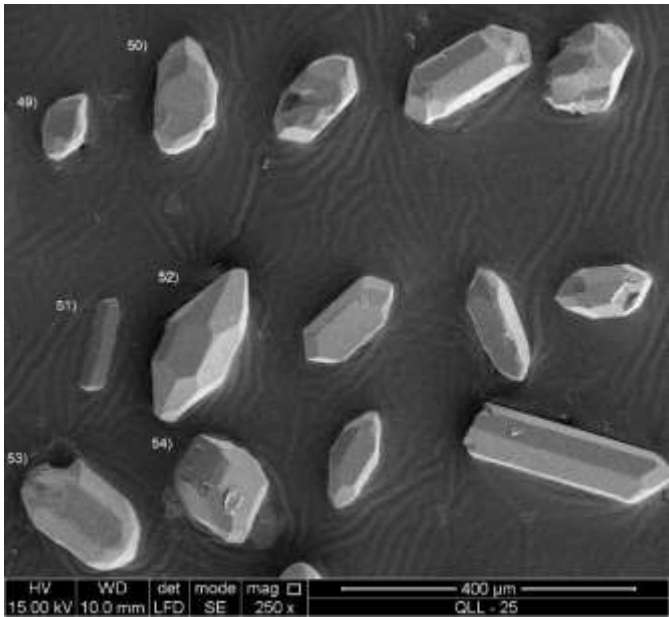
TIPO	CONTEO
AB2	1
AB3	5
AB4	2
AB5	1
G1	8
J1	1
J3	2
L4	3
L5	3
P1	8
P2	3
P3	9
P4	4
P5	1
R2	1
S10	2
S12	6
S13	6
S16	2
S17	4
S18	4
S19	1
S2	1
S23	3
S24	3
S3	2
S4	3
S5	2
S7	2
S8	5
S9	2

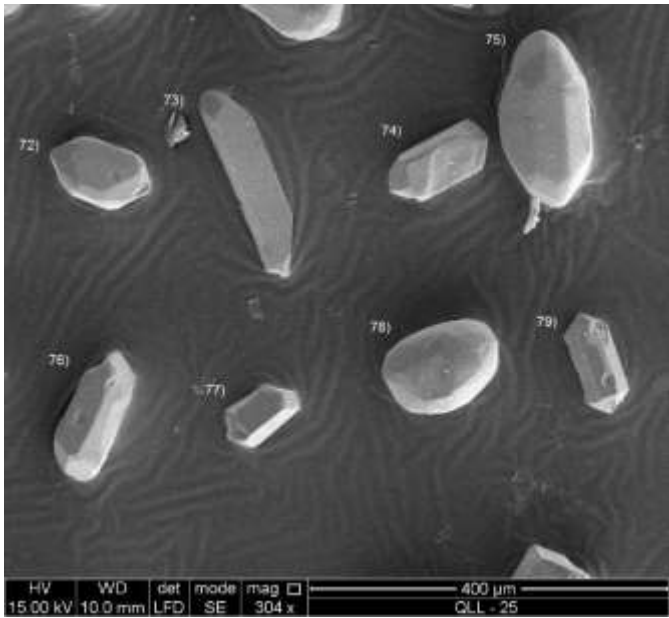
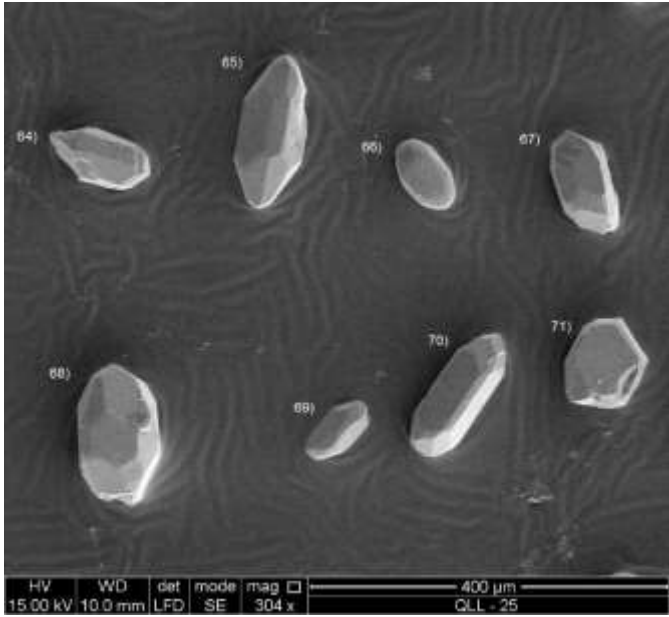
Muestra QLL- 25.

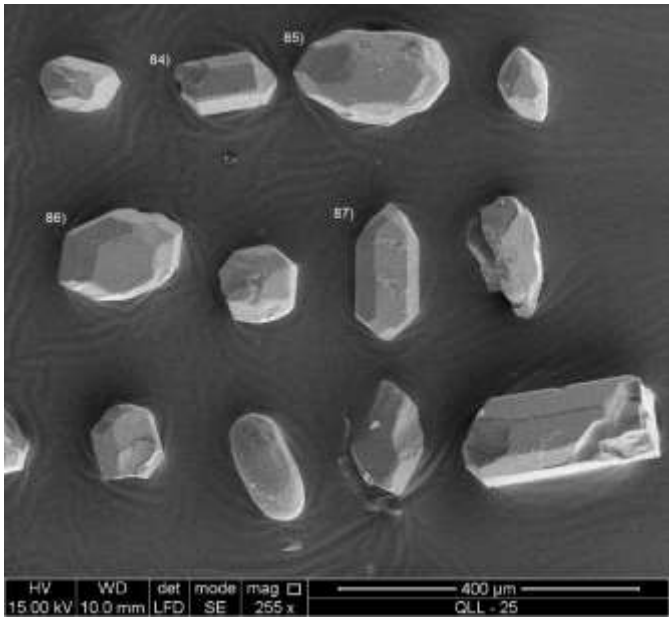
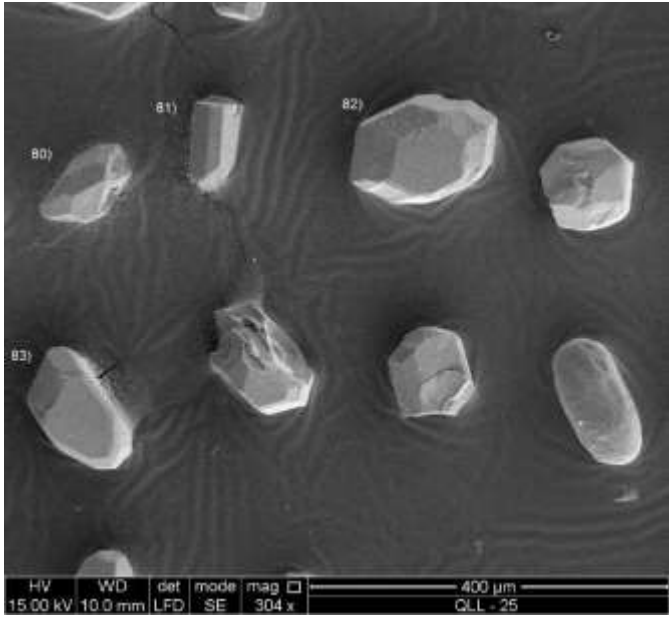


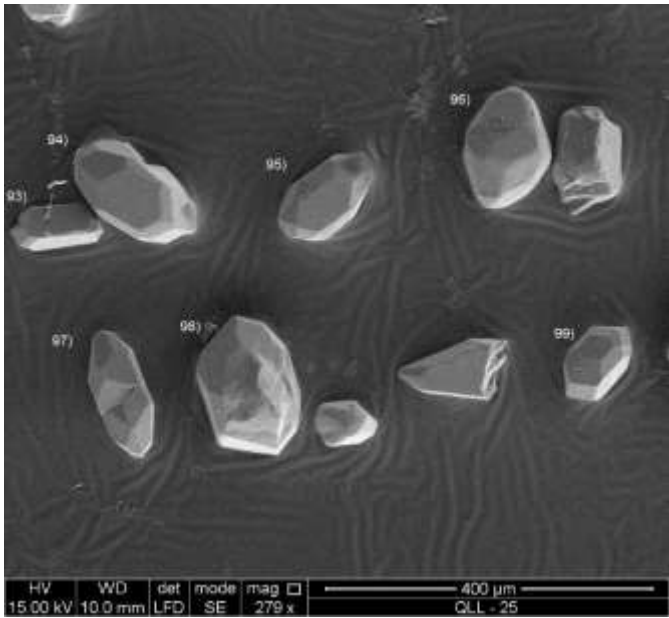
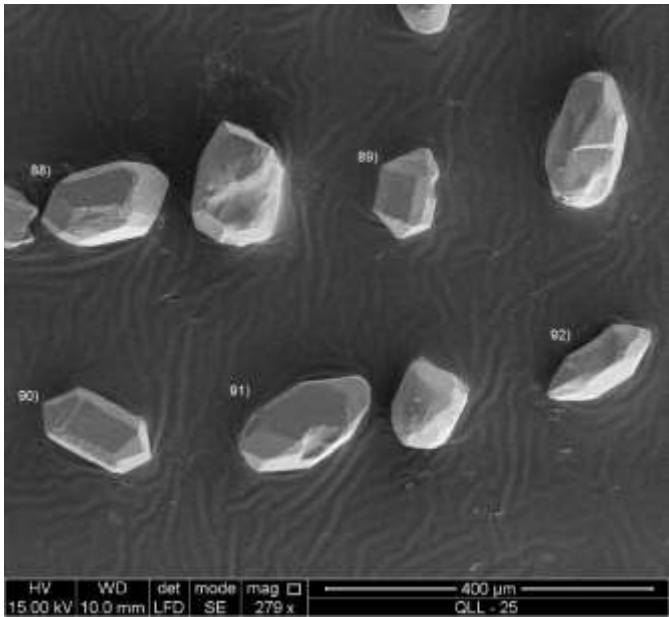


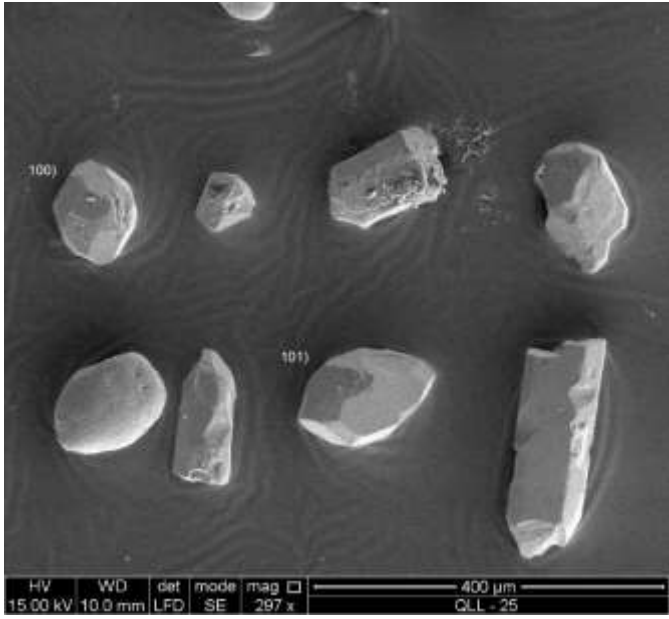












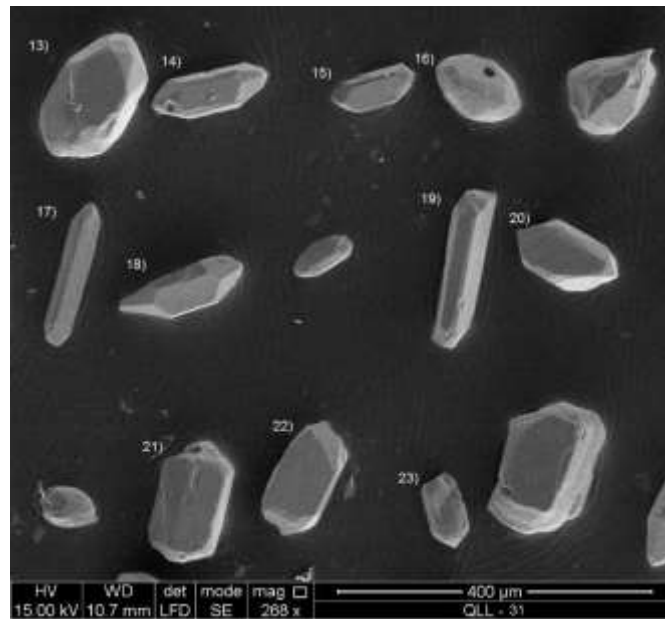
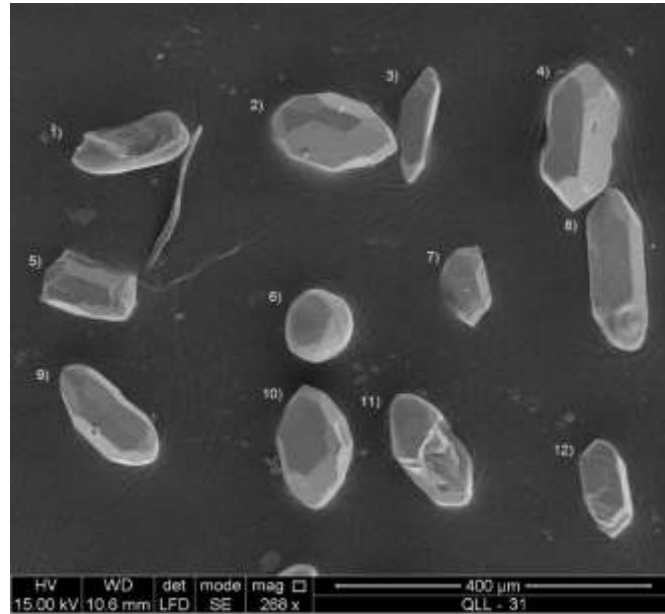
Clasificación de los circones

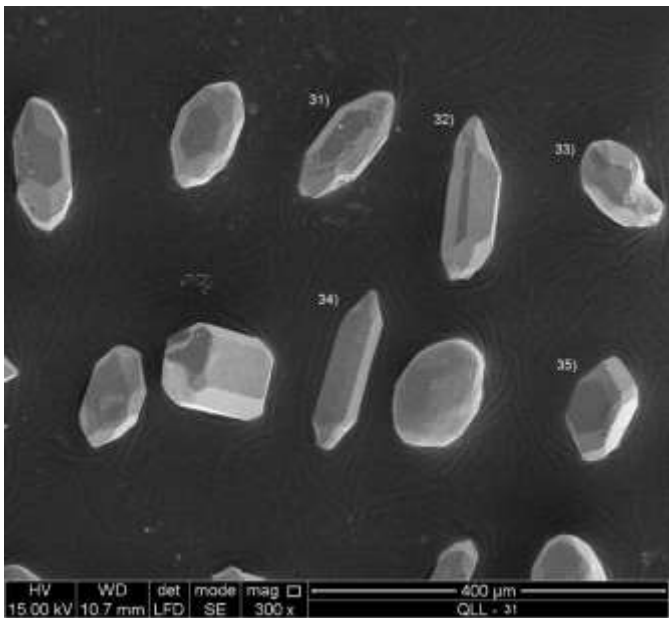
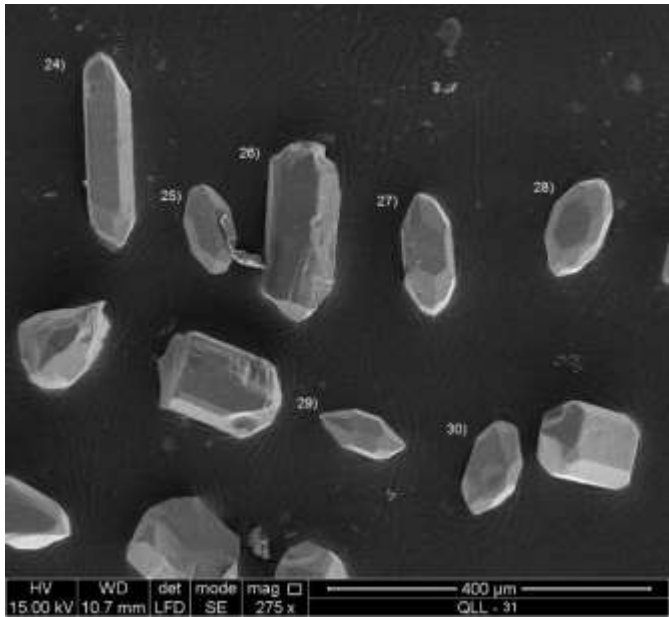
Conteo de los circones

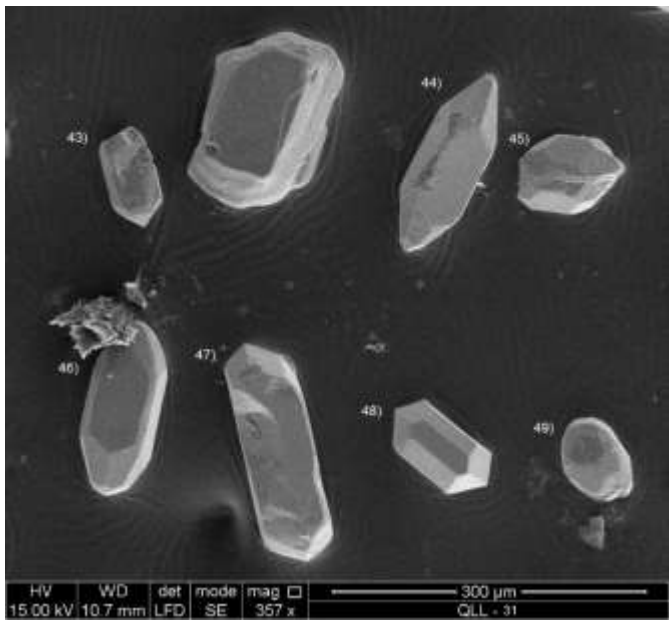
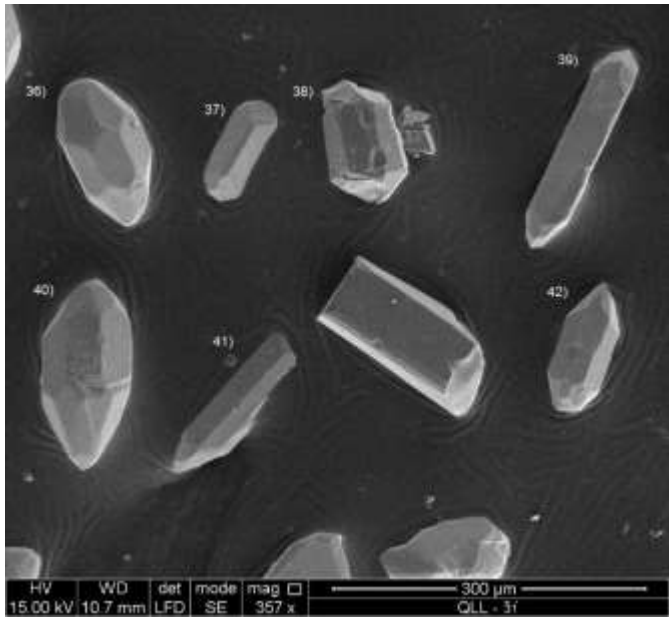
1. S7	21. P2	41. P3	61. R3	81. S8
2. S12	22. P5	42. P1	62. S17	82. S7
3. S10	23. AB3	43. S4	63. S7	83. S4
4. S12	24. S8	44. S8	64. S8	84. P5
5. S5	25. S7	45. S12	65. S6	85. S7
6. S18	26. P4	46. S8	66. S12	86. S7
7. S9	27. S8	47. P3	67. S13	87. S13
8. S5	28. P3	48. S9	68. S7	88. S12
9. S23	29. S23	49. S7	69. S3	89. P3
10. P2	30. S24	50. S3	70. S4	90. P2
11. P4	31. D	51. P3	71. J3	91. S2
12. S8	32. P2	52. S6	72. S23	92. S16
13. L5	33. S19	53. S19	73. G1	93. S4
14. S8	34. P1-R5	54. S3	74. P1	94. S3
15. S8	35. F	55. S17	75. S13	95. S18
16. P3	36. S7	56. S19	76. S5	96. S7
17. S23	37. P4	57. S18	77. L4	97. S23
18. L5	38. S7	58. S12	78. S17	98. S7
19. P1	39. S17	59. S17	79. P3	99. S7
20. S7	40. S3	60. S7	80. S6	100. S17

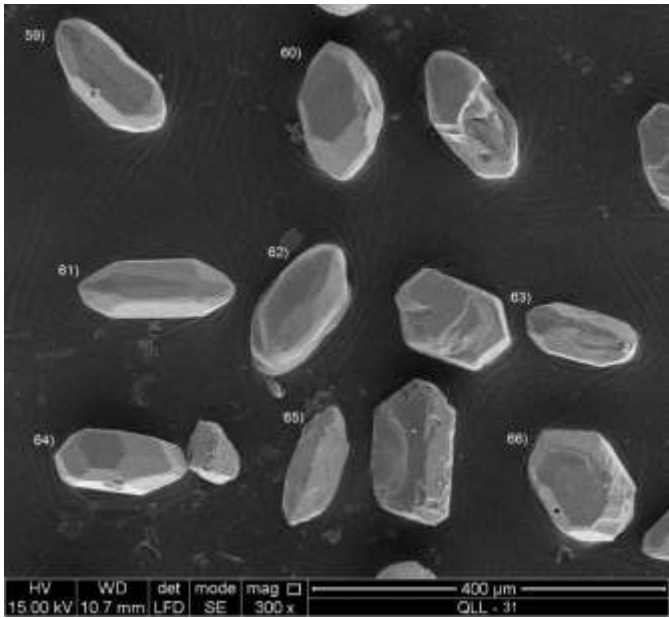
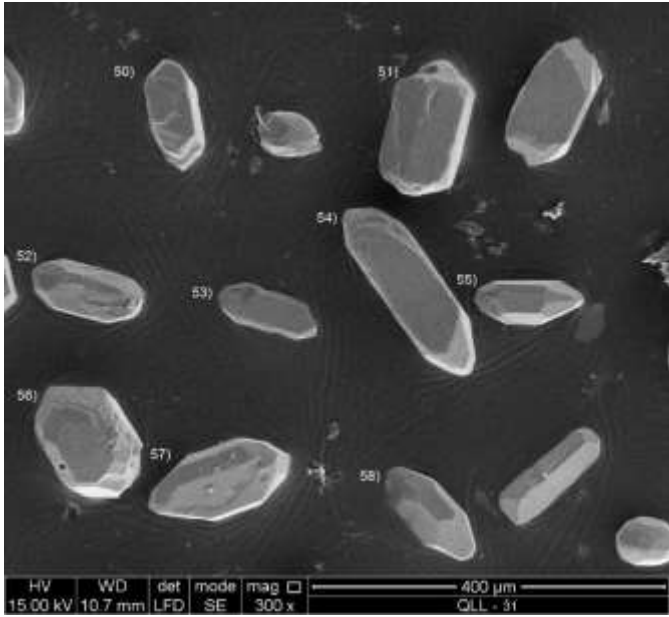
TIPO	CONTEO
S7	15
S12	6
S10	1
S5	3
S18	3
S9	2
S23	5
P2	4
P4	3
S8	9
L5	2
P3	7
P1	4
P5	2
AB3	1
S24	1
D	1
S19	3
F	1
S17	6
S3	5
S4	4
S6	3
R3	1
S13	3
J3	1
G1	1
L4	1
S2	1
S16	1
S9	2

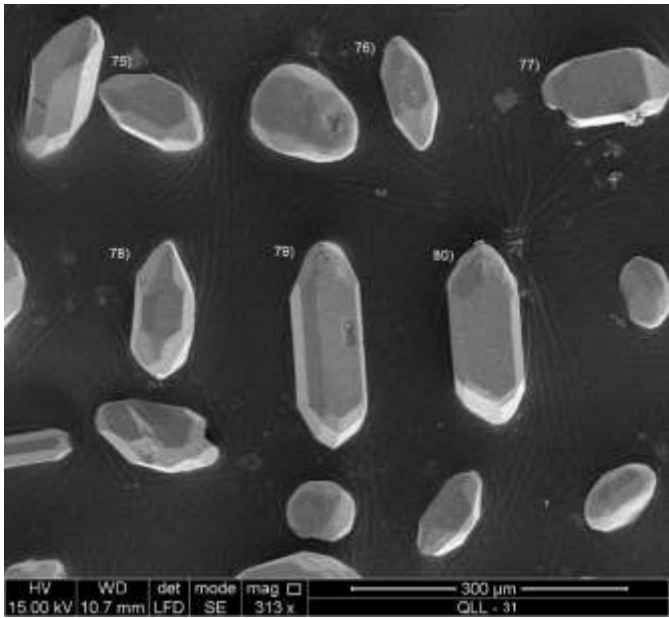
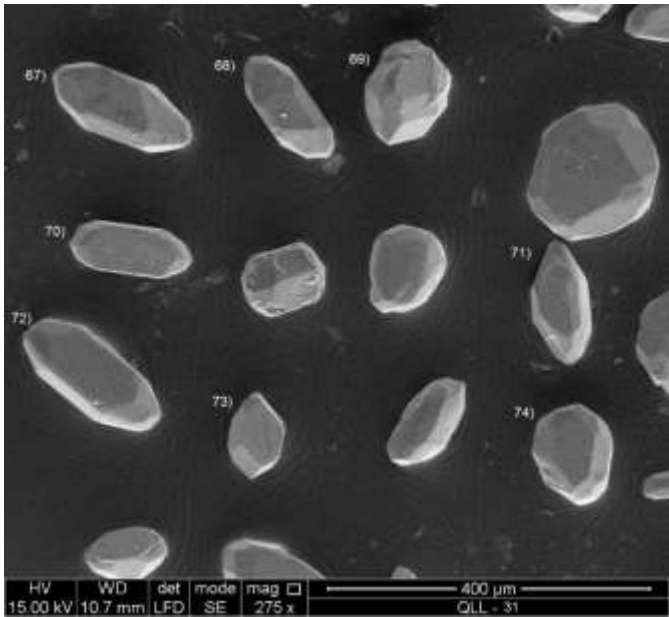
Muestra QLL-31.

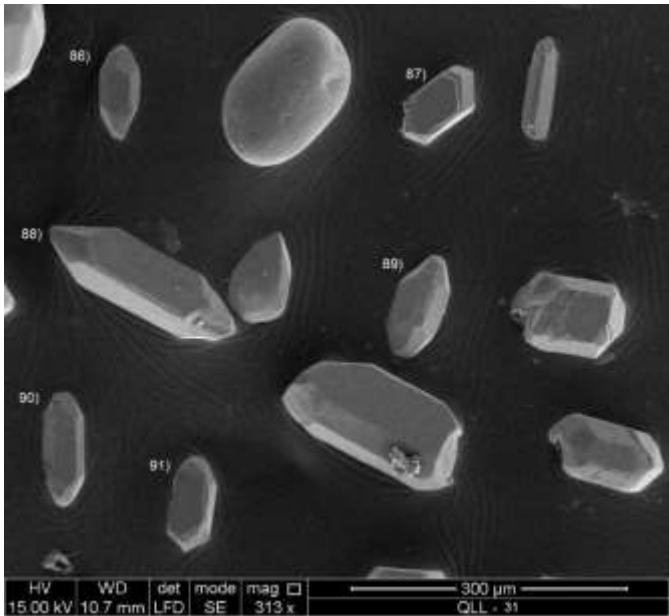
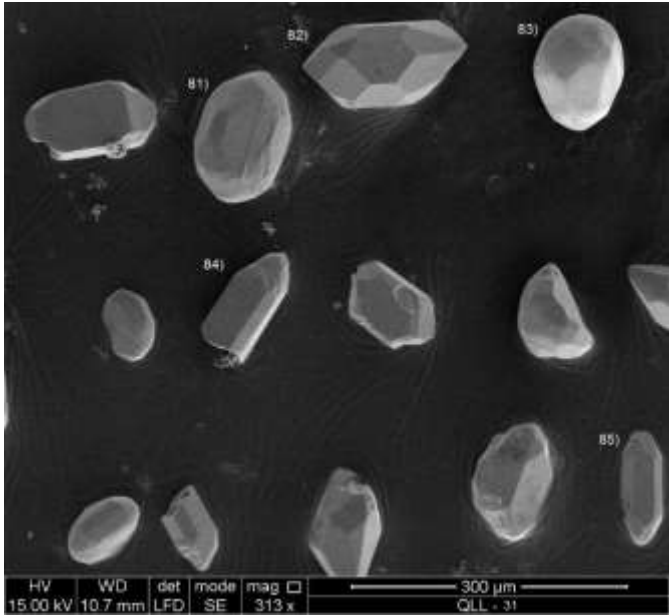


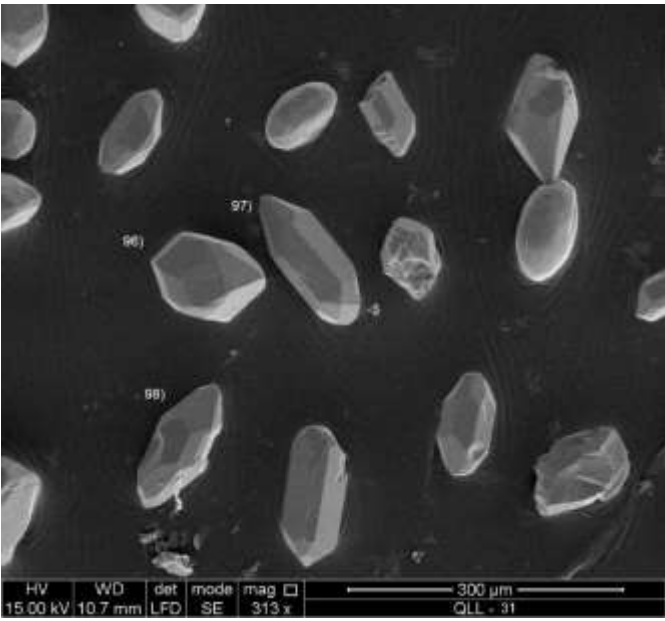
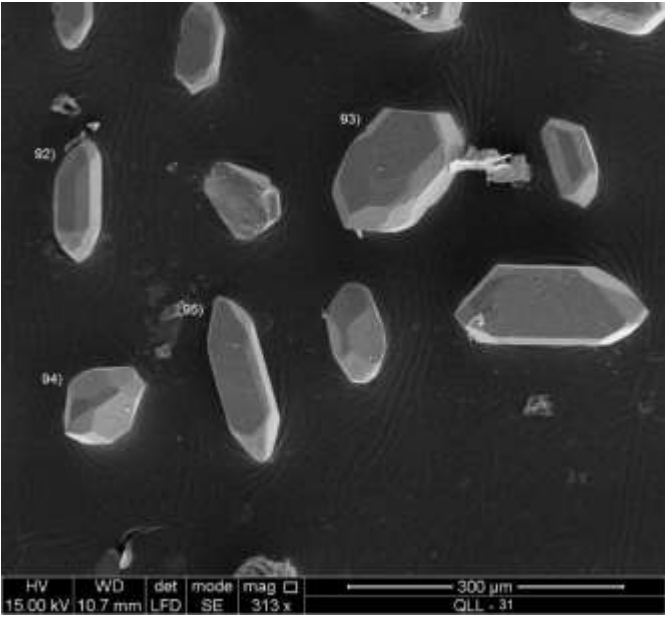


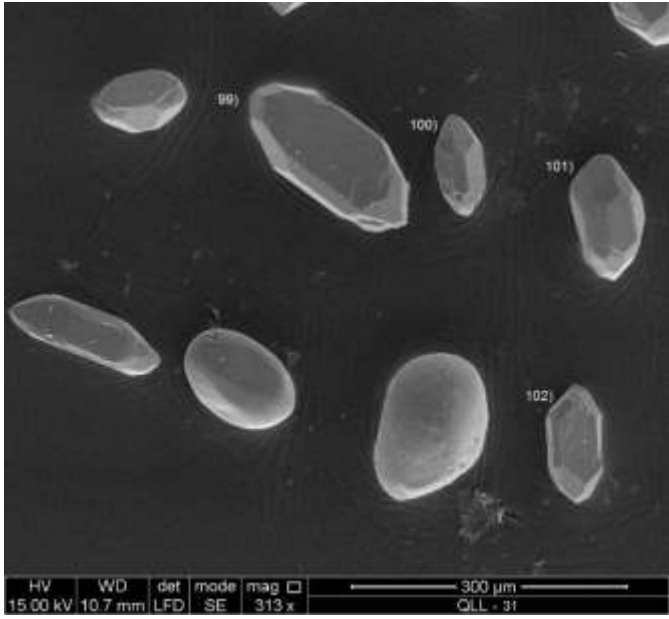












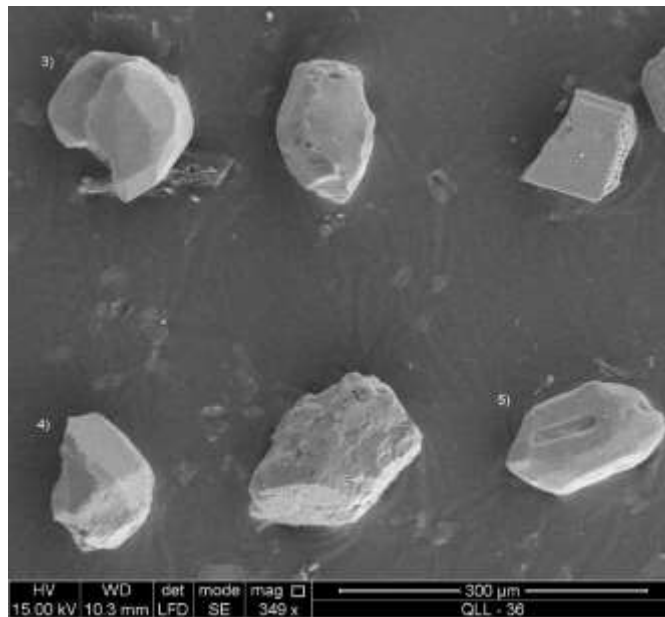
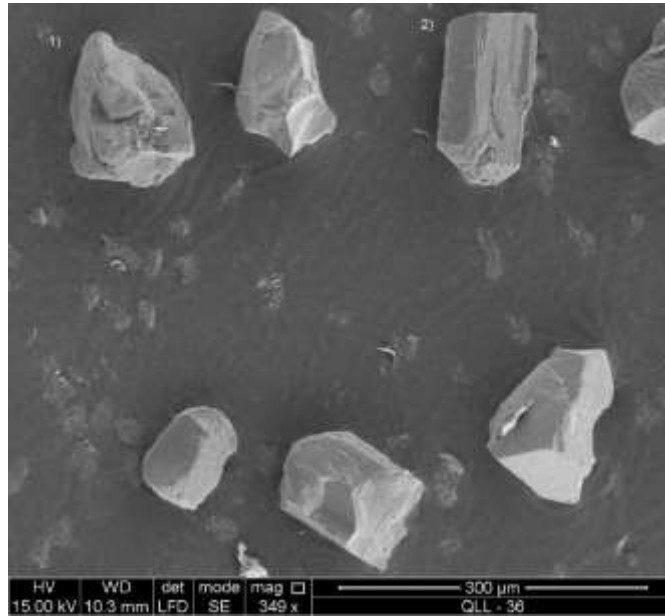
Clasificación de los cirrones

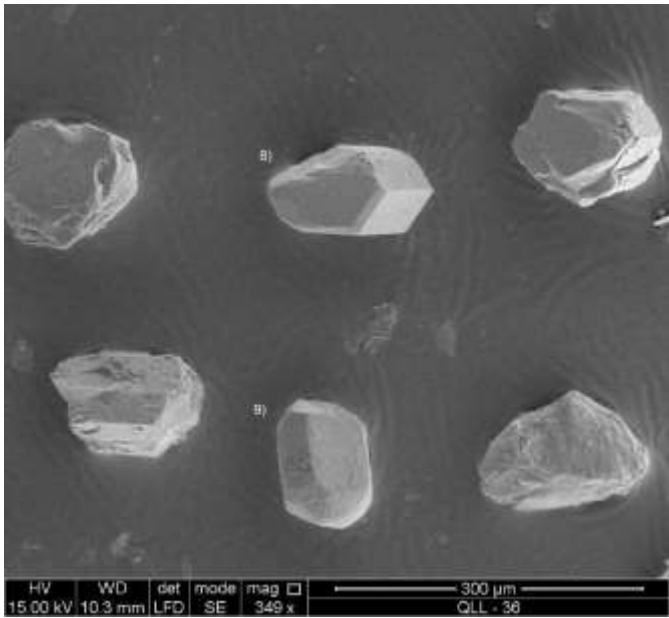
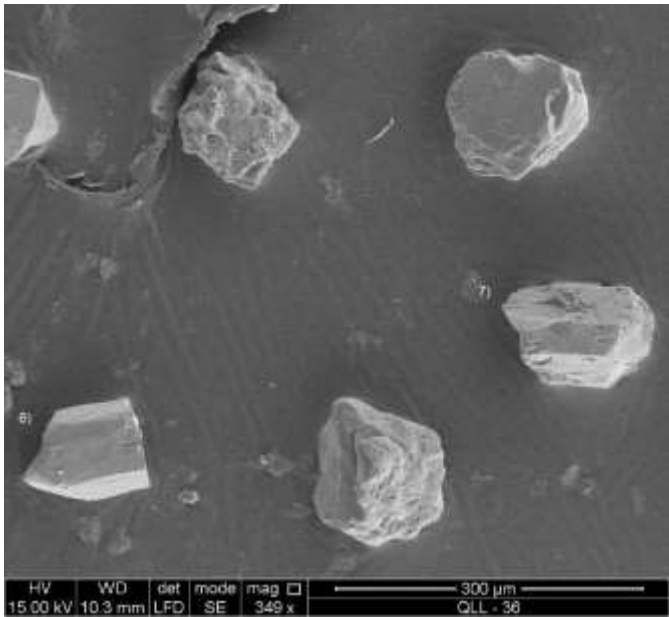
Conteo de los cirrones

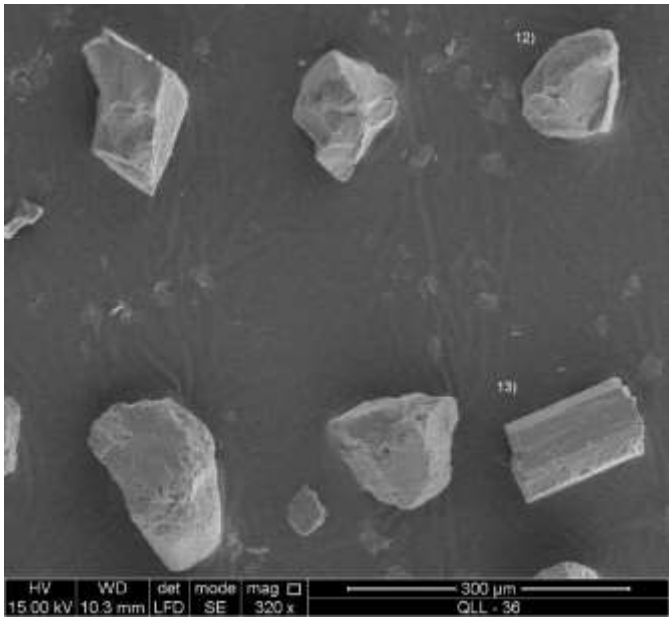
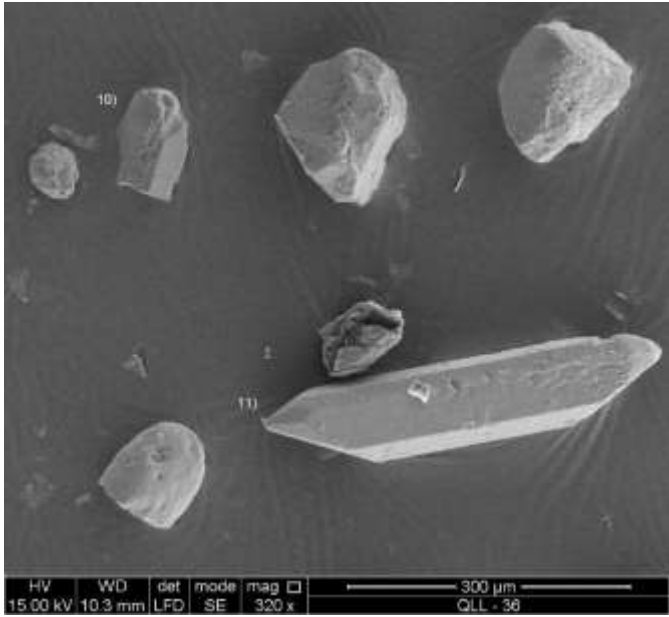
1. G1	21. D	41. S11	61. Q3	81. S22
2. S7	22. S2	42. S13	62. S16	82. S12
3. P1	23. S19	43. S18	63. S17	83. S7
4. S9	24. S8	44. S21	64. S7	84. S4
5. S14	25. S13	45. S17	65. G1	85. S18
6. S12	26. P5	46. S21	66. S8	86. S7
7. S13	27. S7	47. G1	67. S7	87. S4
8. Q3	28. S17	48. P3	68. S2	88. Q5
9. S18	29. Q3	49. S7	69. S13	89. S18
10. S17	30. S12	50. L4	70. S4	90. S23
11. S5	31. S16	51. P5	71. S16	91. S4
12. S9	32. S8	52. S2	72. S21	92. S13
13. S21	33. S12	53. P2	73. L5	93. S8
14. Q4	34. P4	54. G1	74. S8	94. S12
15. P1	35. S8	55. S7	75. S16	95. S21
16. S7	36. S11	56. S3	76. S11	96. S2
17. P1	37. S24	57. S13	77. J4	97. S13
18. Q4	38. P3	58. S12	78. S6	98. S6
19. P4	39. L4	59. S11	79. S8	99. S8
20. P5	40. S17	60. S7	80. S4	100. S16

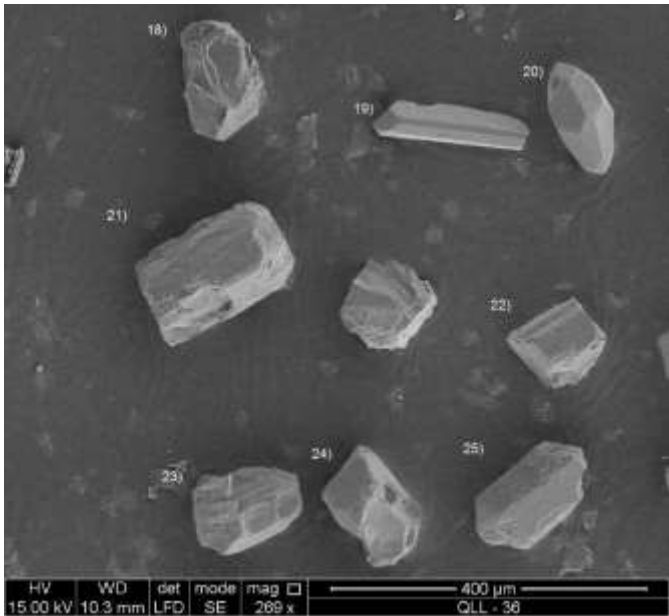
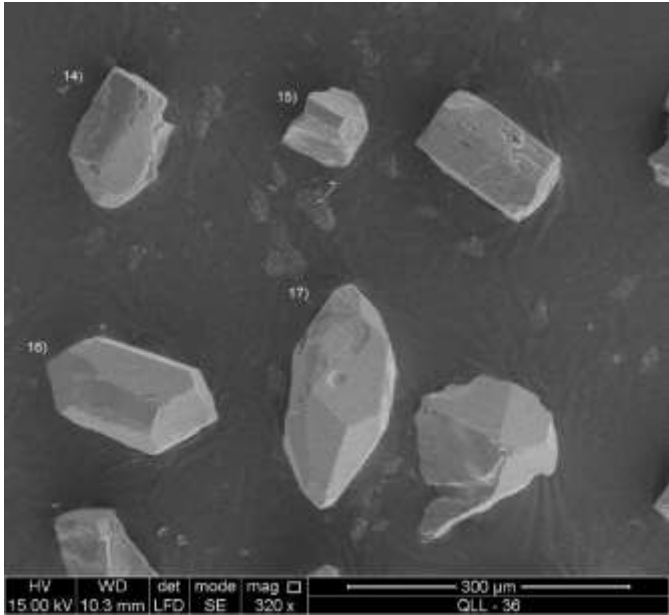
TIPO	CONTEO
D	1
G1	4
J4	1
L4	2
L5	1
P1	3
P2	1
P3	2
P4	2
P5	3
Q3	3
Q4	2
Q5	1
S11	4
S12	6
S13	7
S14	1
S16	5
S17	5
S18	4
S19	1
S2	3
S2	1
S21	5
S22	1
S22	1
S24	1
S3	1
S4	5
S5	1
S6	2
S7	10
S8	8
S9	2

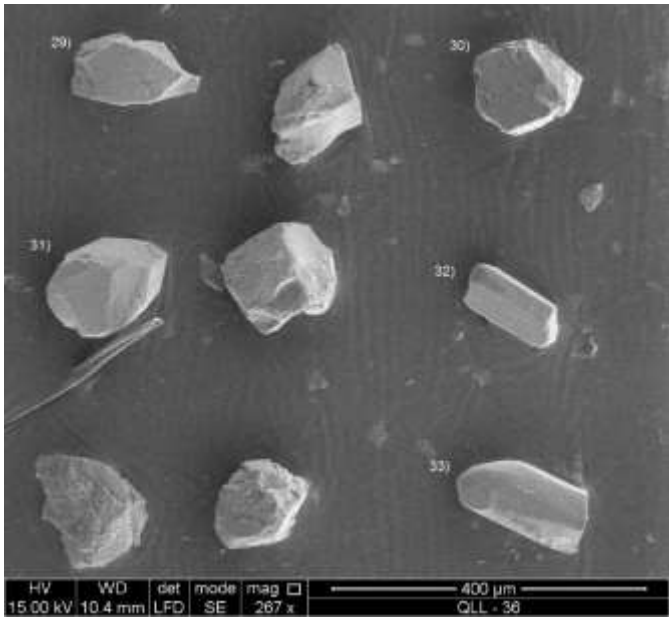
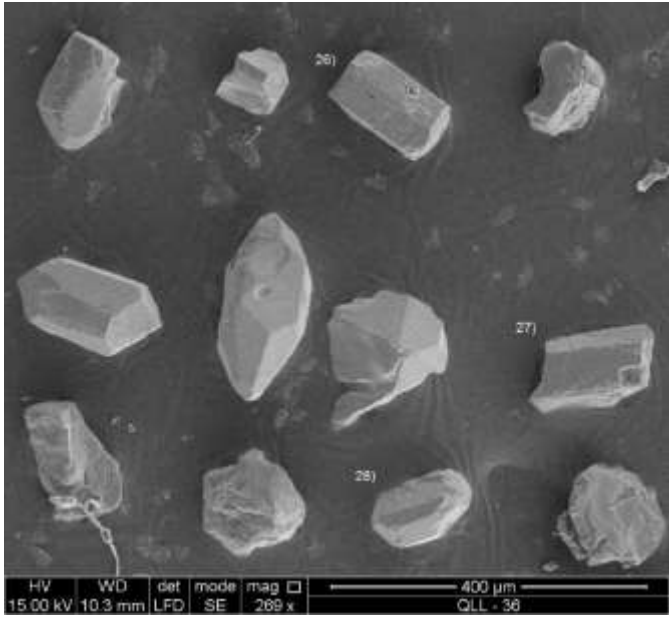
Muestra QLL-36.

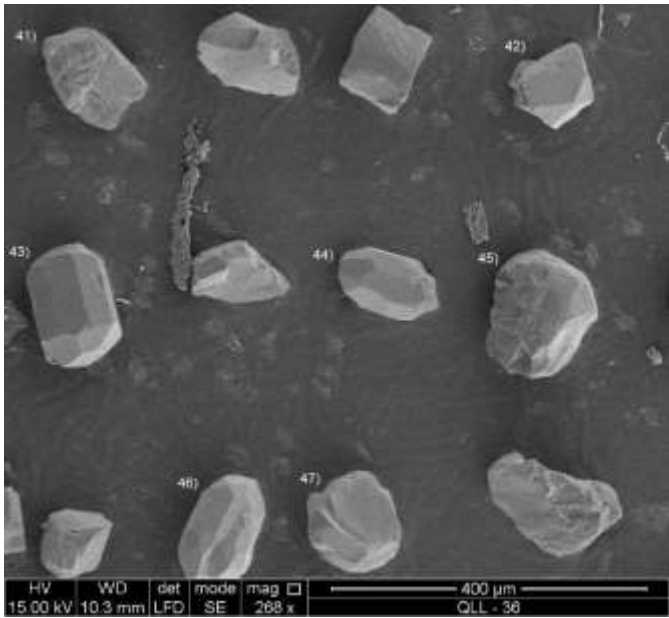
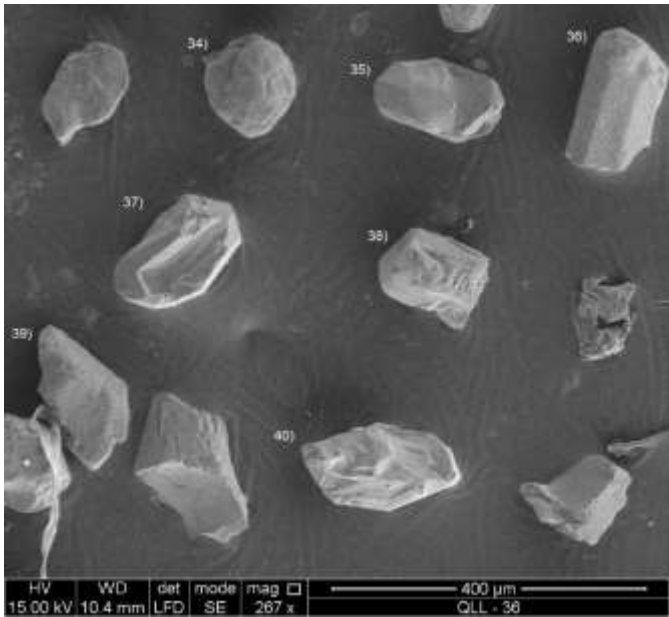


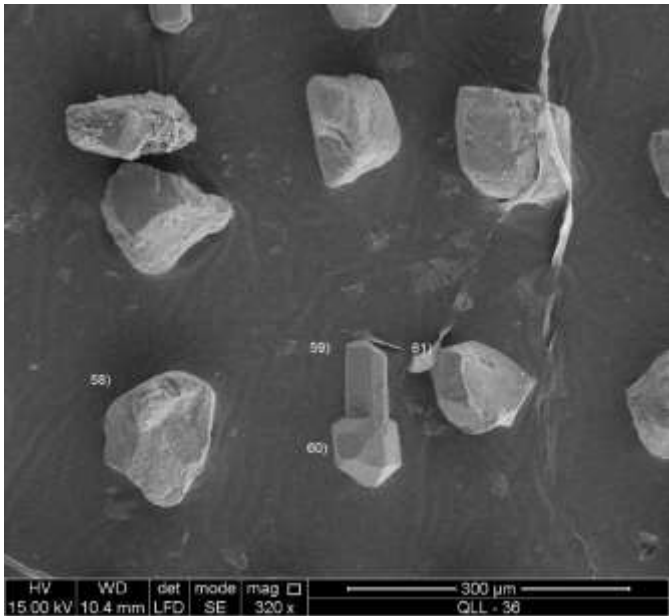
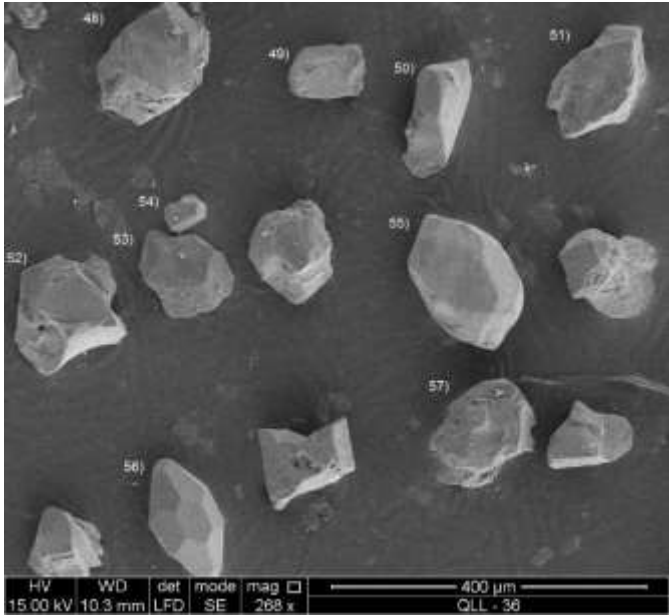


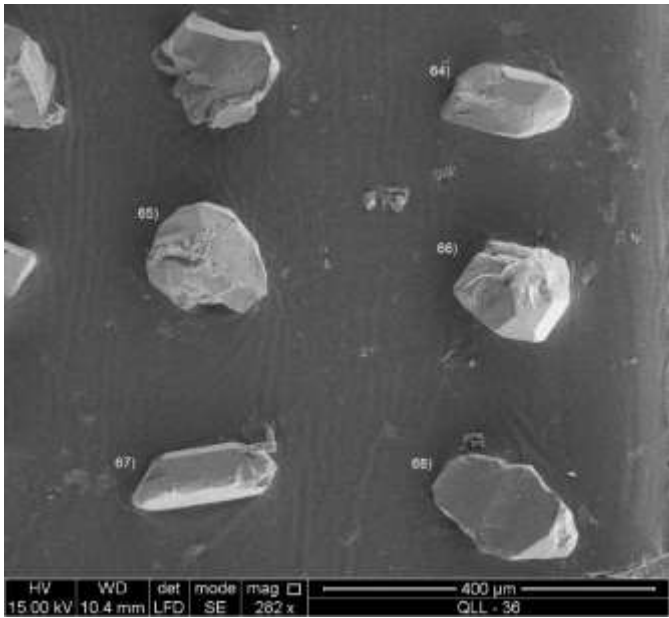
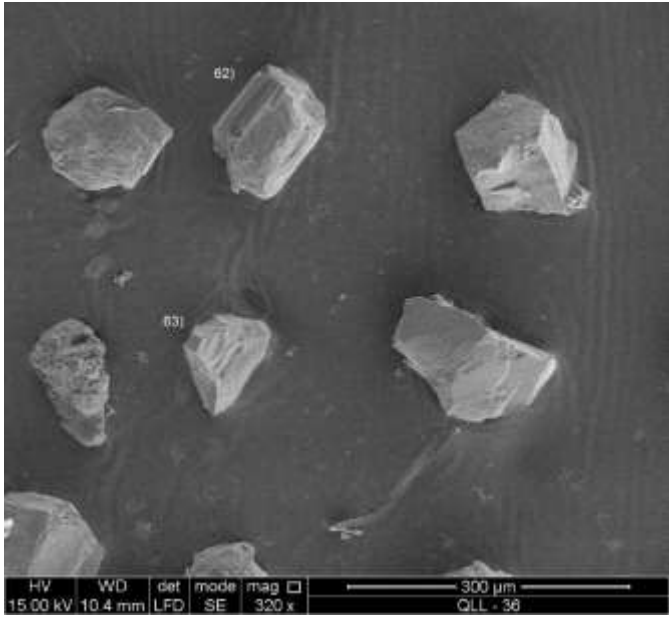


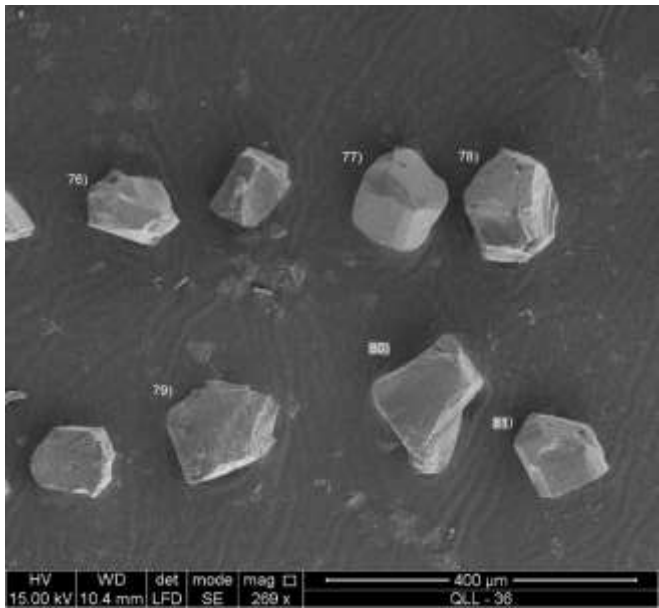
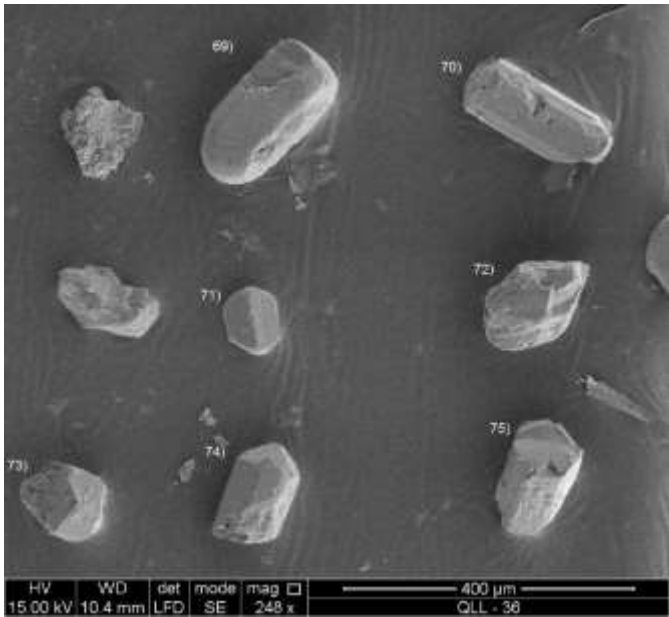


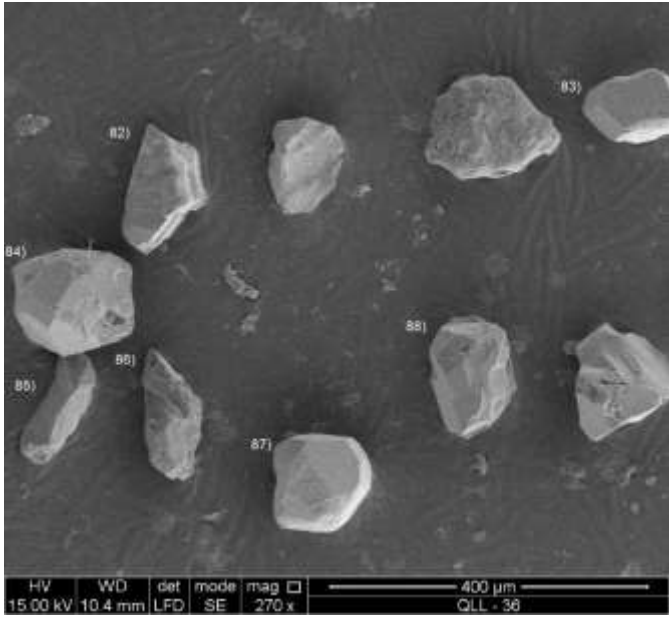












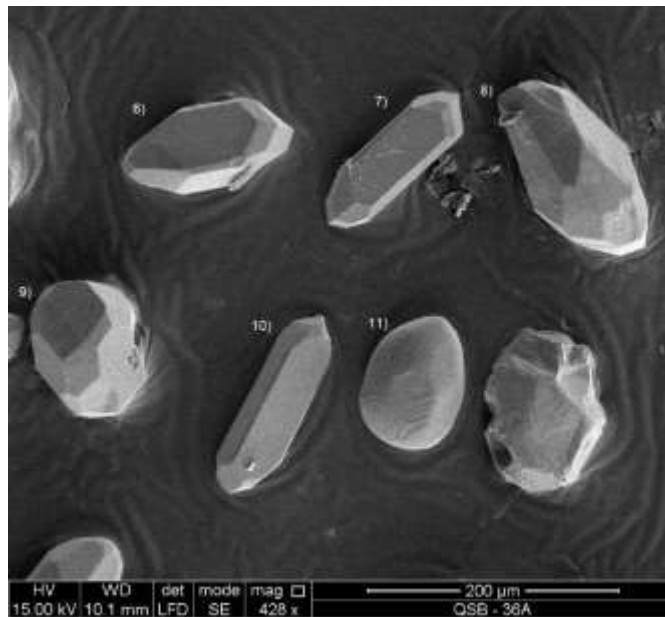
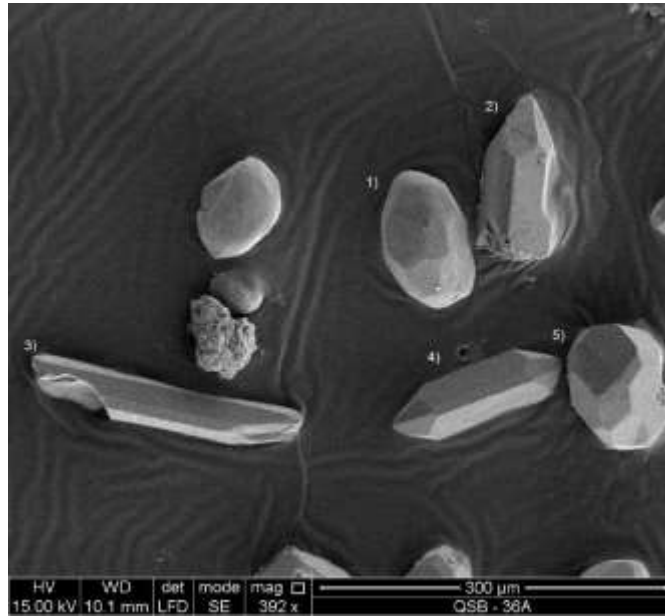
Clasificación de los cirrones

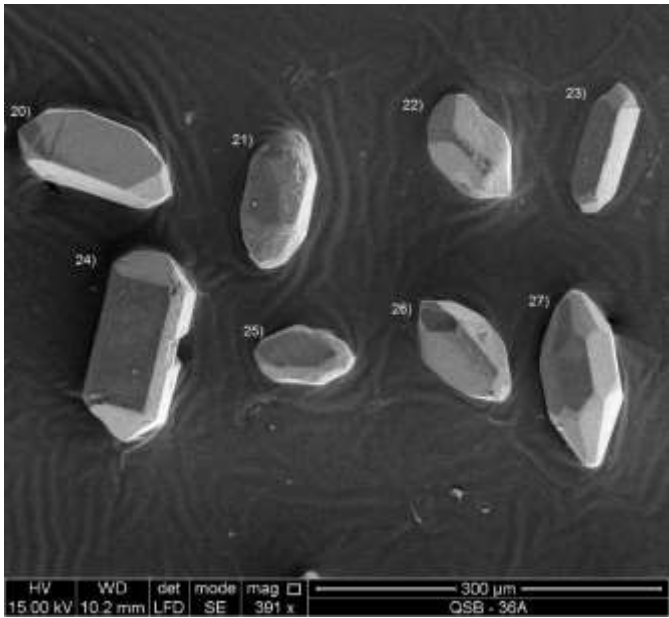
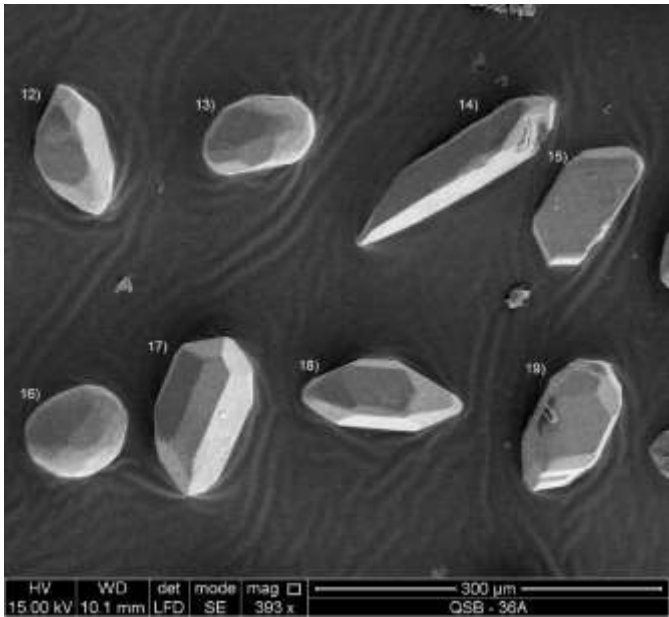
Conteo de los cirrones

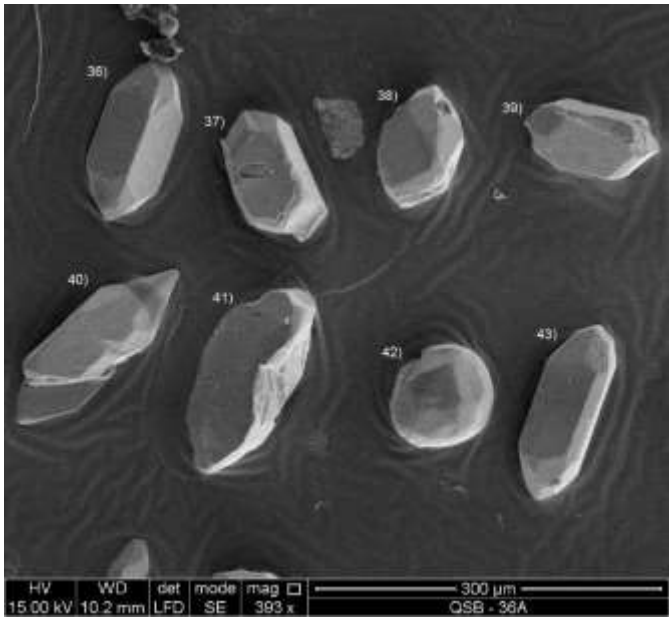
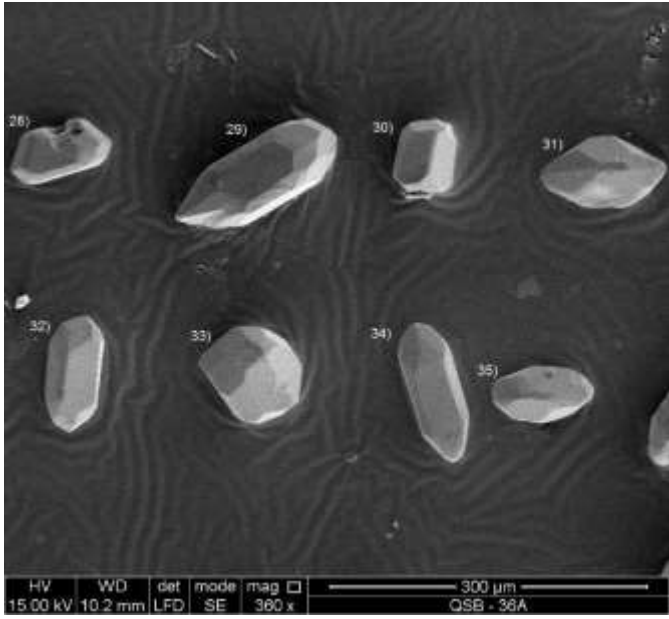
1. Q4	21. D	41. S4	61. S5	81. P4
2. P3	22. P4	42. S19	62. P4	82. D
3. S7	23. S7	43. S13	63. S6	83. L5
4. S18	24. S16	44. S12	64. Q3	84. S12
5. S8	25. D	45. S7	65. S12	85. D
6. P4	26. P3	46. S8	66. S16	86. R3
7. P3	27. D	47. S3	67. S4	87. S17
8. S4	28. S8	48. S24	68. L3	88. S12
9. S10	29. AB3	49. D	69. P1	
10. R2	30. F	50. S22	70. P4	
11. Q4	31. S2	51. L5	71. R5	
12. S7	32. P1	52. L4	72. S12	
13. P3	33. S17	53. S2	73. L5	
14. P2	34. S12	54. D	74. P5	
15. P3	35. S8	55. S17	75. G3	
16. S10	36. P1	56. S12	76. S12	
17. S21	37. S23	57. S7	77. P2	
18. S10	38. P2	58. S11	78. S17	
19. P5	39. S16	59. P4	79. S17	
20. S11	40. S11	60. S7	80. E	

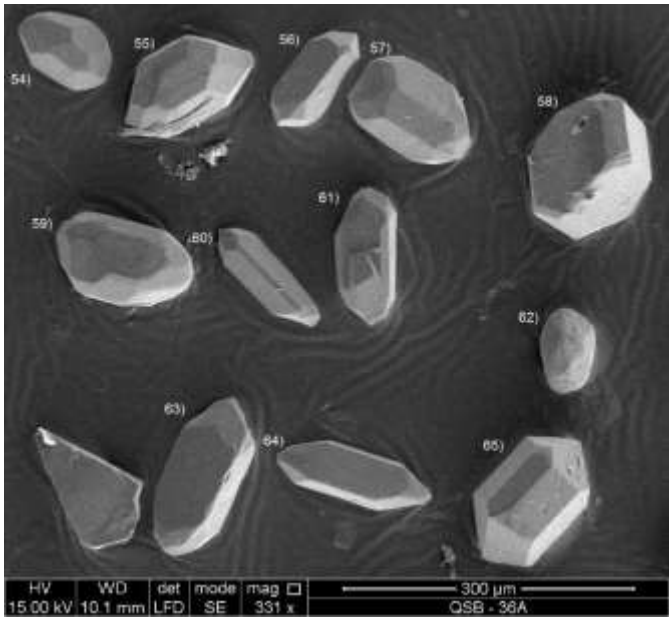
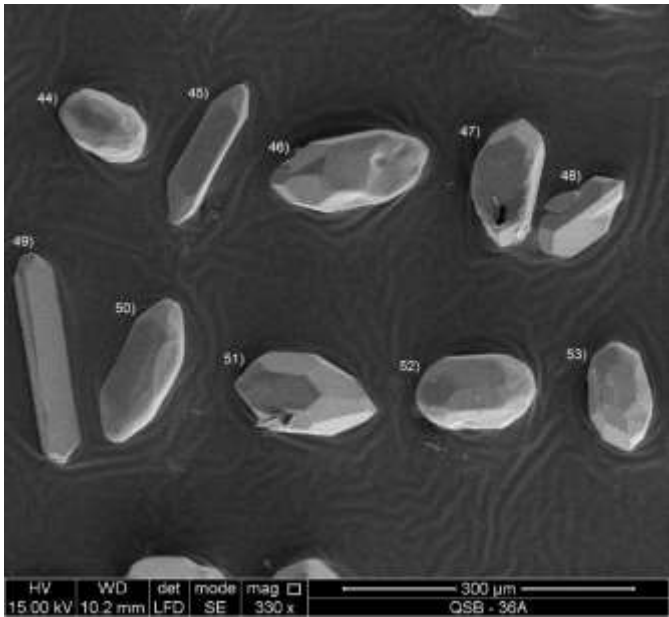
TIPO	CORTEO
Q4	2
P3	5
S7	5
S18	1
S8	4
P4	6
S4	3
S10	3
R2	1
P2	3
S21	1
P5	2
S11	3
D	7
S16	3
AB3	1
F	1
S2	2
P1	3
S17	5
S12	7
S23	1
S19	1
S13	1
S3	1
S24	1
S22	1
L5	3
L4	1
S5	1
S6	1
E	1
Q3	1
S12	1
L3	1
P5	1
P5	1
R3	1
G3	1

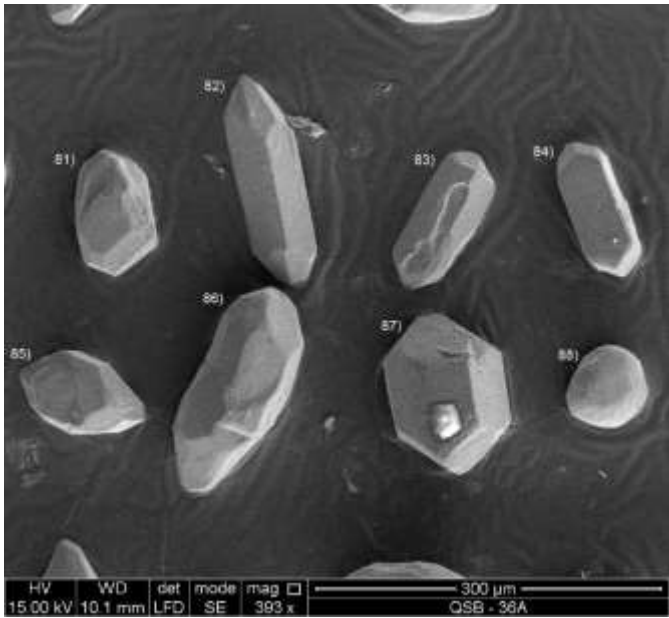
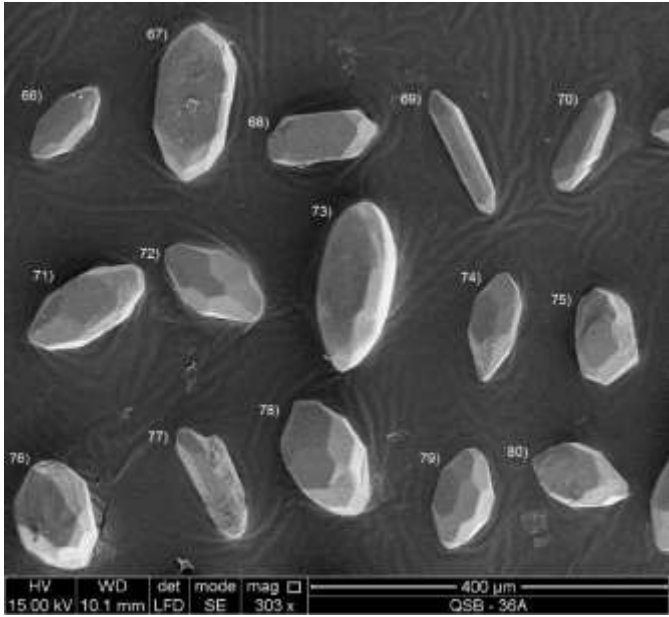
Muestra QSB-36A.













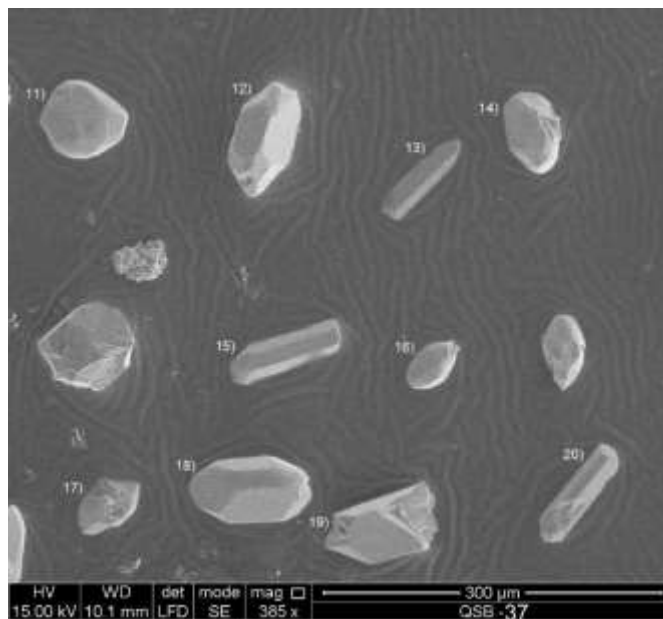
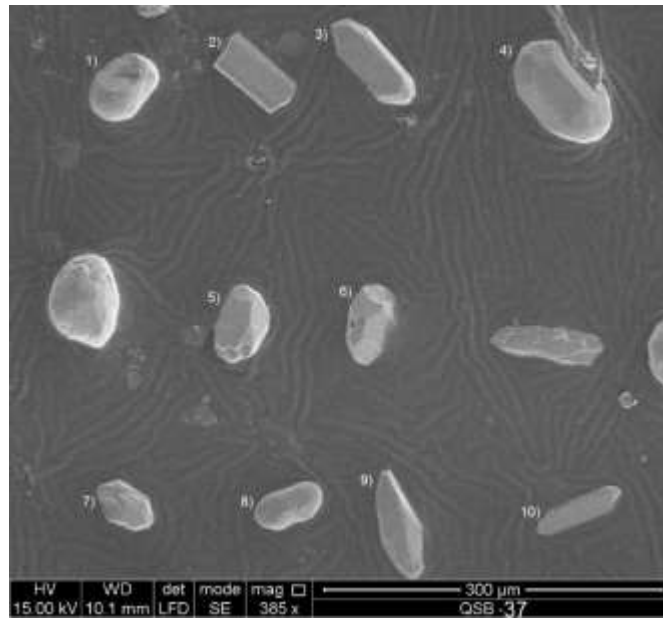
Clasificación de los circones

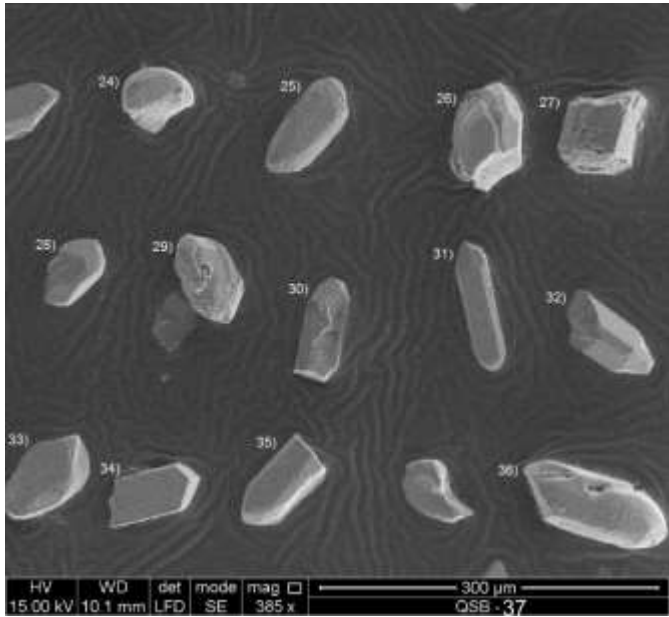
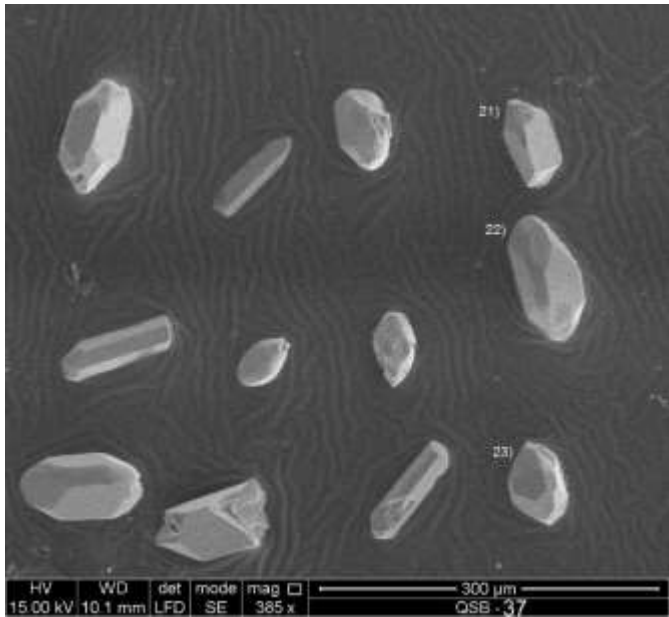
Conteo de los circones

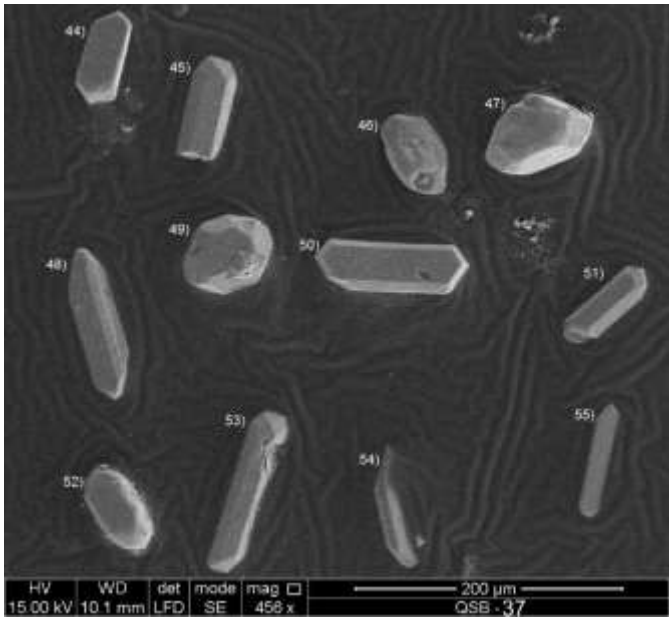
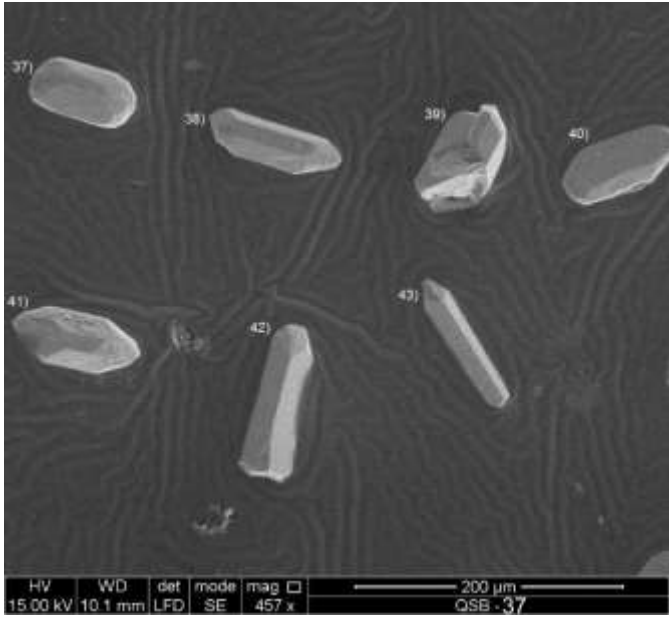
1. S7	21. S11	41. J3	61. S4	81. S17
2. S11	22. P1	42. S17	62. S7	82. J1
3. P4	23. D	43. S6	63. L2	83. D
4. Q4	24. P4	44. S13	64. L3	84. S4
5. S17	25. S22	45. S6	65. S14	85. S7
6. S2	26. S8	46. S17	66. S11	86. S18
7. S4	27. S11	47. S4	67. S3	87. S15
8. S12	28. S4	48. S18	68. J4	88. S12
9. S11	29. S16	49. P1	69. P4	89. D
10. S5	30. J5	50. S12	70. S21	90. S4
11. S12	31. S21	51. S17	71. J2	91. J3
12. J1	32. S7	52. S13	72. S16	92. S11
13. S7	33. S12	53. S8	73. S17	93. S15
14. D	34. S11	54. S12	74. Q4	94. S12
15. G1	35. S17	55. S13	75. S8	95. P3
16. S12	36. J1	56. J4	76. S14	96. S12
17. P3	37. L4	57. S14	77. P3	97. S12
18. S21	38. J4	58. L4	78. S7	98. S14
19. S22	39. G1	59. S17	79. S12	99. S21
20. J4	40. Q3	60. P1	80. J2	100. S15

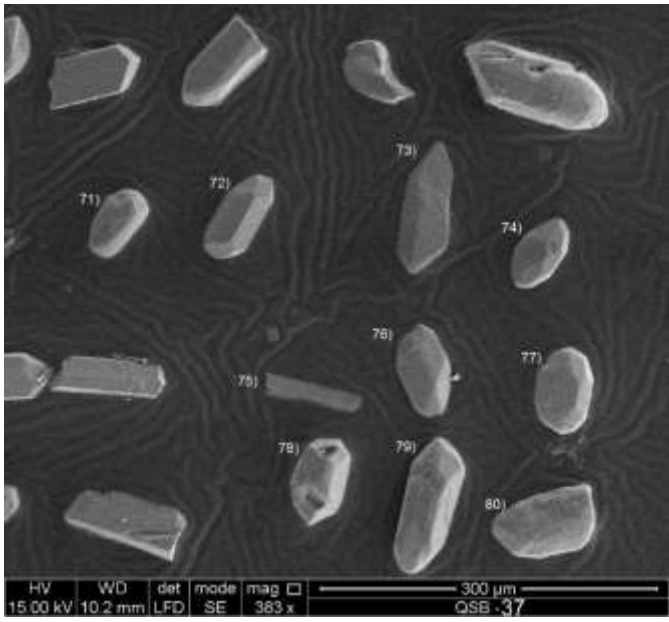
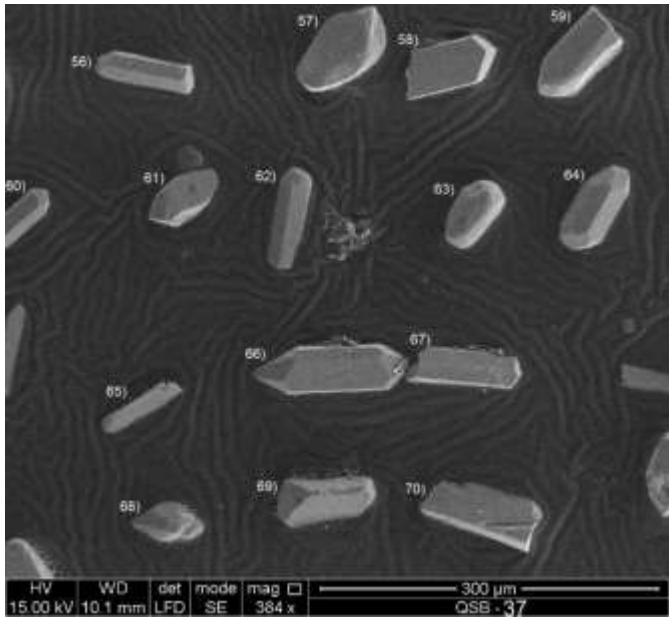
TIPO	CONTEO
D	4
G1	2
J1	3
J2	2
J3	2
J4	4
J5	1
L3	1
L3	1
L4	2
P1	3
P3	3
P4	3
Q3	1
Q4	2
S11	7
S12	11
S13	3
S14	4
S15	3
S16	2
S17	8
S18	2
S2	1
S21	4
S22	2
S3	1
S4	6
S5	1
S6	2
S7	6
S8	3
S23	1
S12	1
L3	1
H5	1
H5	1
H3	1
G3	1

Muestra QSB-37.









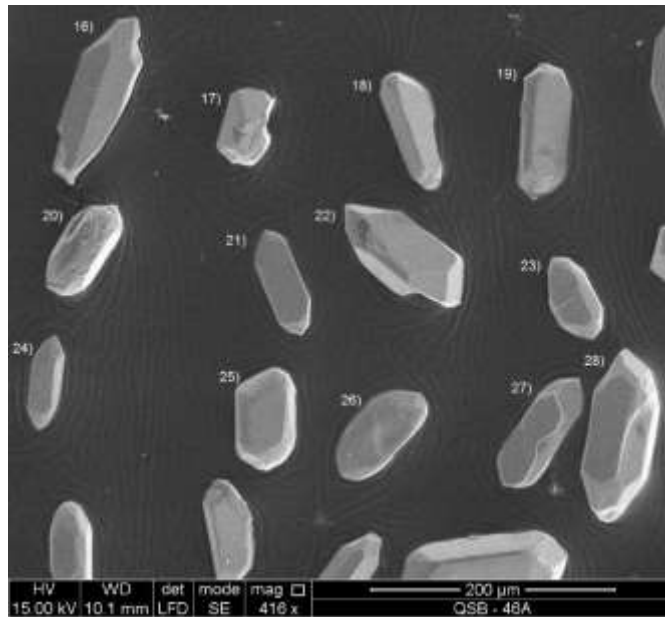
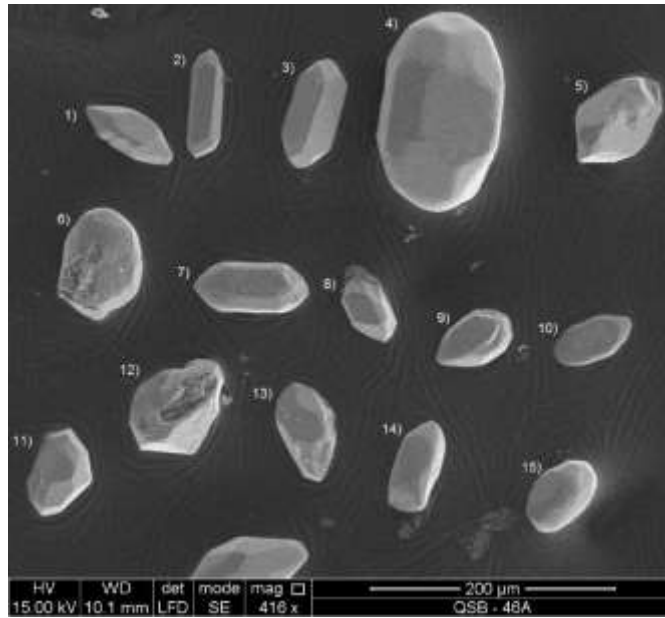
Clasificación de los circones

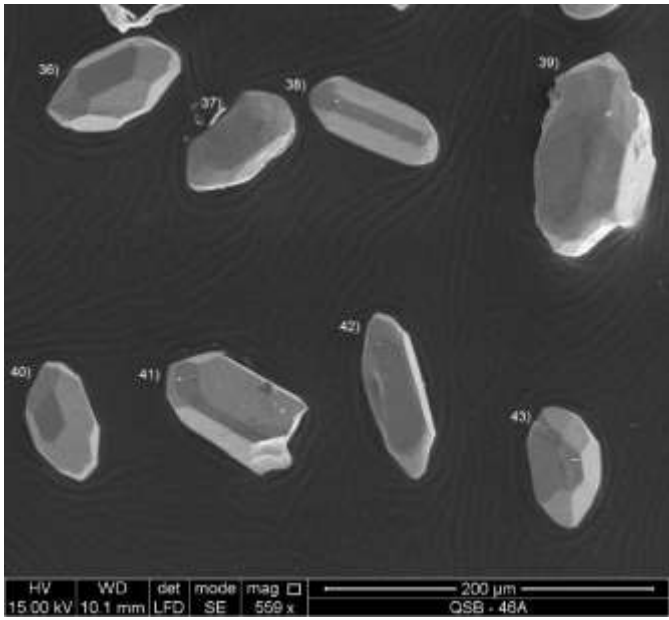
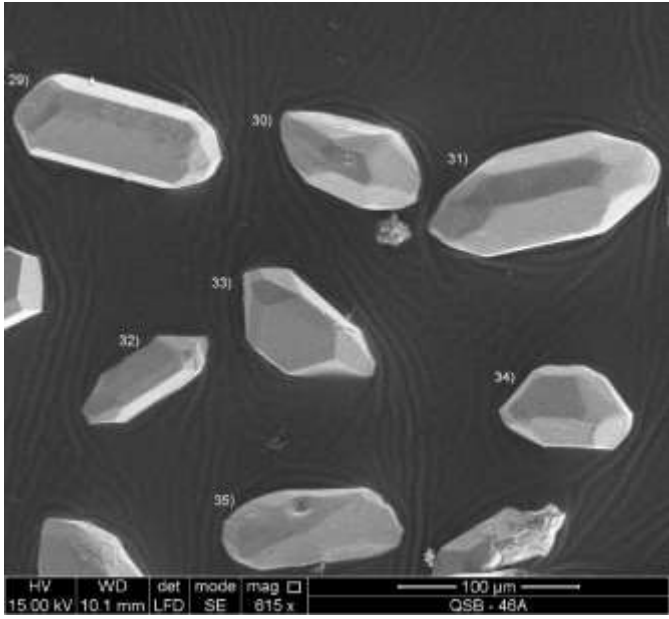
1. S17	21. J2	41. S16	61. L5
2. D	22. S22	42. G1	62. S13
3. S22	23. S7	43. D	63. S8
4. S12	24. S12	44. G1	64. S13
5. S7	25. S16	45. S13	65. G1
6. L2	26. S17	46. S17	66. S16
7. S17	27. G1	47. S3	67. G1
8. S7	28. S5	48. J3	68. S11
9. L1	29. S17	49. S18	69. S5
10. G1	30. G1	50. P1	70. G1
11. S12	31. S13	51. P3	71. S8
12. J2	32. S21	52. S23	72. S13
13. G1	33. S5	53. S13	73. D
14. S17	34. G1	54. P1	74. S17
15. P3	35. P3	55. G1	75. G1
16. S12	36. S2	56. P3	76. J3
17. S3	37. S2	57. S7	77. S12
18. S7	38. S11	58. G1	78. S15
19. L5	39. L5	59. P2	79. S11
20. S13	40. L3	60. P3	80. P3

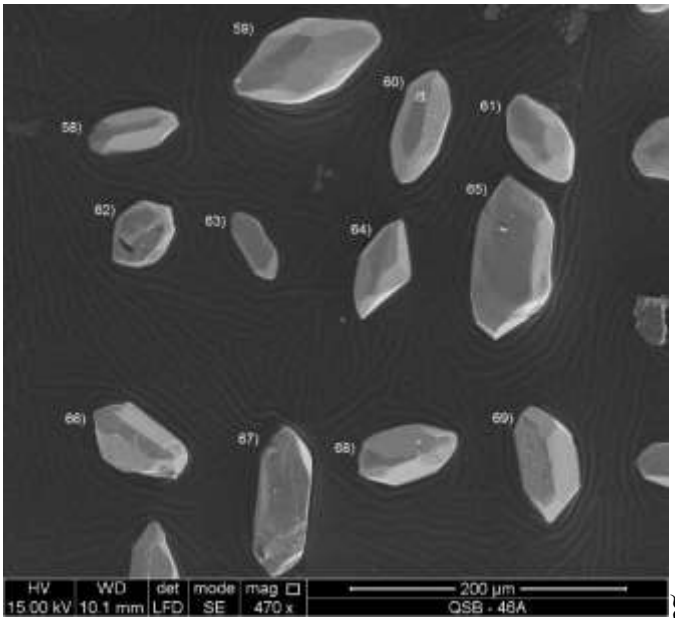
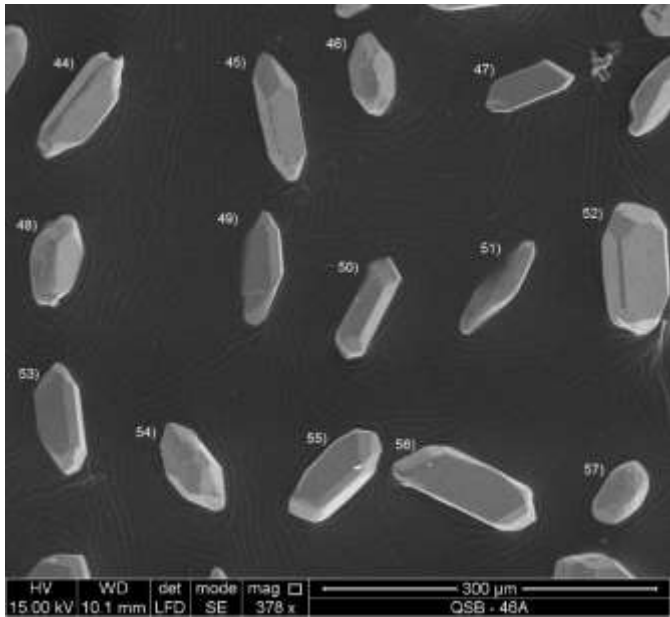
Conteo de los circones

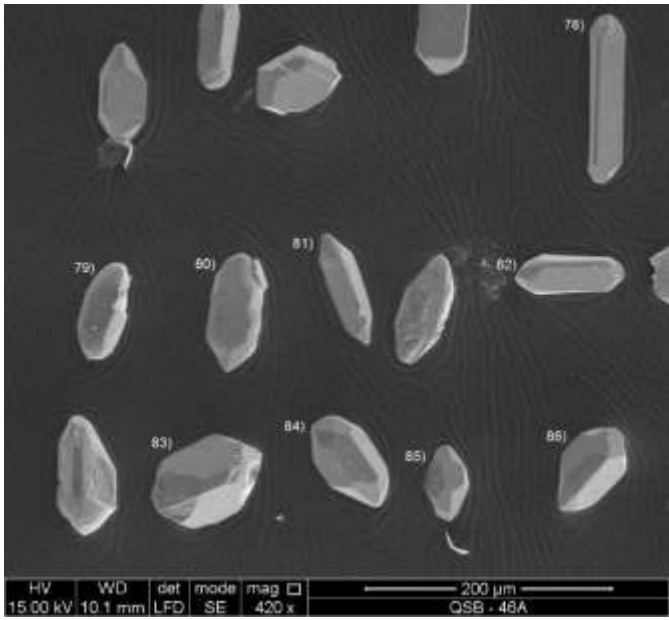
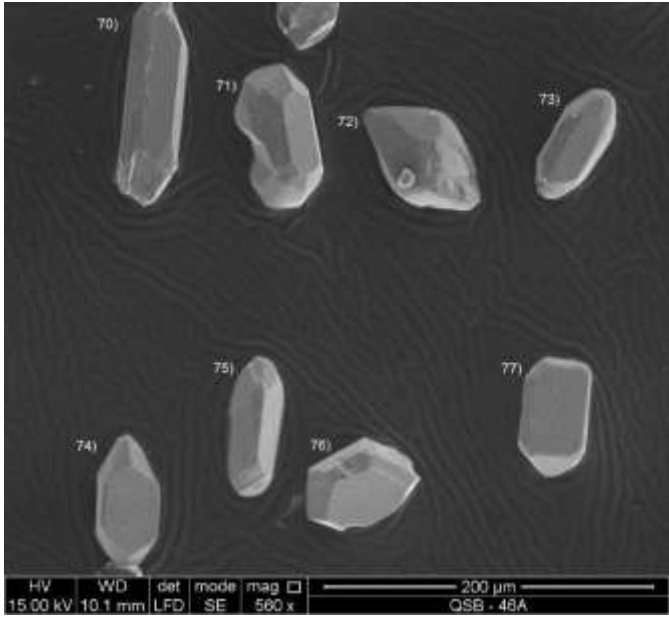
D	3
G1	11
G3	2
J2	2
J3	2
L1	1
L2	1
L3	1
L5	3
P1	2
P2	1
P3	6
S11	3
S12	5
S13	7
S15	1
S16	3
S17	7
S18	1
S2	2
S21	1
S22	2
S23	1
S3	2
S5	3
S7	5
S8	2
S3	1
S4	6
S5	1
S6	2
S7	6
S8	3
G3	1
S12	1
L3	1
H5	1
P5	1
H3	1
G3	1

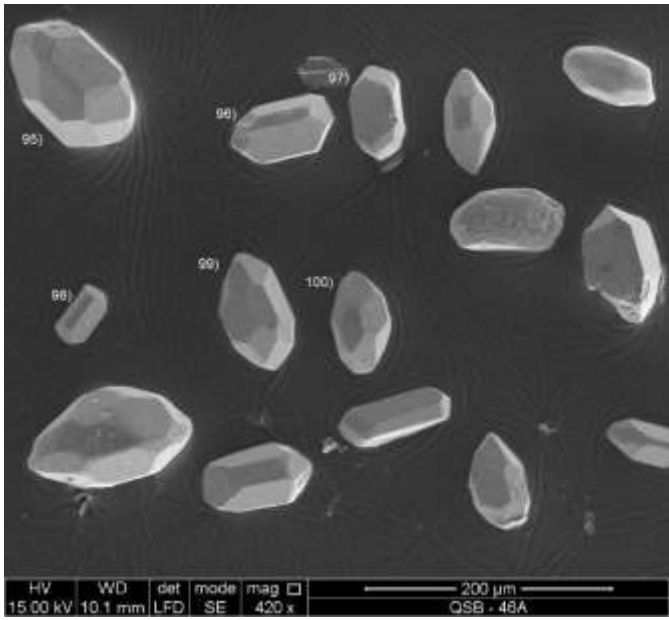
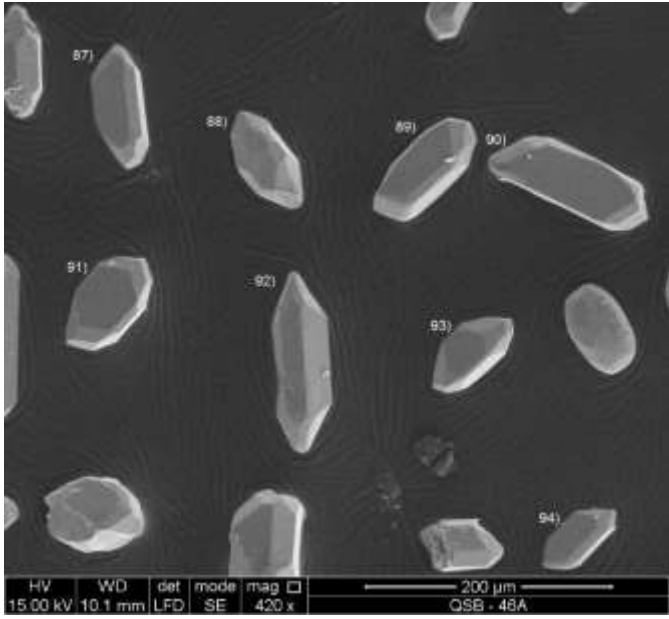
Muestra QSB-46A.













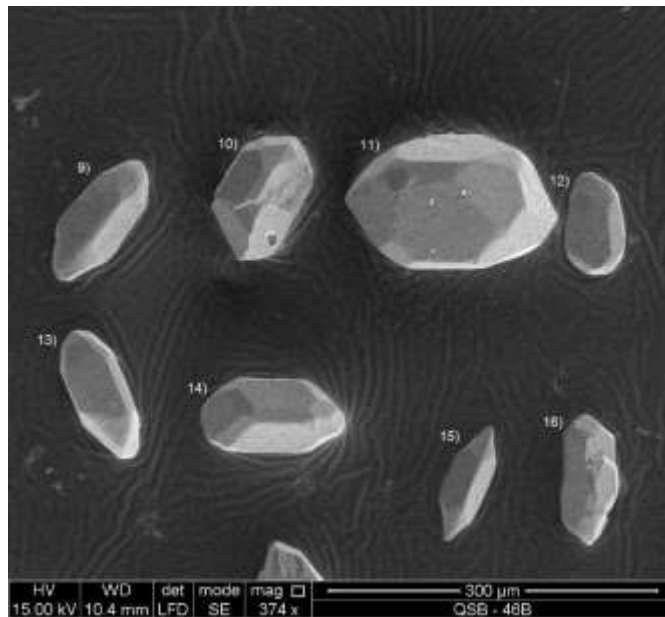
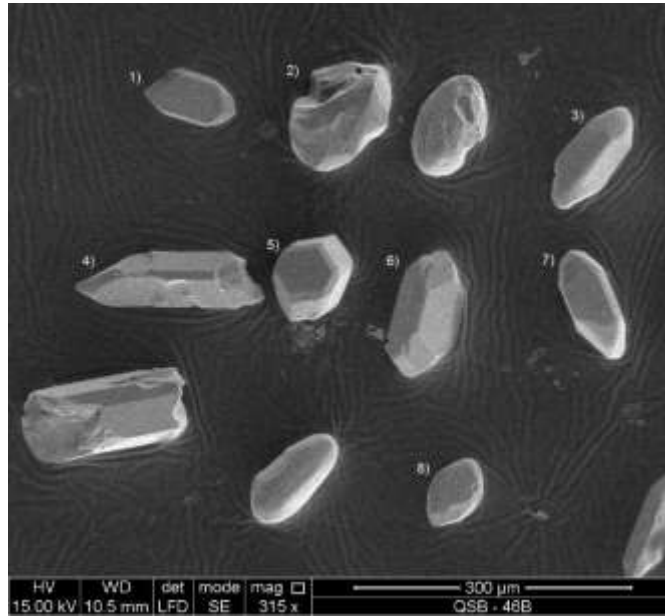
Clasificación de los cirrones

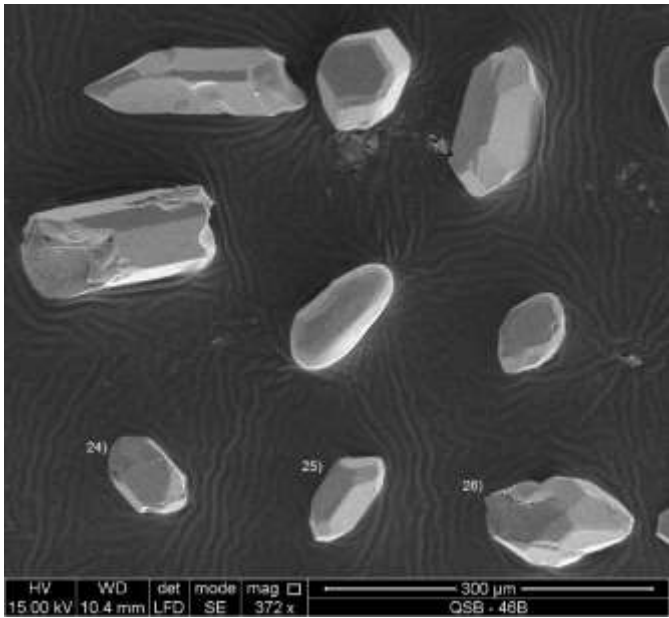
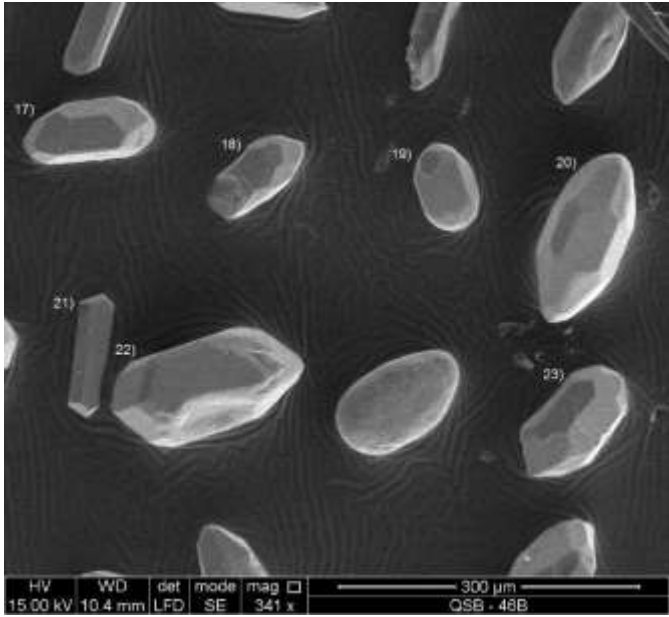
Conteo de los cirrones

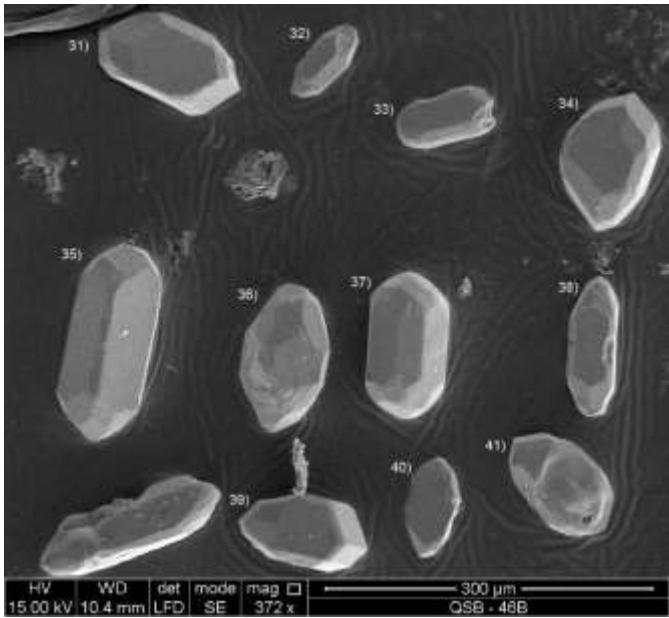
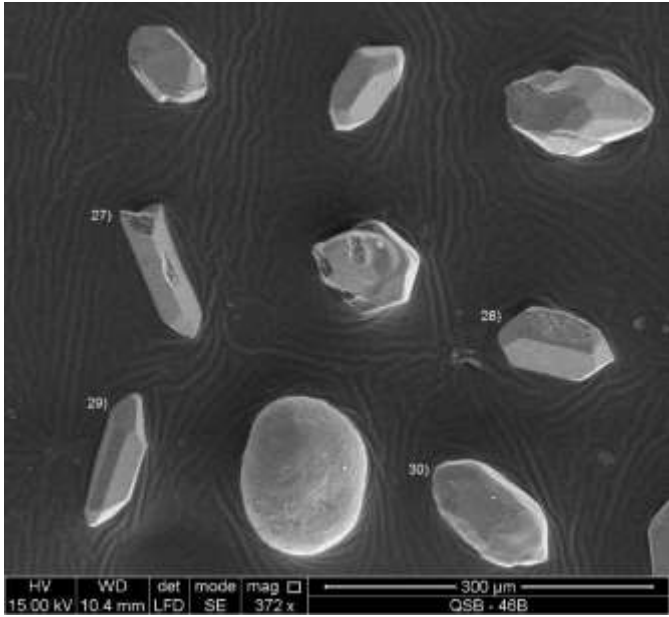
1. S21	21. G1	41. S4	61. S7	81. Q5
2. S11	22. S24	42. S5	62. AB	82. P2
3. S14	23. S8	43. S17	63. P1	83. S22
4. S7	24. P3	44. P5	64. S21	84. S13
5. S23	25. S23	45. S21	65. S12	85. S12
6. S12	26. S22	46. S7	66. P2	86. S8
7. P4	27. S5	47. L4	67. J4	87. S3
8. S25	28. S7	48. G1	68. S24	88. S7
9. Q5	29. S8	49. P4	69. S4	89. S2
10. P1	30. S17	50. P3	70. P2	90. J3
11. S7	31. S16	51. Q3	71. S14	91. S2
12. P4	32. S17	52. S24	72. S16	92. P4
13. S16	33. L3	53. S19	73. S17	93. S2
14. S24	34. S18	54. S2	74. S21	94. S9
15. S17	35. S7	55. S3	75. J1	95. S12
16. S11	36. S12	56. S23	76. S3	96. S18
17. S4	37. S22	57. S17	77. J5	97. L3
18. P1	38. P2	58. P2	78. P1	98. P2
19. P2	39. S18	59. S11	79. S1	99. S17
20. P3	40. S7	60. S12	80. S6	100. S12

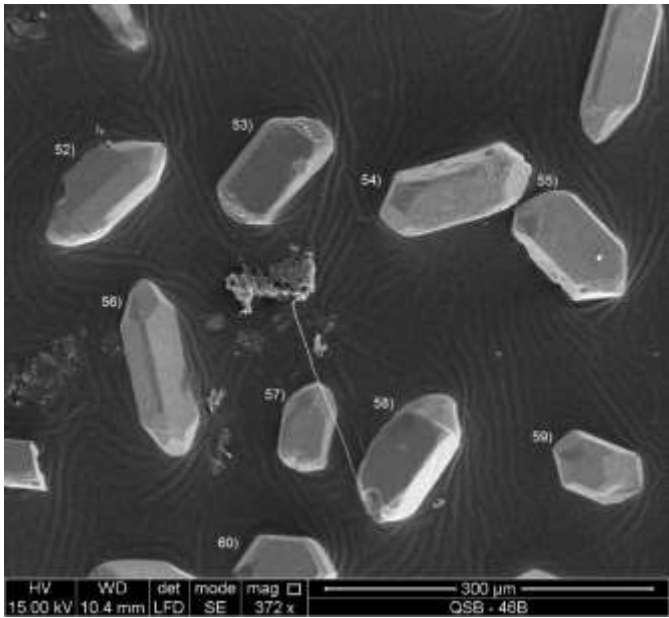
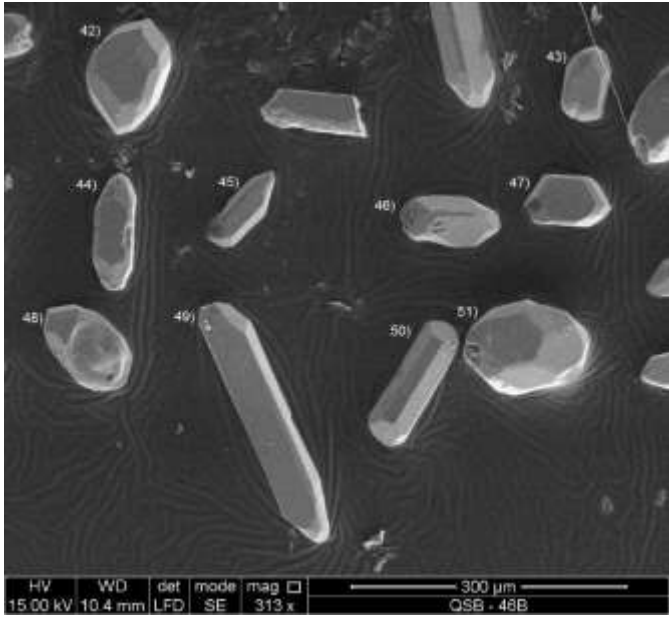
TIPO	CONTEO
AB	1
G1	2
J3	1
J4	1
J5	1
L3	2
L4	1
P1	4
P2	7
P3	3
P4	4
P5	1
Q3	1
Q5	2
S1	1
S11	3
S12	7
S13	1
S14	2
S16	3
S17	7
S18	3
S19	1
S2	4
S21	4
S22	3
S23	3
S24	4
S25	1
S3	3
S4	3
S5	2
S6	1
S7	9
S8	3
S9	1
S3	1
G3	1

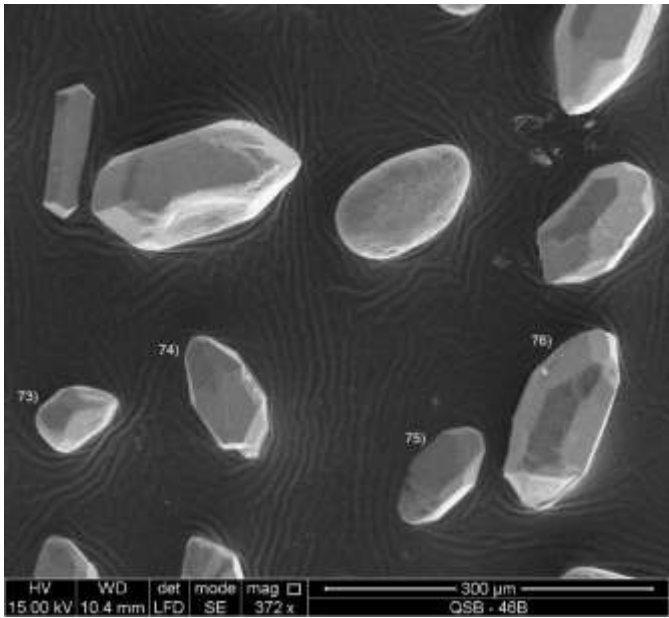
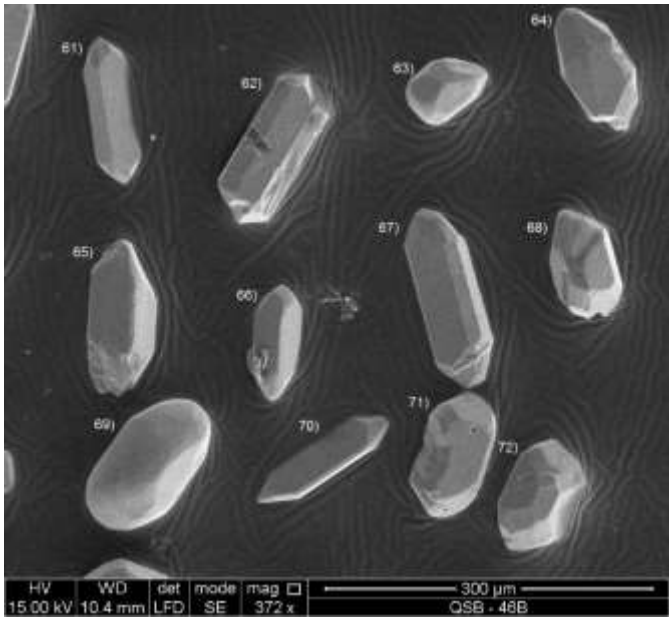
Muestra QSB-46B.

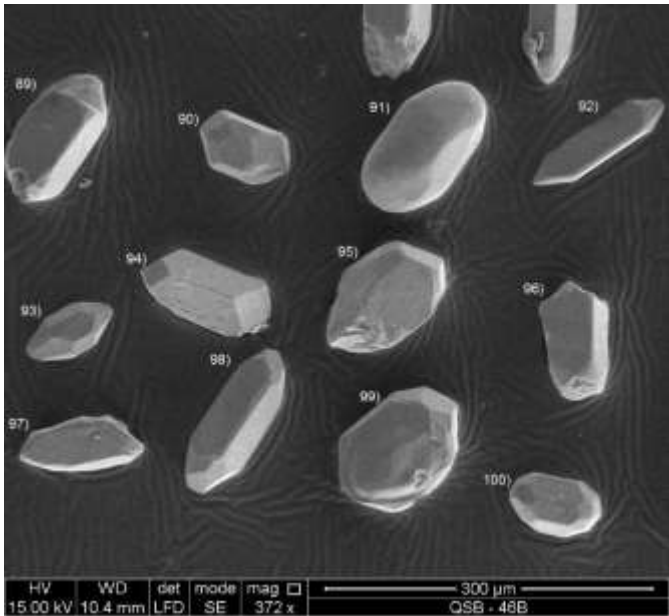
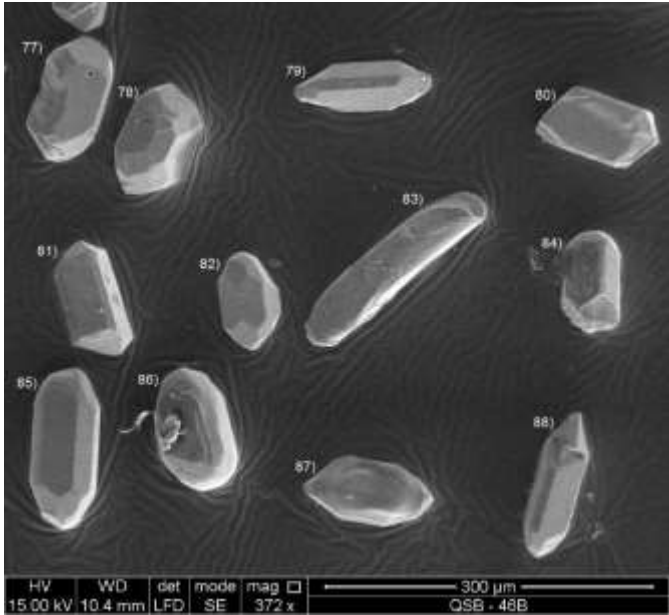












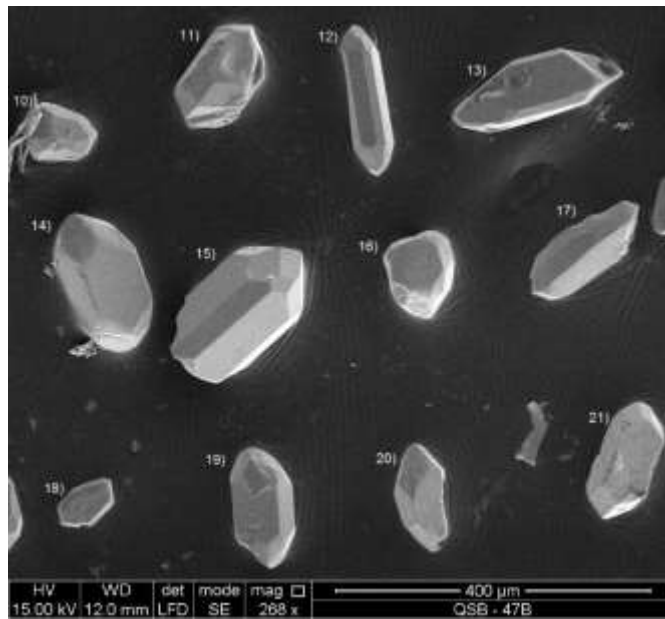
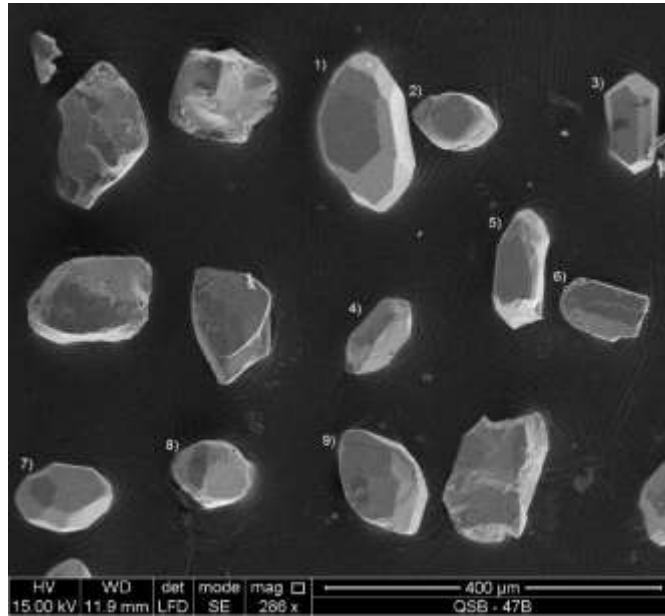
Clasificación de los circones

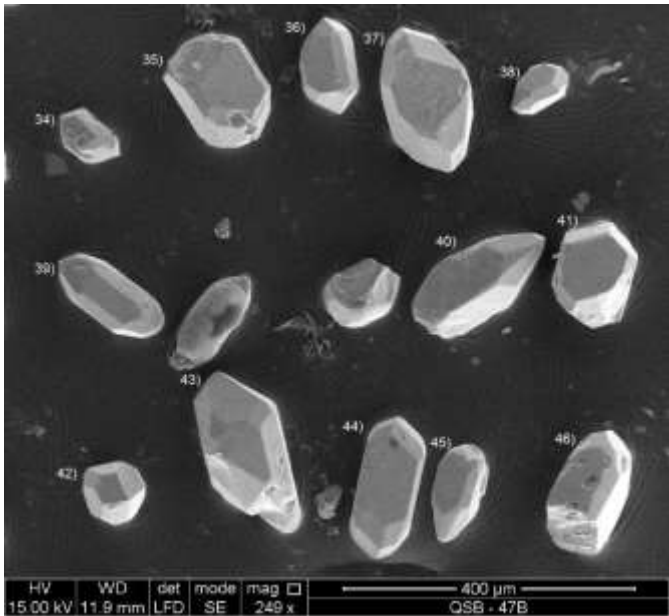
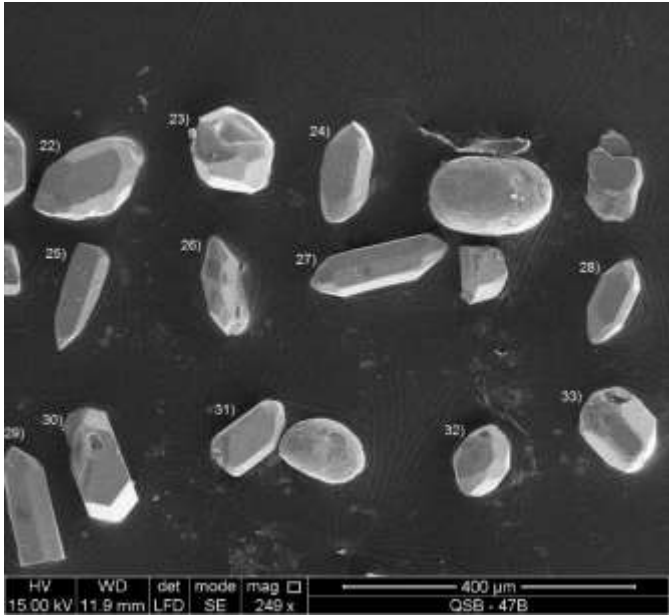
Conteo de los circones

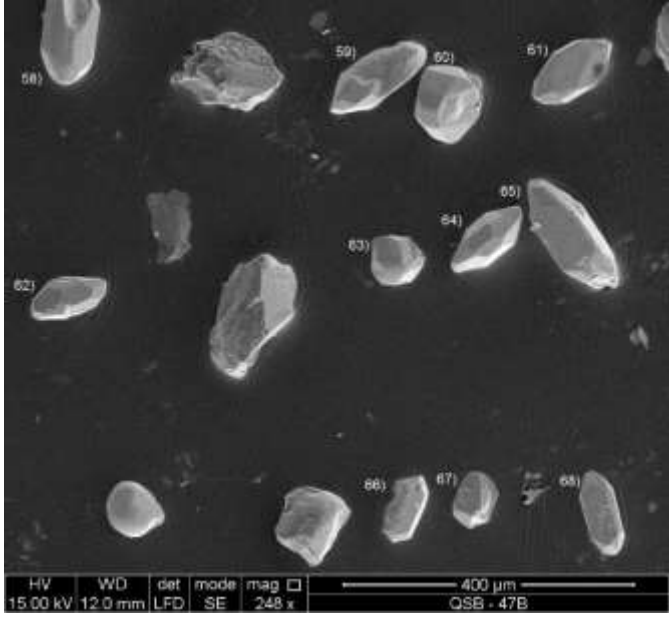
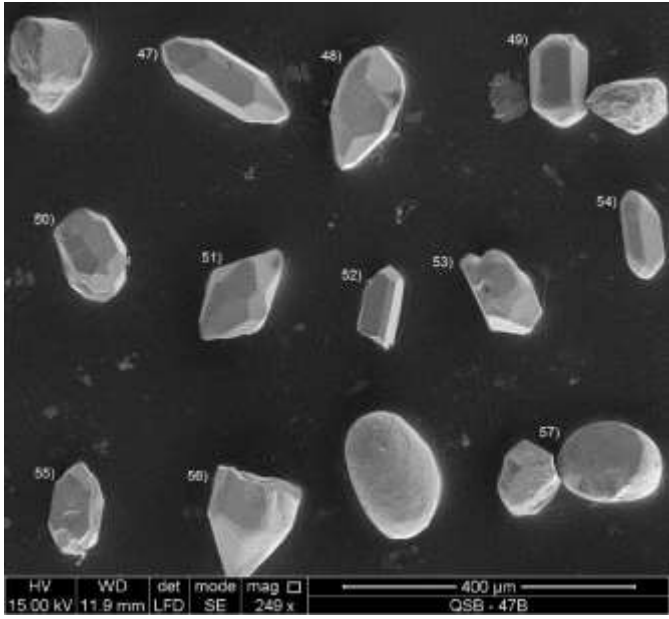
1. P1	21. P3	41. S12	61. J1	81. P5
2. S7	22. S3	42. S7	62. P3	82. S12
3. L2	23. S12	43. P3	63. S7	83. Q5
4. P1	24. J4	44. S1	64. L1	84. S5
5. S3	25. S22	45. Q2	65. J1	85. S7
6. S2	26. Q3	46. S3	66. L2	86. S19
7. S16	27. G1	47. S4	67. S6	87. S21
8. S18	28. G1	48. S12	68. S17	88. Q4
9. L2	29. S21	49. S21	69. S12	89. J5
10. S23	30. S17	50. S14	70. P1	90. S8
11. S19	31. S8	51. S12	71. S24	91. S12
12. J4	32. S11	52. S11	72. S7	92. S1
13. S17	33. S8	53. D	73. S7	93. S17
14. S3	34. S3	54. S24	74. J1	94. I
15. H	35. S1	55. J4	75. S2	95. L4
16. G1	36. S7	56. S6	76. S13	96. J3
17. S12	37. S13	57. P3	77. S24	97. J1
18. S7	38. S3	58. D	78. S17	98. S21
19. S12	39. S8	59. S8	79. S10	99. S14
20. S11	40. J4	60. S4	80. S19	100. S12

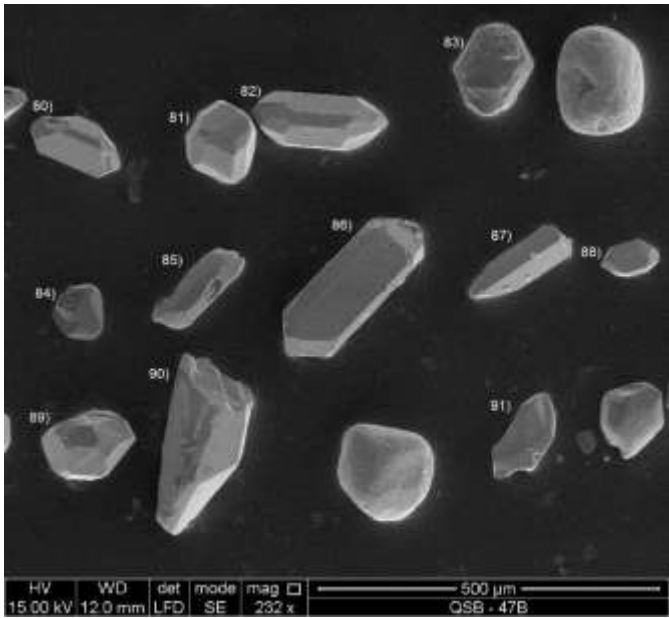
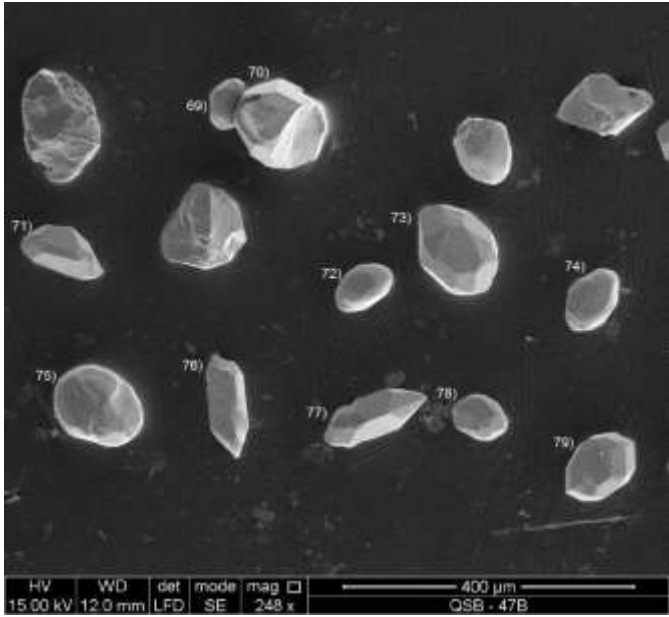
TIPO	CONTEO
D	2
G1	3
H	1
I	1
J1	4
J3	1
J4	4
J5	1
L1	1
L2	3
L4	1
P1	3
P3	4
P5	1
Q2	1
Q3	1
Q4	1
Q5	1
S1	3
S10	1
S11	3
S12	10
S13	2
S14	2
S16	1
S17	5
S18	1
S19	3
S2	2
S21	4
S22	1
S23	1
S24	3
S3	6
S4	2
S5	1
S6	2
S7	8
S8	5

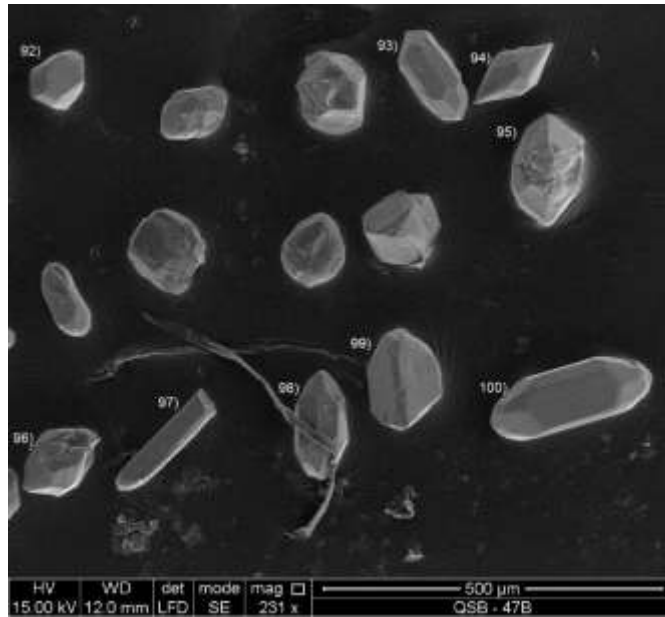
Muestra QSB-47B.











Clasificación de los circones

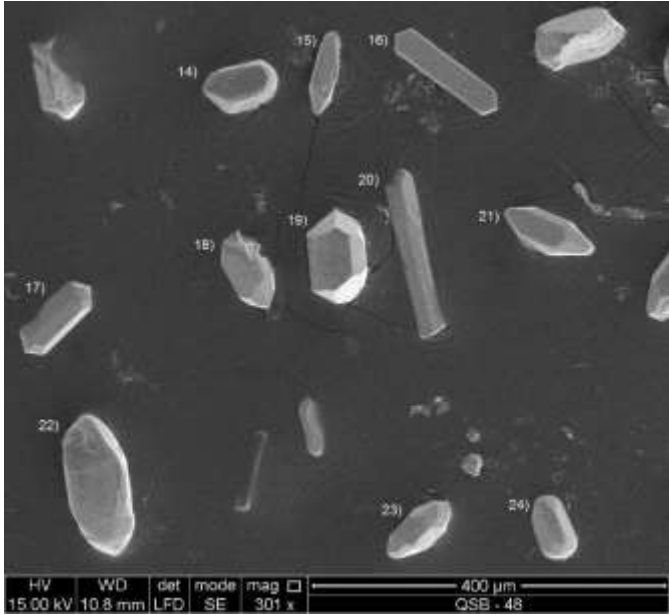
1. S7	21. S4	41. L4	61. S2	81. S17
2. S4	22. S17	42. S12	62. S11	82. S17
3. P2	23. S12	43. S14	63. S17	83. AB2
4. G1	24. S24	44. S3	64. S11	84. S22
5. S22	25. G1	45. S16	65. S2	85. P3
6. G1	26. L1	46. S7	66. P1	86. J3
7. S12	27. S11	47. S6	67. S23	87. J5
8. S3	28. P13	48. S2	68. S24	88. J3
9. S7	29. P3	49. P3	69. L2	89. S7
10. S17	30. G1	50. S12	70. L5	90. J1
11. S2	31. S22	51. S16	71. S1	91. S6
12. S11	32. S17	52. P2	72. S7	92. S3
13. P2	33. S15	53. S3	73. S19	93. S13
14. L2	34. G1	54. S9	74. S22	94. Q3

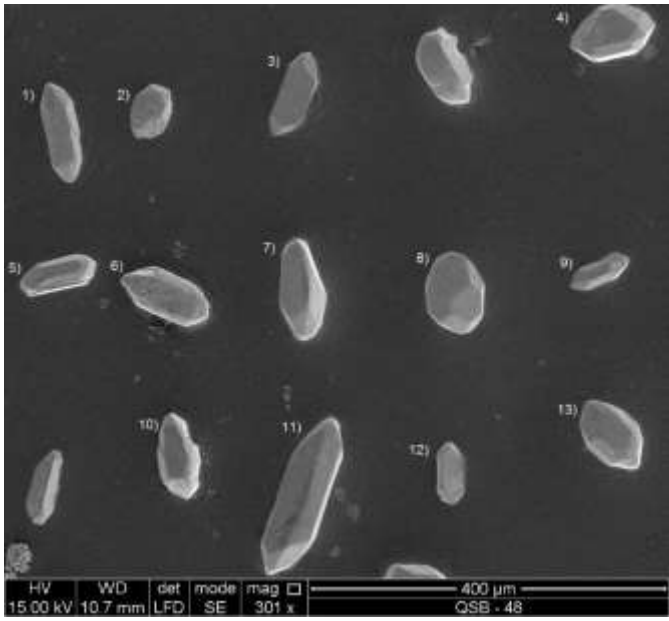
Conteo de los circones

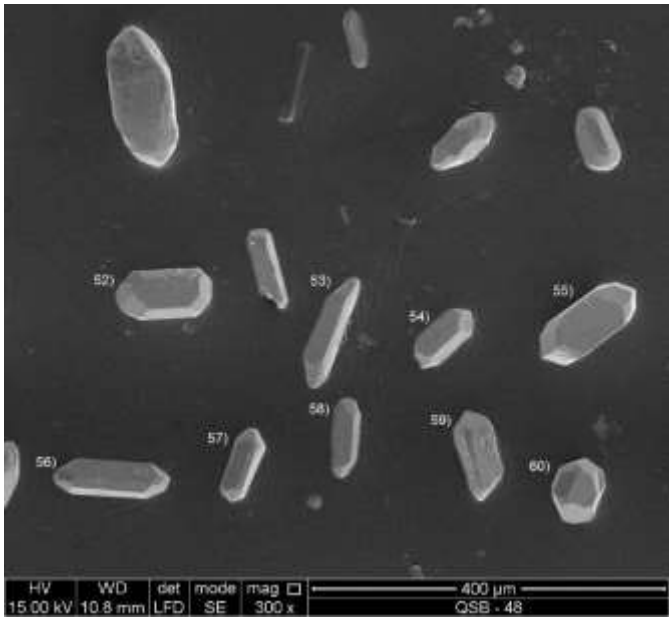
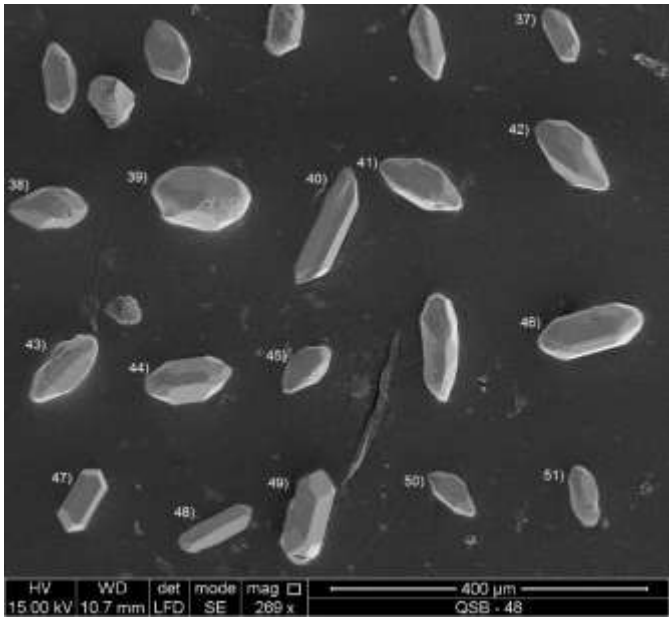
TIPO	CONTEO
AB2	1
AB3	1
G1	5
J1	1
J3	2
J5	2
L1	3
L2	4
L4	2
L5	1
P1	6
P2	3
P3	1
P3	1
Q3	1
S1	1
S11	5
S12	8
S13	2
S14	1
S15	1
S16	3
S17	8
S19	2
S2	6
S20	1
S21	1
S22	1
S22	1
S23	1
S24	3
S3	5
S4	2
S6	2
S7	8
S8	1
S9	1
S7	8
S8	5

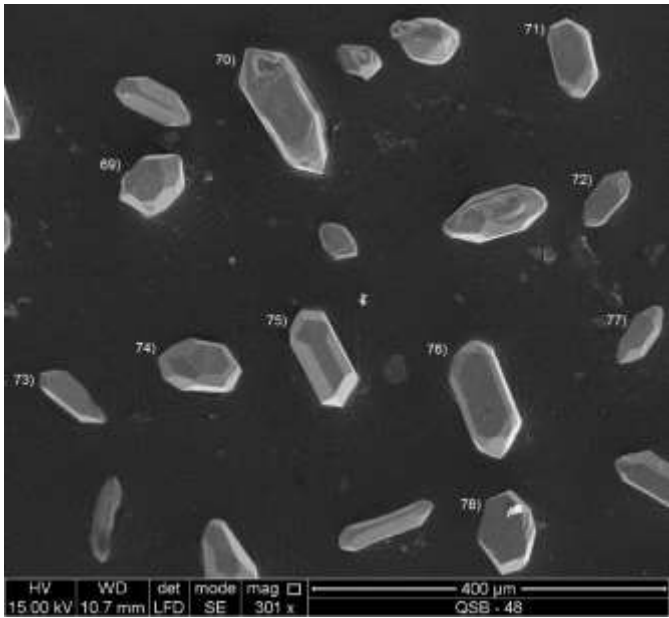
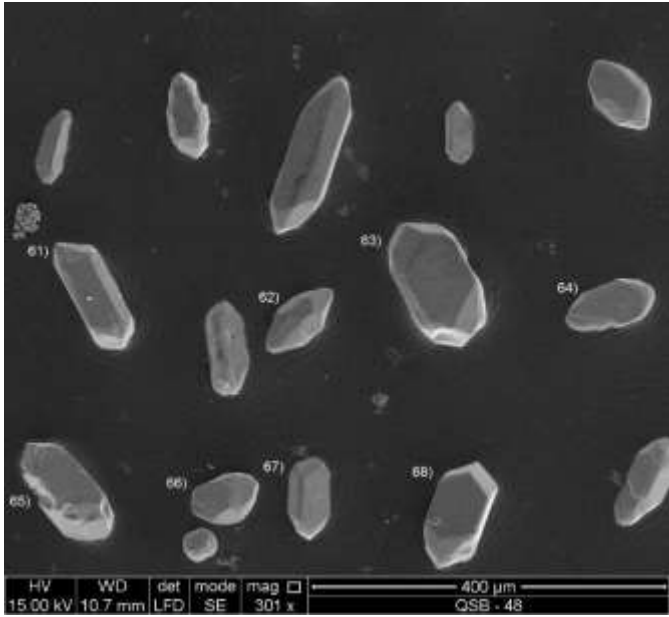
15. S8	35. P1	55. S13	75. S12	95. S16
16. S24	36. S19	56. S20	76. P1	96. S12
17. J5	37. L2	57. S7	77. L1	97. P1
18. S3	38. S2	58. J2	78. S2	98. S12
19. S12	39. S11	59. L1	79. S7	99. P1
20. L4	40. S21	60. AB3	80. P2	100. S7

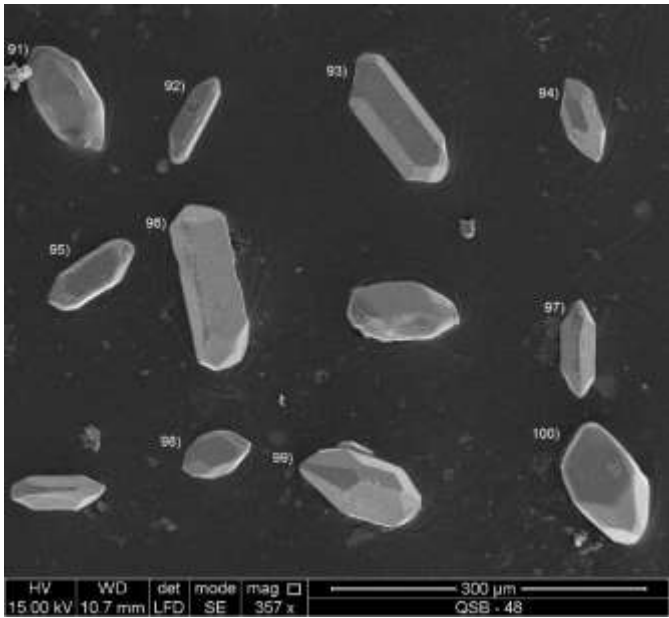
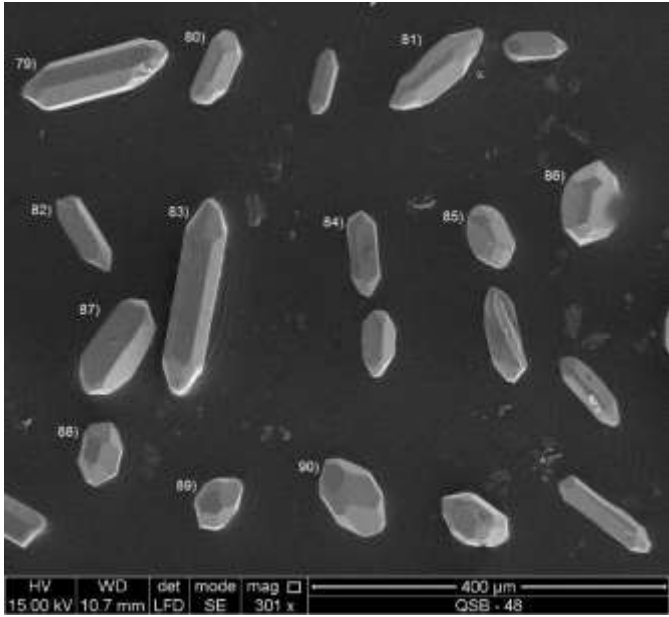
Muestra QSB-48.











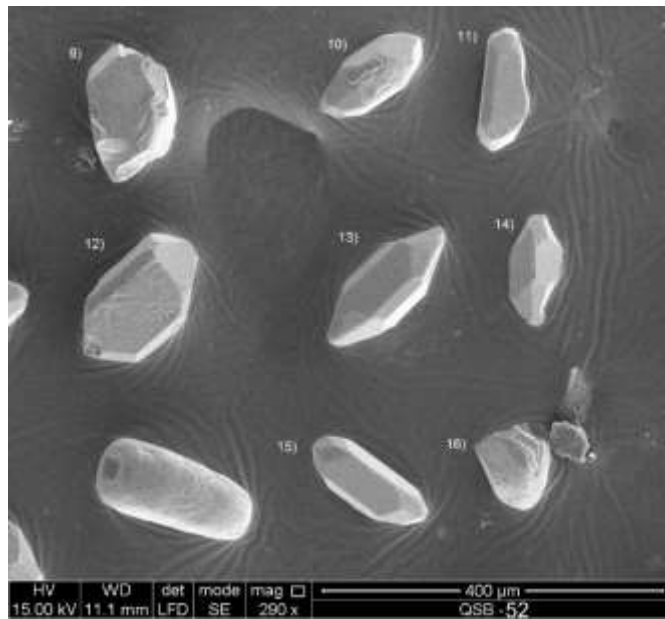
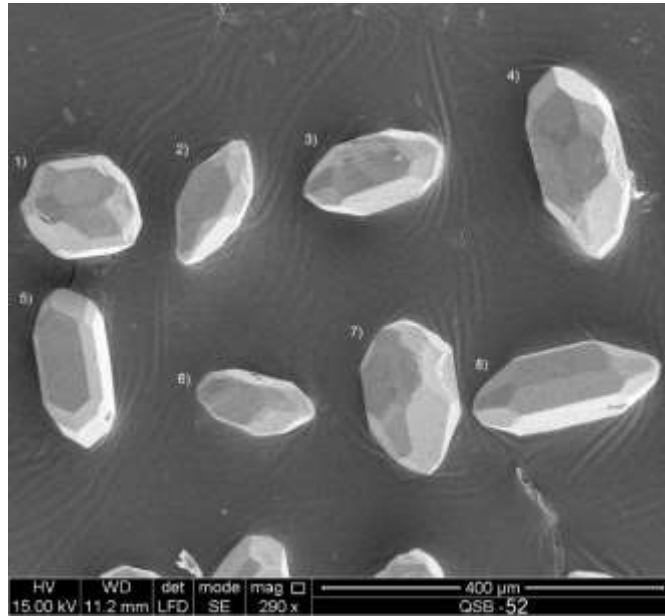
Clasificación de los circones

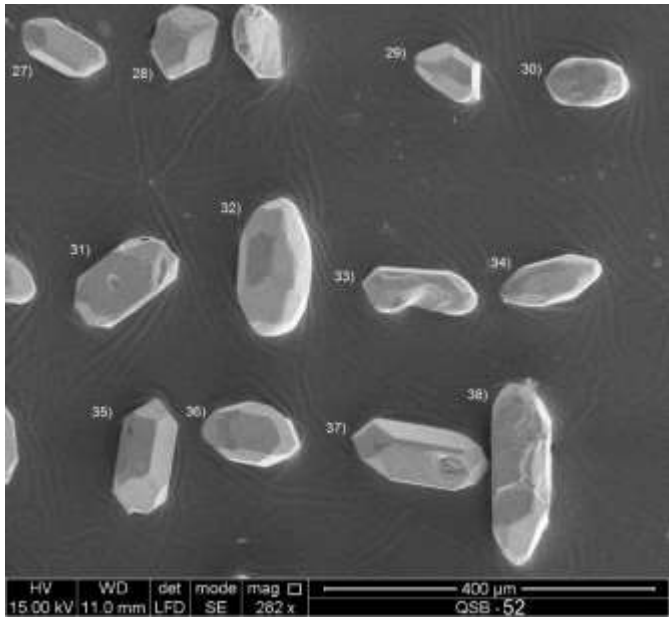
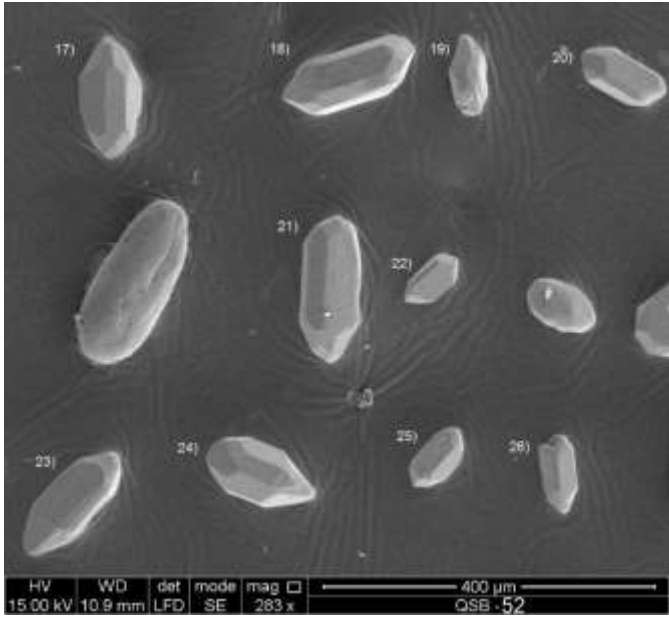
Conteo de los circones

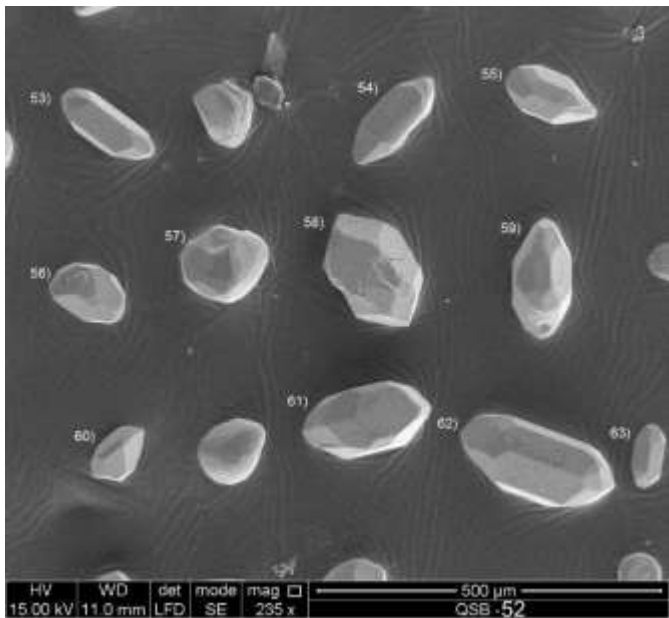
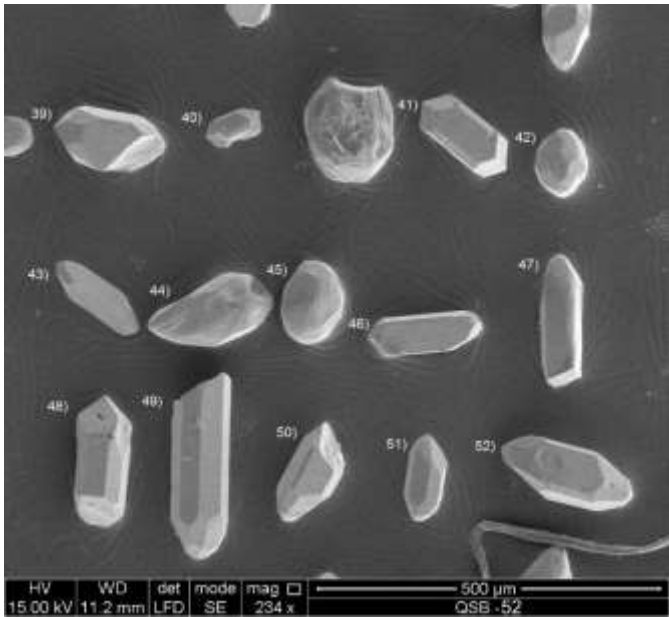
1. S11	21. S7	41. L1	61. S18	81. S2
2. J4	22. S24	42. S11	62. S11	82. J1
3. G1	23. L3	43. S1	63. S3	83. S11
4. S19	24. S13	44. S7	64. S23	84. S8
5. S13	25. S3	45. L4	65. G1	85. S4
6. P3	26. J3	46. S22	66. S12	86. S19
7. S21	27. L4	47. P2	67. S3	87. J5
8. S7	28. P3	48. G1	68. S4	88. S7
9. S13	29. S12	49. S19	69. S13	89. S12
10. S25	30. S21	50. S1	70. S22	90. S17
11. S11	31. S2	51. S4	71. S23	91. S16
12. S5	32. S17	52. S18	72. G1	92. P1
13. S7	33. S3	53. J1	73. G1	93. S14
14. S5	34. P3	54. G1	74. S7	94. S11
15. J1	35. S21	55. L3	75. P3	95. S5
16. G1-P1	36. S7	56. S3	76. S24	96. D
17. P3	37. S7	57. S23	77. S11	97. S21
18. S17	38. S17	58. S13	78. L5	98. S7
19. S15	39. S12	59. D	79. S14	99. S6
20. P3	40. P1	60. S19	80. L4	100. S2

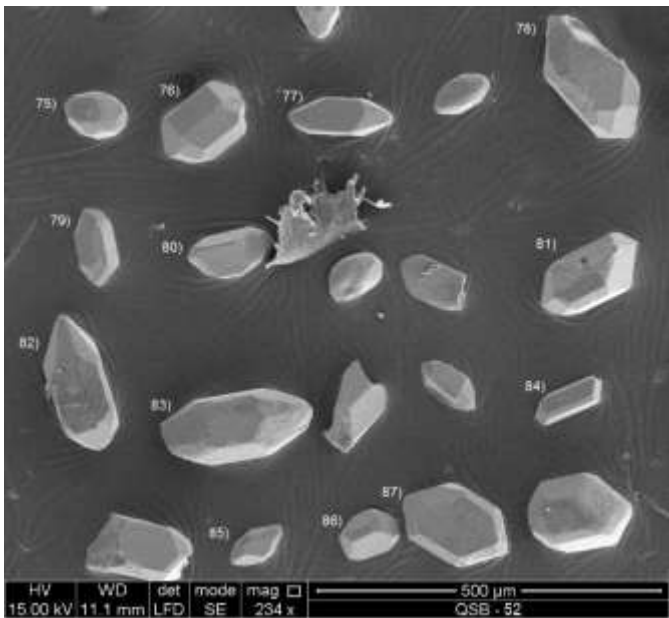
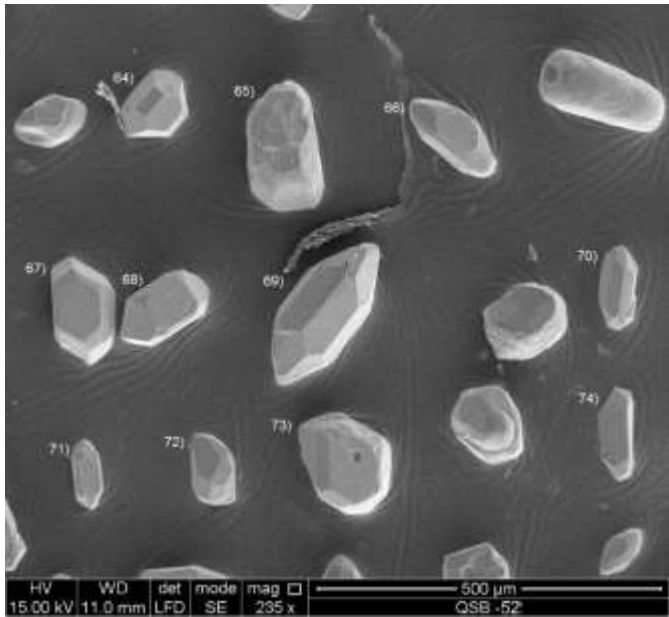
TIPO	CONTEO
D	2
G1	7
J1	3
J3	1
J4	1
J5	1
L1	1
L3	2
L4	3
L5	1
P1	2
P2	1
P3	6
S1	2
S11	7
S12	4
S13	5
S14	2
S15	1
S16	1
S17	4
S18	2
S19	4
S2	3
S21	4
S22	2
S23	3
S24	2
S25	1
S3	5
S4	3
S5	3
S6	1
S7	9
S8	1

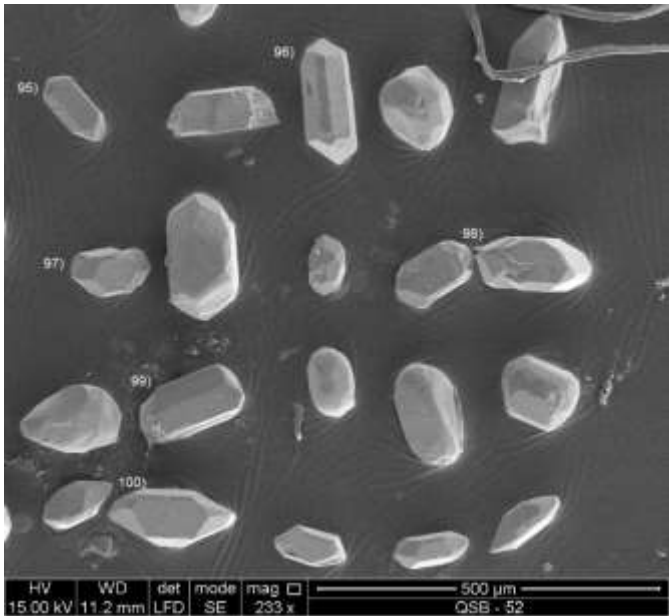
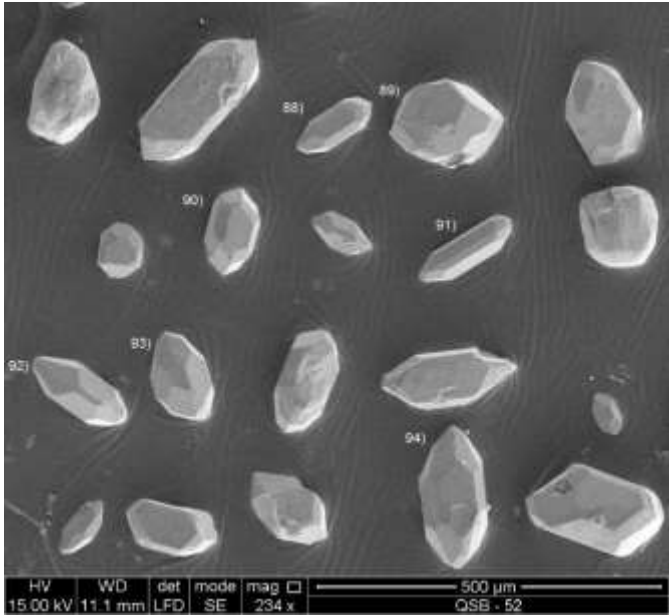
Muestra QSB-52.













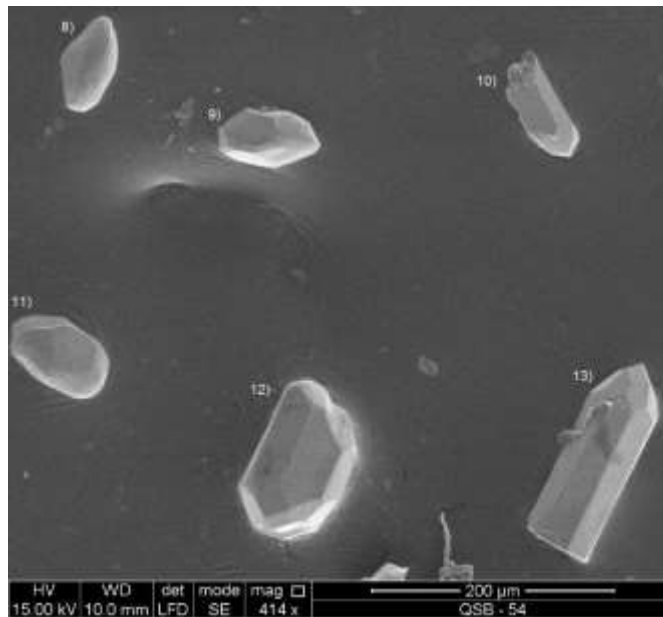
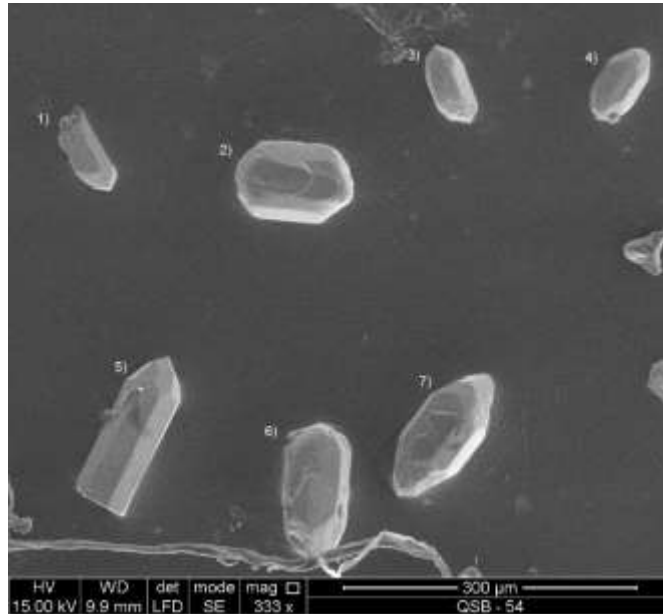
Clasificación de los cirrones

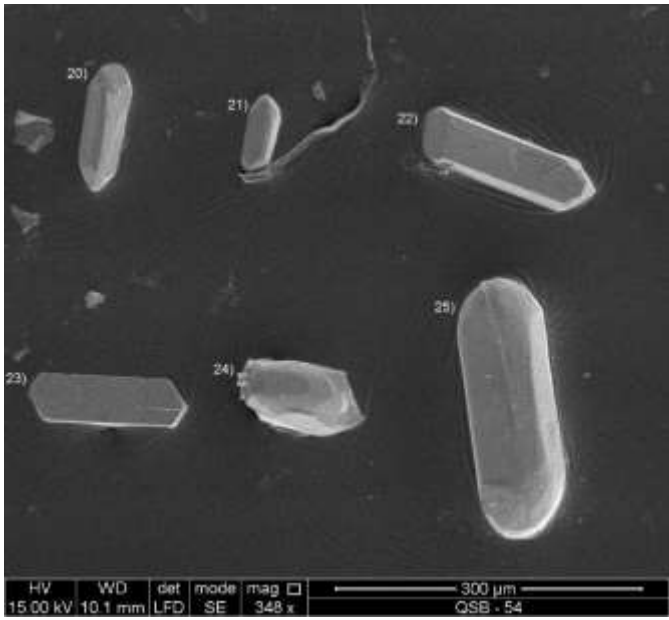
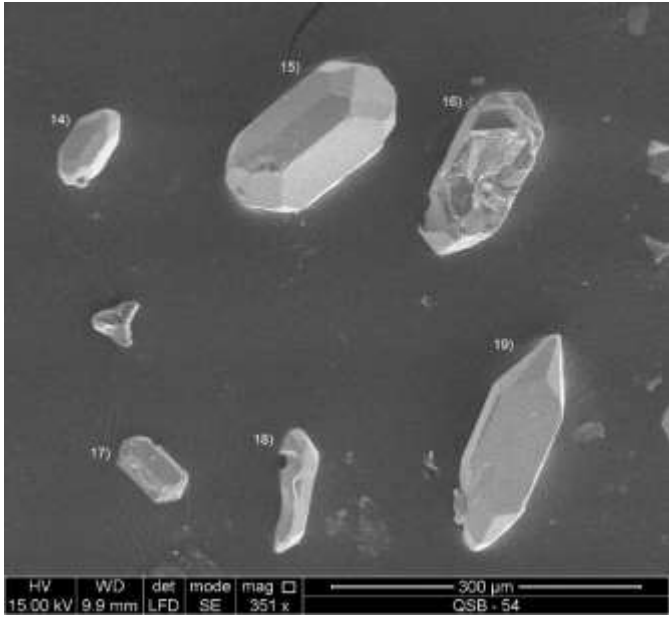
Conteo de los cirrones

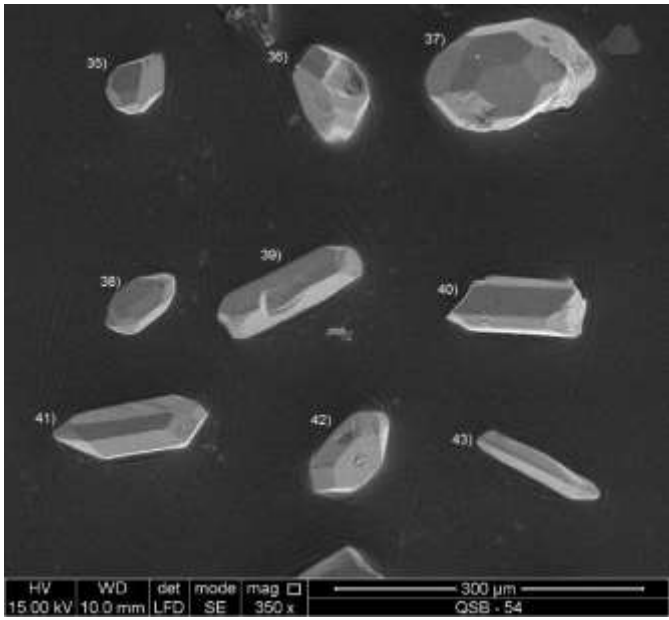
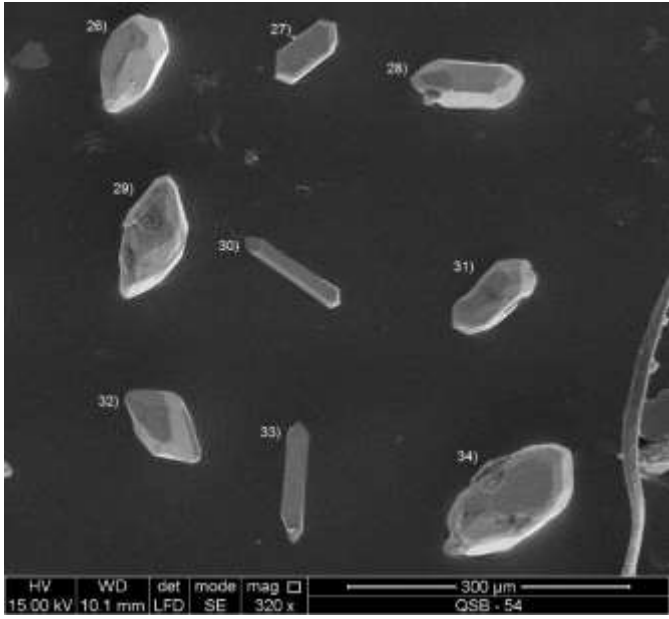
1. S7	21. S17	41. P2	61. S22	81. S8
2. S17	22. P1	42. S12	62. S13	82. Q5
3. S12	23. R5	43. G1	63. J3	83. J1
4. S12	24. S12	44. S11	64. S10	84. P2
5. S8	25. P2	45. S12	65. S13	85. S6
6. S7	26. R2	46. S4	66. S21	86. S5
7. S12	27. S7	47. P5	67. S8	87. S19
8. S11	28. J2	48. P3	68. S25	88. S12
9. L5	29. S13	49. S13	69. S11	89. S17
10. S7	30. S12	50. S22	70. S13	90. S8
11. P2	31. L4	51. S13	71. S21	91. S16
12. S25	32. S12	52. S6	72. S18	92. Q5
13. S26	33. P4	53. J1	73. L3	93. S17
14. J2	34. S6	54. Q5	74. P1	94. S16
15. L2	35. P3	55. S18	75. S17	95. S4
16. S17	36. S3	56. S7	76. S14	96. P4
17. S6	37. S24	57. S12	77. Q5	97. S22
18. S14	38. S16	58. J3	78. S19	98. Q2
19. S11	39. J4	59. J2	79. S13	99. P3
20. S8	40. P5	60. S3	80. S4	100. J1

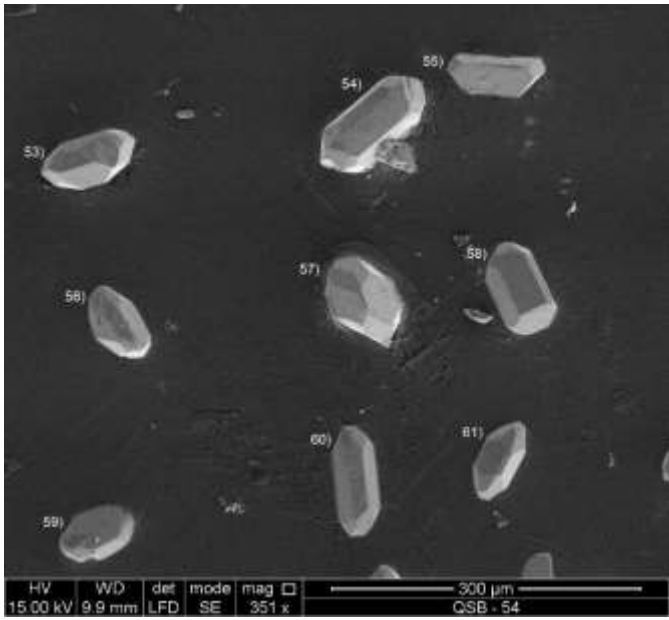
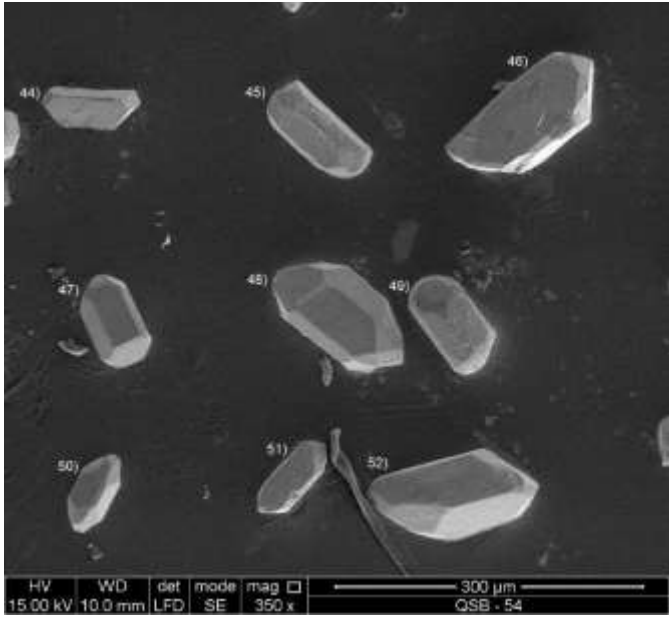
TIPO	CONTEO
G1	1
J1	3
J2	3
J3	2
J4	1
L2	1
L3	1
L4	1
L5	1
P1	2
P2	4
P3	3
P4	2
P5	2
Q2	1
Q5	4
R2	1
R5	1
S10	1
S11	4
S12	9
S12	1
S13	7
S14	2
S16	3
S17	6
S18	2
S19	2
S21	2
S22	3
S24	1
S25	2
S26	1
S3	2
S4	3
S5	1
S6	4
S7	5
S8	5

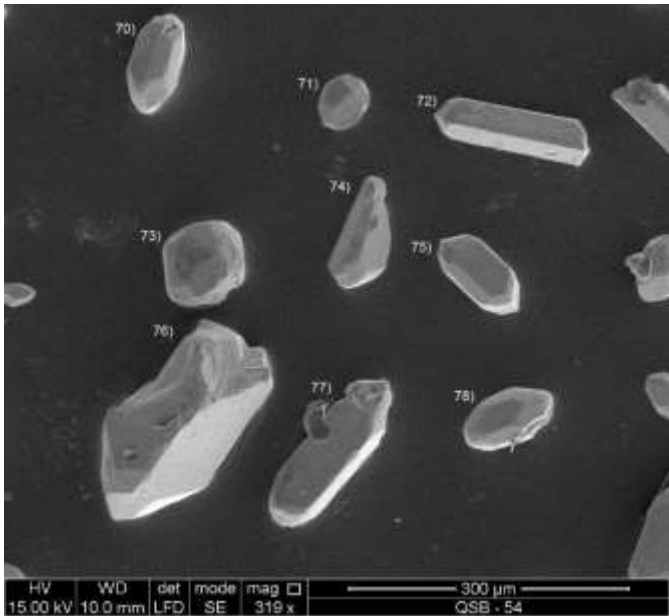
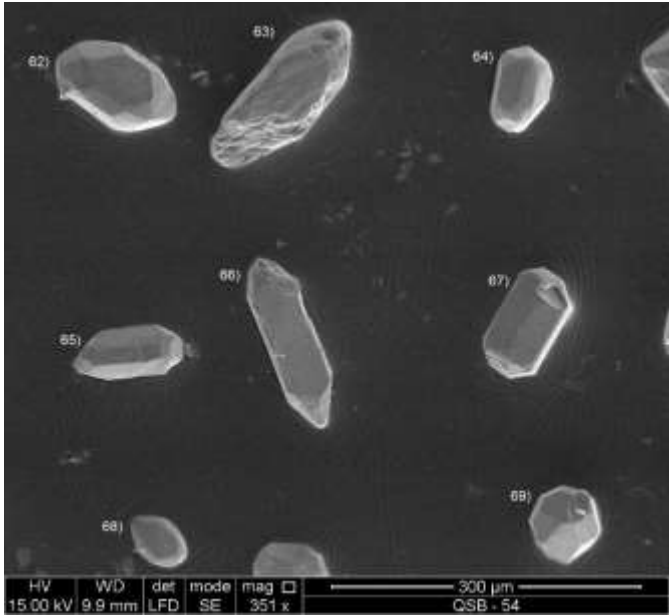
Muestra QSB-54.

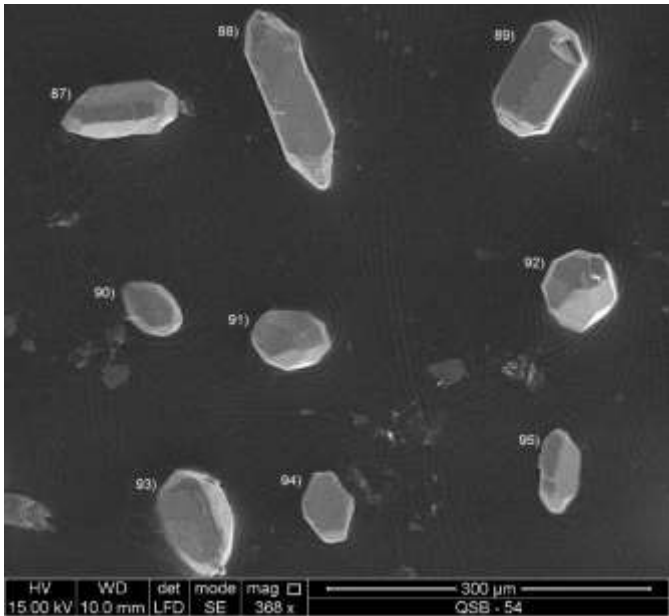
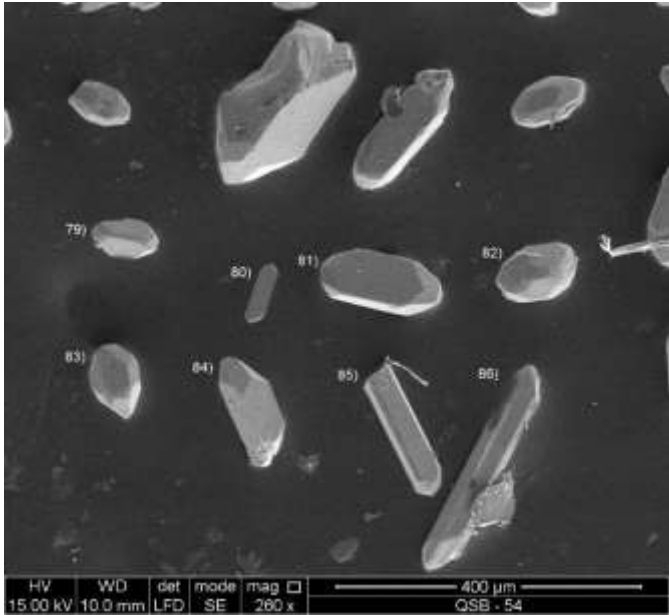












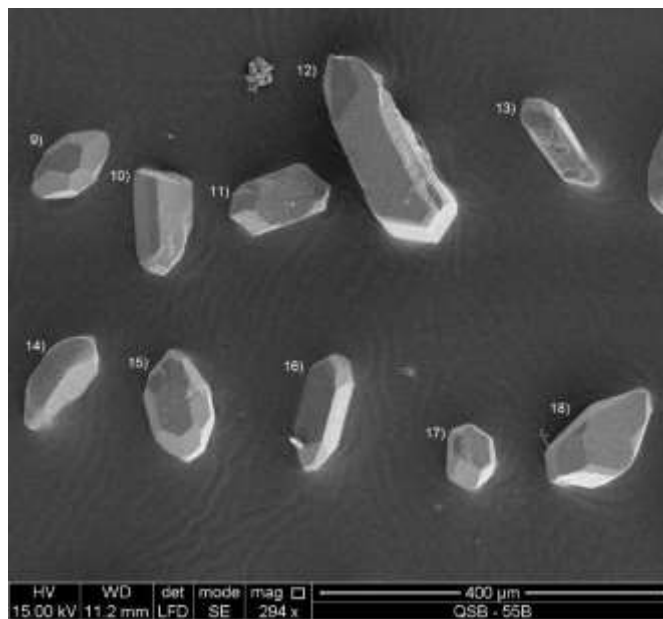
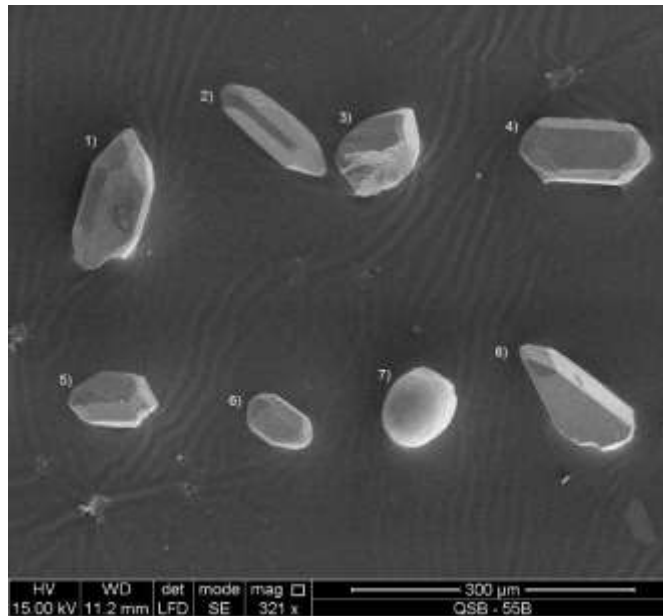
Clasificación de los circones

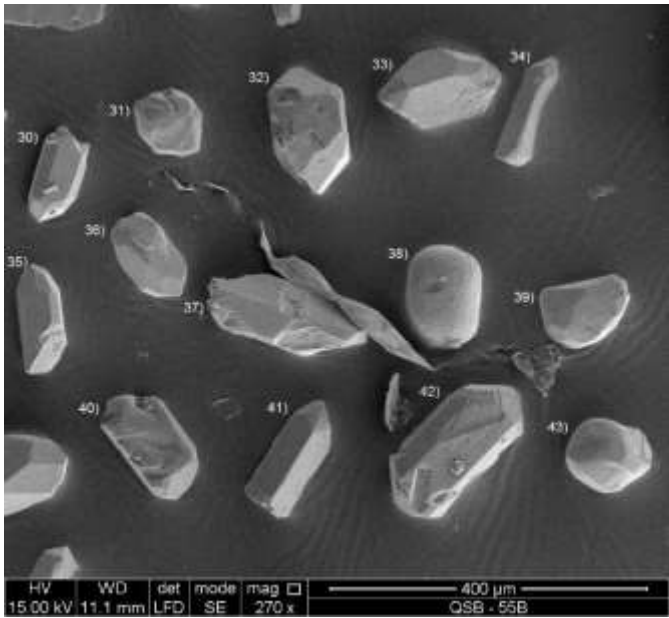
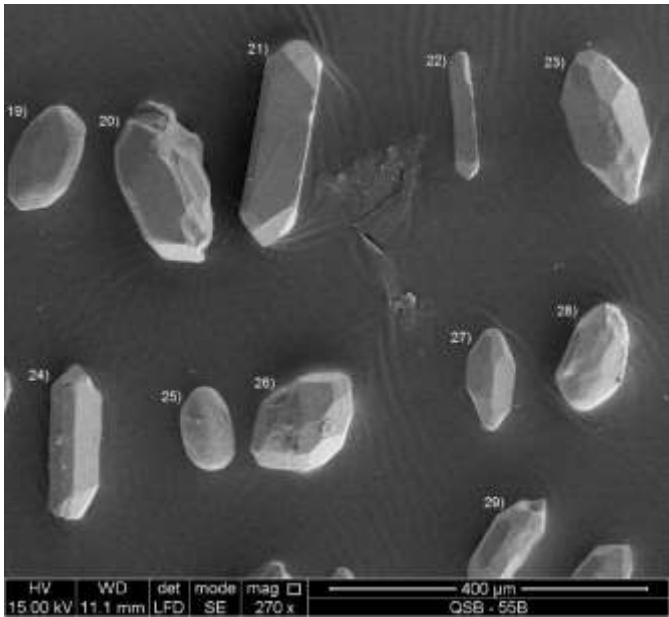
Conteo de los circones

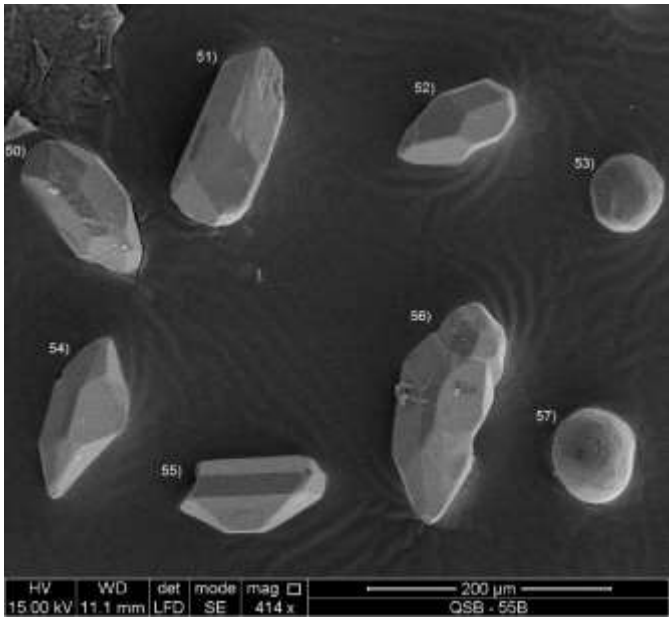
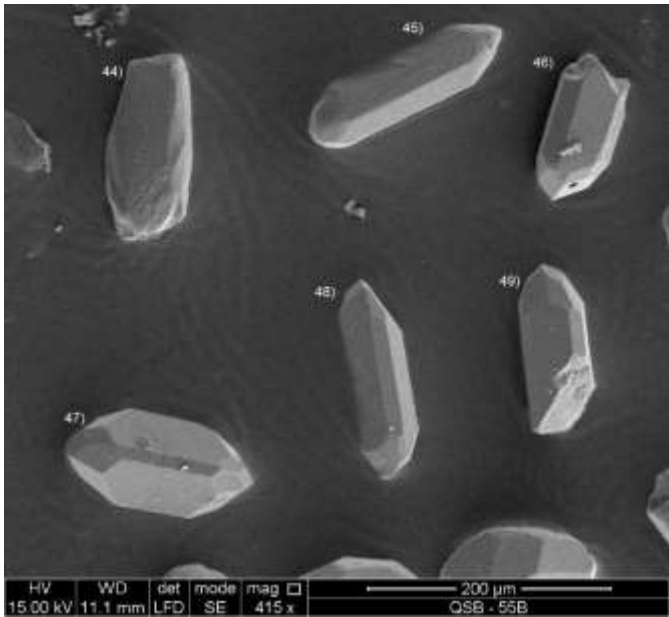
1. S8	21. S3	41. S11	61. S2	81. L2
2. P3	22. J4	42. L5	62. S19	82. S12
3. S5	23. G1	43. P3	63. S22	83. S17
4. S17	24. S18	44. G1	64. S18	84. J1
5. S13	25. L4	45. S13	65. S17	85. S18
6. S7	26. S17	46. S24	66. J1	86. P3
7. S8	27. S4	47. S14	67. G1	87. S13
8. S16	28. S7	48. S18	68. S23	88. S21
9. S22	29. S7	49. P1	69. S12	89. G1
10. S13	30. P3	50. S2	70. S12	90. S23
11. S2	31. S13	51. J3	71. S13	91. S12
12. S18	32. S2	52. J4	72. S14	92. S12
13. S12	33. G1	53. P3	73. S12	93. S4
14. S7	34. S3	54. S19	74. S2	94. L5
15. S13	35. S24	55. G1	75. S8	95. S17
16. L4	36. L4	56. S7	76. J2	
17. P2	37. S7	57. S3	77. L4	
18. P3	38. S13	58. S14	78. S17	
19. J2	39. S4	59. S5	79. S23	
20. L3	40. P2	60. S12	80. G1	

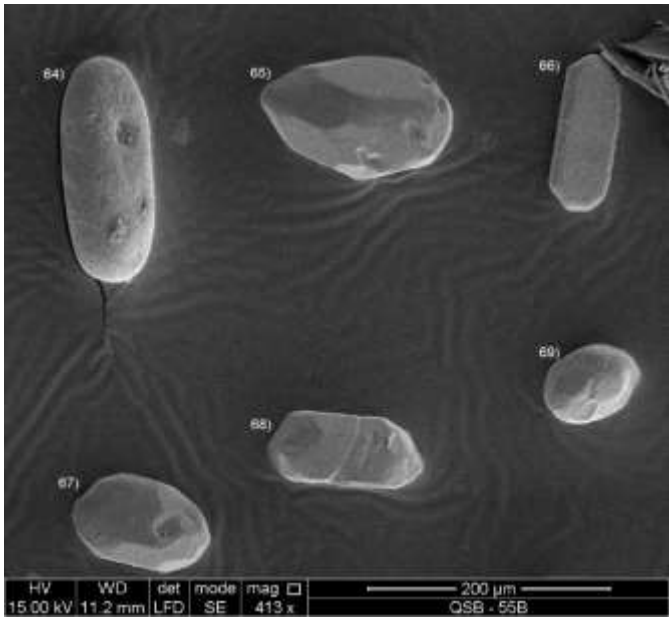
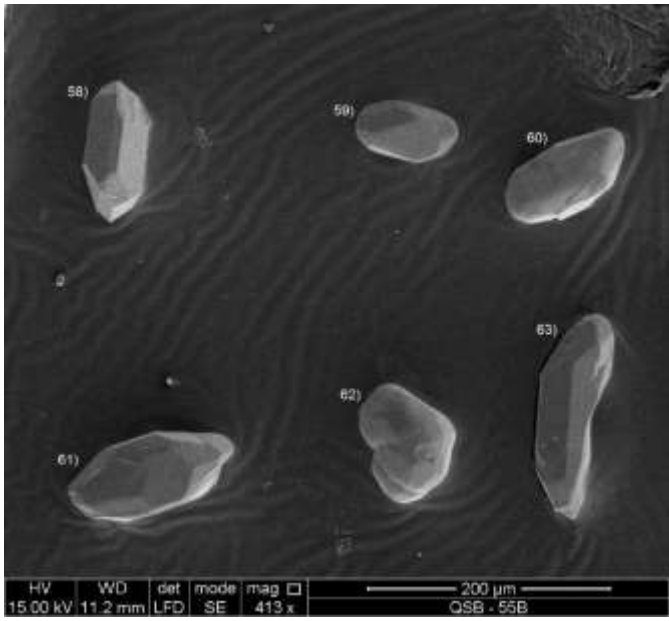
TIPO	CONTEO
G1	7
J1	2
J2	2
J3	1
J4	2
L2	1
L4	4
L5	2
P1	1
P2	2
P3	6
S11	1
S12	8
S13	8
S14	3
S16	1
S17	6
S18	5
S19	2
S2	5
S21	1
S22	3
S23	3
S24	2
S3	3
S4	3
S5	2
S7	6
S8	3

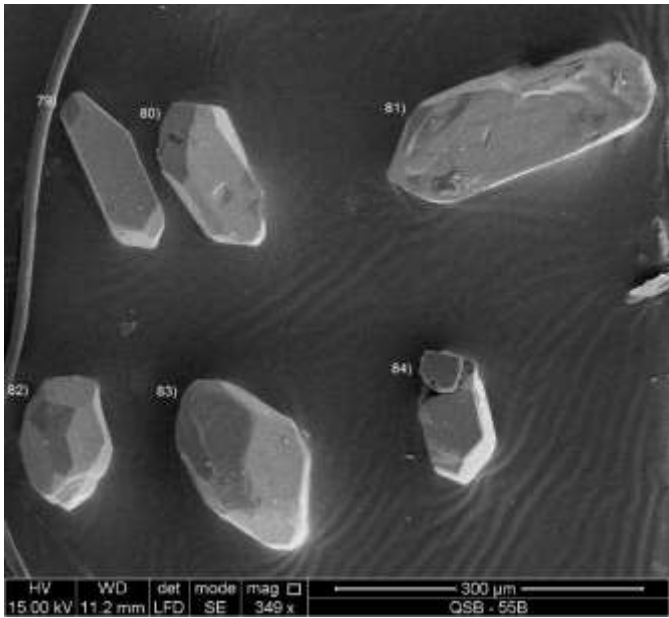
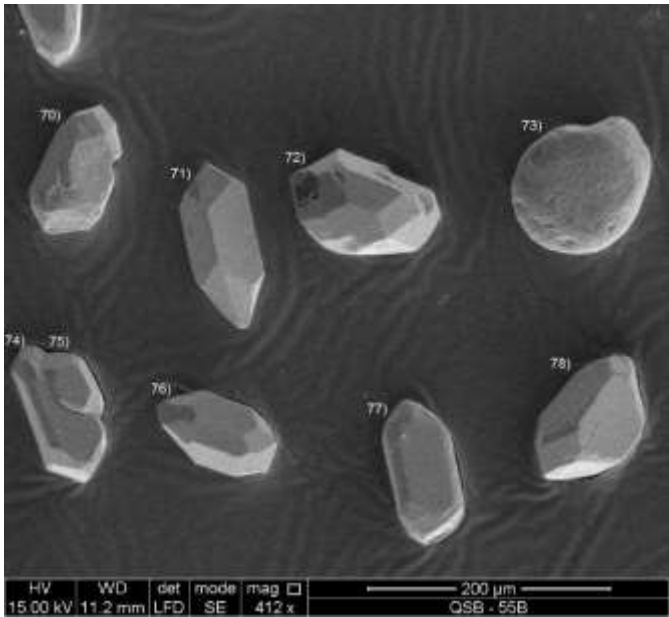
Muestra QSB-55B.













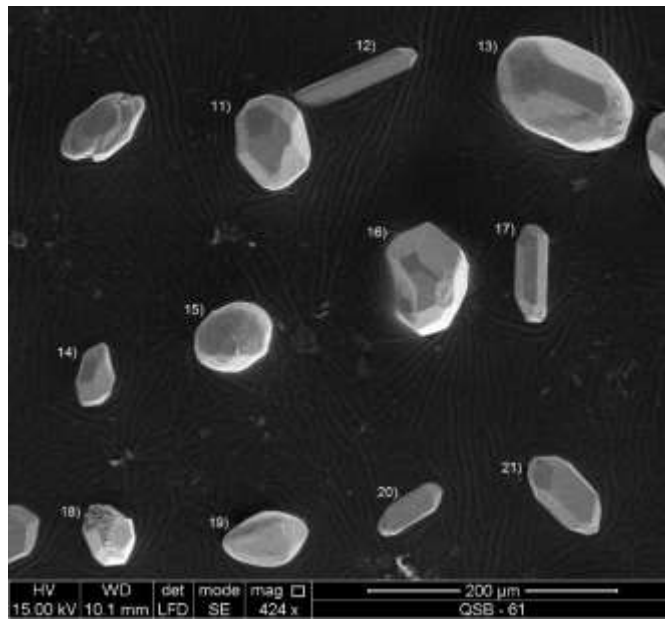
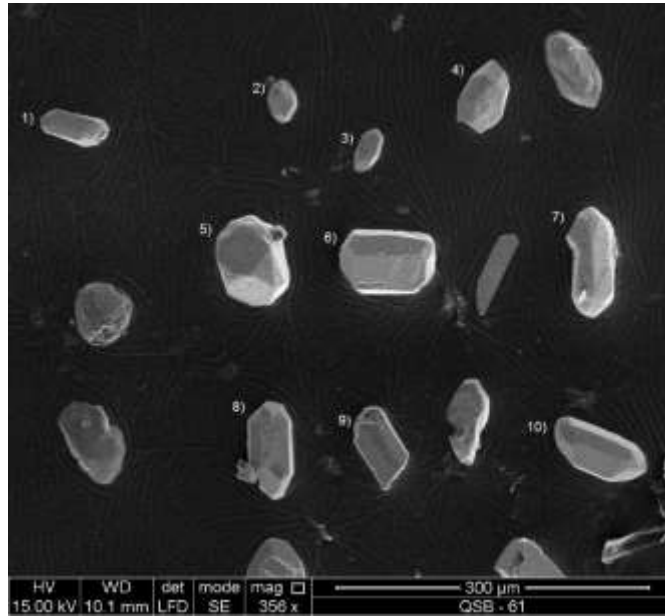
Clasificación de los circones

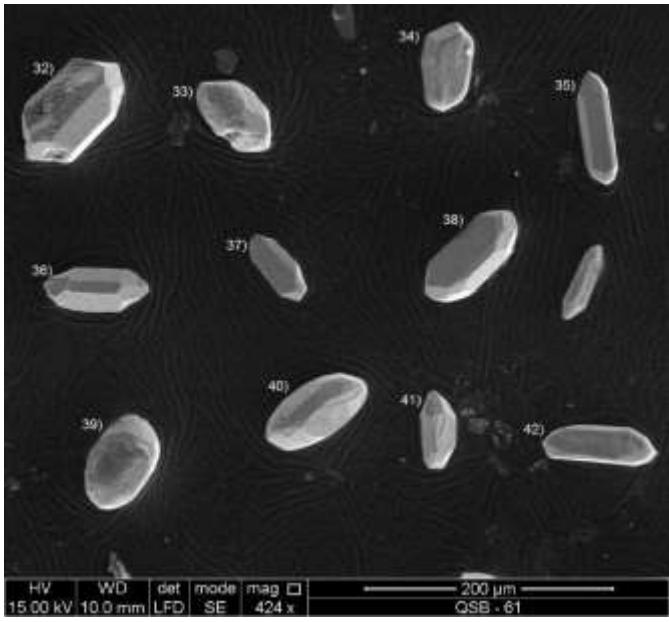
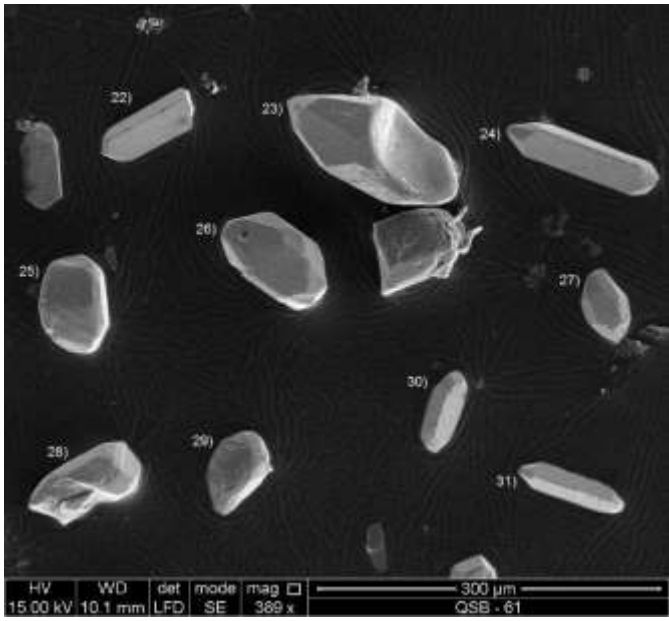
Conteo de los circones

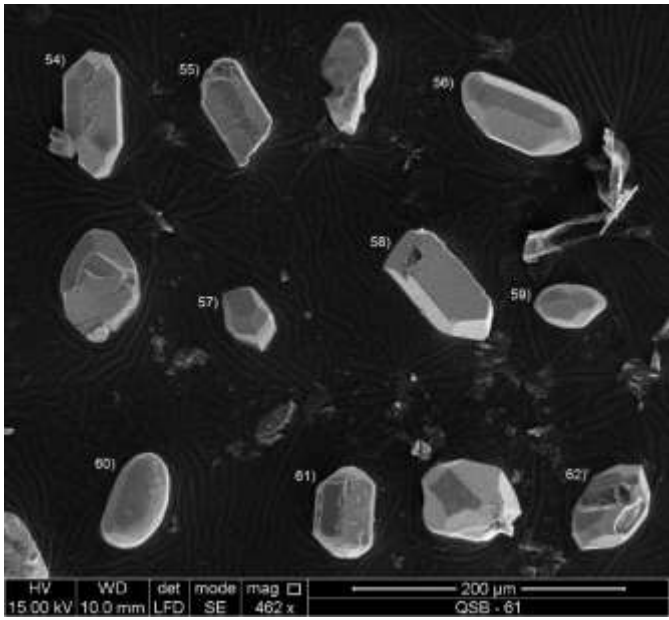
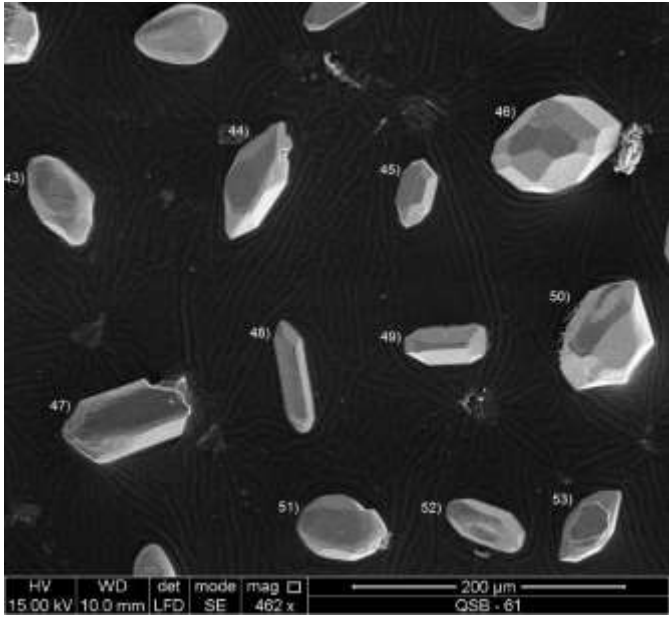
1. S17	21. S23	41. J1	61. S7	81. G1
2. S21	22. G1	42. S19	62. S12	82. S17
3. L4	23. S2	43. S12	63. S8	83. S17
4. S18	24. P2	44. S23	64. S13	84. S9
5. S14	25. S12	45. S11	65. S7	
6. S13	26. S7	46. S18	66. P1	
7. S12	27. L2	47. S2	67. S19	
8. J1	28. S17	48. S18	68. S13	
9. S16	29. S13	49. S7	69. S12	
10. B	30. S8	50. S16	70. J3	
11. G1	31. AB3	51. S9	71. J1	
12. J1	32. S23	52. S6	72. S17	
13. S23	33. L4	53. S12	73. S12	
14. G1	34. G1	54. S1	74. S23	
15. S12	35. S2	55. S19	75. S19	
16. J1	36. S22	56. S21	76. S17	
17. S2	37. G1	57. S13	77. S3	
18. L2	38. S12	58. S23	78. S4	
19. S22	39. AB3	59. S3	79. G1	
20. S7	40. J4	60. S21	80. S23	

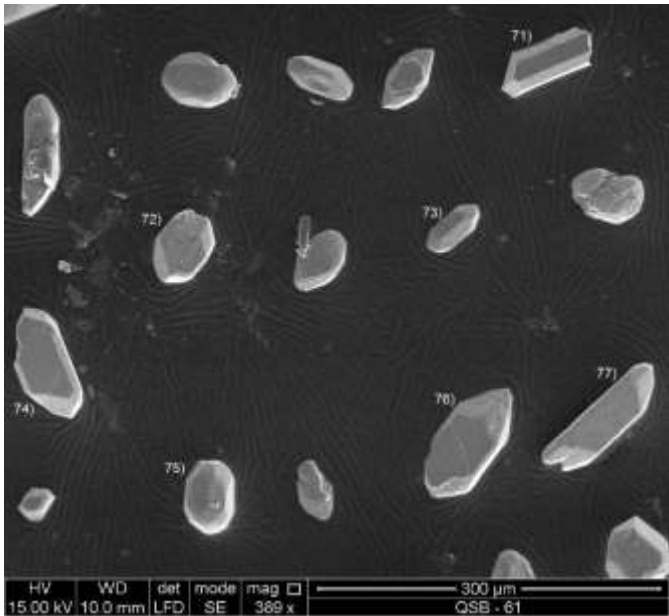
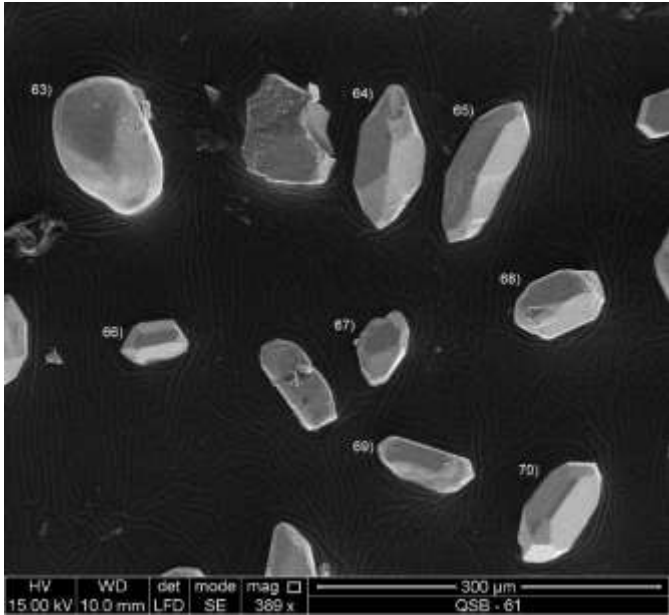
TIPO	CONTEO
AB3	2
B	1
G1	7
J1	5
J3	1
J4	1
L2	2
L4	2
P1	1
P2	1
S1	1
S11	1
S12	9
S13	5
S14	1
S16	2
S17	6
S18	3
S19	4
S2	4
S21	3
S22	2
S23	7
S3	2
S4	1
S6	1
S7	5
S8	2
S9	2

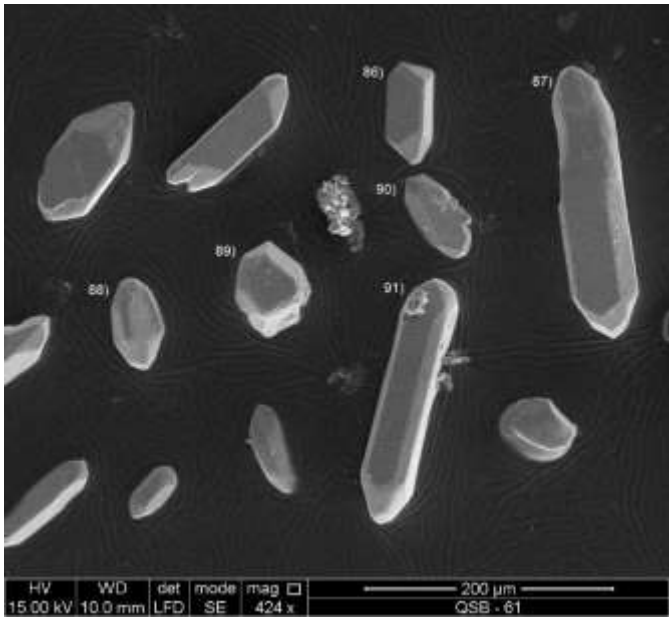
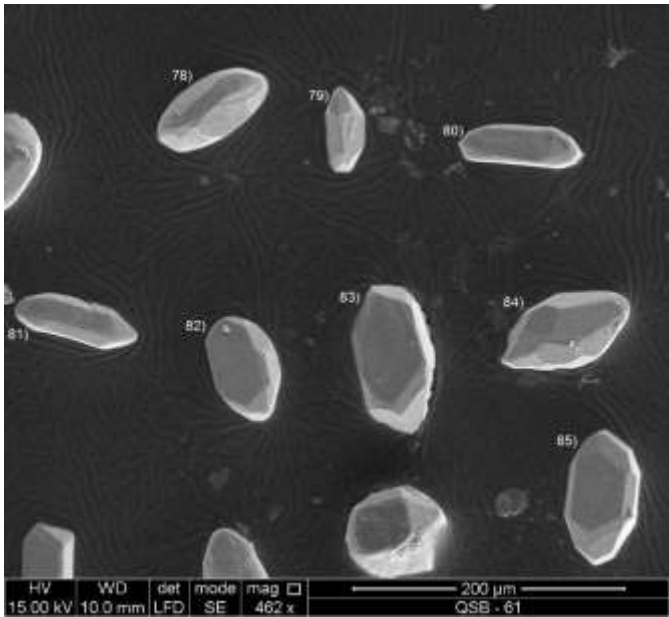
Muestra QSB-61

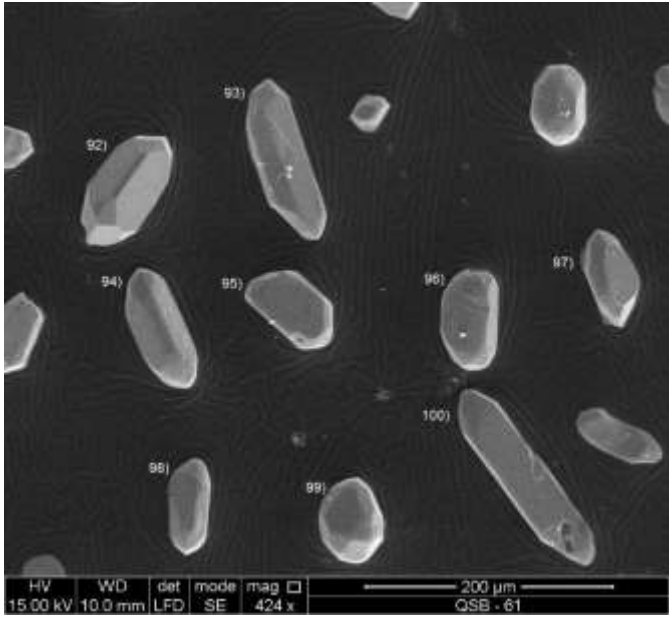












Clasificación de los circones

Conteo de los circones


1. S15	21. S8	41. S21	61. P3	81. S11
2. S17	22. G1	42. L2	62. S12	82. S22
3. J4	23. S7	43. S7	63. S17	83. L4
4. S18	24. S21	44. S21	64. J1	84. S11
5. J4	25. S2	45. S2	65. J2	85. S7
6. P2	26. S22	46. S12	66. S14	86. S4
7. P3	27. S17	47. P3	67. S2	87. S12
8. S19	28. S18	48. S13	68. G1	88. S2
9. P2	29. S23	49. S4	69. L4	89. L5
10. S7	30. L4	50. S21	70. S24	90. S18
11. S17	31. J1	51. S17	71. P3	91. S16
12. P1	32. S14	52. S10	72. S4	92. S24
13. S17	33. S7	53. S16	73. S13	93. S7
14. S11	34. S4	54. S14	74. S22	94. S23
15. S12	35. S8	55. P2	75. S12	95. J4
16. S7	36. S18	56. S7	76. J1	96. S23
17. S13	37. S17	57. S8	77. S1	97. S7
18. S3	38. S4	58. G1	78. S12	98. S12
19. S13	39. S12	59. S12	79. J1	99. S12
20. S23	40. S7	60. S17	80. P1	100. D

TIPO	CONTEO
D	1
G1	3
J1	4
J2	2
J4	4
L2	1
L4	3
L5	1
P1	2
P2	2
P3	4
S10	1
S11	3
S12	10
S13	4
S14	3
S15	1
S16	2
S17	8
S18	4
S19	1
S2	4
S21	4
S22	3
S23	4
S24	1
S3	1
S4	6
S7	10
S8	3

8. Bibliografía

- ALVAREZ, J., (1983): Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso-Cenozoicos. -Boletín Geológico INGEOMINAS, volumen 26 (2), P 1-175. Bogotá.
- Bedoya, G., Cediel, F., Restrepo-Correa, I., Cuartas, C., Montenegro, G., Marin-Cerón, M. I., Mojica, J., & Cerón, R. (2009). Aportes al conocimiento de la evolución de las cuencas Atrato y San Juan dentro del arco Panamá-Chocó. *Boletín de Geología*, 31(2), 69–81.
- Buchs, D. M., Baumgartner, P. O., Baumgartner-Mora, C., Bandini, a. N., Jackett, S.-J., Diserens, M.-O., & Stucki, J. (2009). Late Cretaceous to Miocene seamount accretion and melange formation in the Osa and Burica Peninsulas (Southern Costa Rica): episodic growth of a convergent margin. *Geological Society, London, Special Publications*, 328(1), 411–456. <https://doi.org/10.1144/SP328.17>
- Cardona, A., Montes, C., Ayala, C., Bustamante, C., Hoyos, N., Montenegro, O., Ojeda, C., Niño, H., Ramirez, V., Valencia, V., Rincón, D., Vervoort, J., & Zapata, S. (2012). From arc-continent collision to continuous convergence, clues from Paleogene conglomerates along the southern Caribbean-South America plate boundary. *Tectonophysics*, 580, 58–87. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.08.039>
- Cediel. (2011). *PETROLEUM GEOLOGY OF COLOMBIA; ATRATO, SAN JUAN AND URABA BASINS* (Vol. 3).
- Cediel, F., & Shaw, R. P. (2003). Tectonic Assembly of the Northern Andean Block. *AAPG Memoir*, 79, 815–848.
- Cossio. (2002). *Geología De Las Planchas 202 Pilizá , 203 Istmina , .*
- Dunia. (2006). Cartografía Geológica En El Área De La Subcuenca Atrato - San Juan, Departamento Del Chocó. *Contrato 078 de 2005 Informe de Integración e Interpretación de La Información Geológica de Campo.*, 94. www.anh.gov.co
- Duque-Caro. (1990). 1. *Estratigrafía, Paleoceanografía y Paleobiogeografía de la Cuenca Atrato y la evolución del istmo de Panamá*; 2. *El Bloque Chocó en el Noroccidente Suamericano: implicaciones estructurales, tectonoestratigráficas y paleogeográficas.*
- Duque-caro, H. (1979). *Major structural elements and evolution of northwestern Colombia.pdf.*
- Duque, C. H. (1990). El Bloque del Choco en el Noroccidente Suramericano; implicaciones estructurales, tectonoestratigraficas y paleogeograficas. *Boletín Geológico - Ingeominas*, 31(1), 47–71.
- González, J. L., Shen, Z., & Mauz, B. (2014). New constraints on holocene uplift rates for the baudo mountain range, northwestern Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 52, 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.03.002>

- Maurer, M. A. M. and H. F. W. (1992). *Heavy Minerals in Colour*.
- Montes, C., Rodríguez-Corcho, A. F., Bayona, G., Hoyos, N., Zapata, S., & Cardona, A. (2019). Continental margin response to multiple arc-continent collisions: The northern Andes-Caribbean margin. *Earth-Science Reviews*, 198, 102903. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102903>
- Mora-Páez, H., Kellogg, J. N., & Freymueller, J. T. (2020). Contributions of space geodesy for geodynamic studies in Colombia: 1988 to 2017. *The Geology of Colombia, Volume 4 Quaternary*, 4(April), 20.
- Mora, C. G. (2011). *Petrografía y diagénesis a partir de núcleos de perforación de las rocas sedimentarias de la cuenca san juan, chocó*.
- NELSON FABIAN GALLEGO BAÑOL. (2011). *ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LAS UNIDADES PALEOGENAS EN LA CUENCA SAN JUAN (PACÍFICO COLOMBIANO), Y SU RELACION CON LA PALEO GEOGRAFIA DE LA ESQUINA NW DE SURAMERICA*. September.
- Osorio-Granada, E., Restrepo-Moreno, S. A., Muñoz-Valencia, J. A., Trejos-Tamayo, R. A., Pardo-Trujillo, A., & Barbosa-Espitia, A. A. (2017). Detrital zircon typology and U/Pb geochronology for the miocene ladrilleros-juanchaco sedimentary sequence, equatorial pacific (Colombia): New constraints on provenance and paleogeography in northwestern South America. *Geologica Acta*, 15(3), 201–215. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2017.15.3.4>
- Pardo-Trujillo, A., Moreno-Sánchez, M., & Gomez-Cruz, A. D. J. (2002). Estratigrafía de algunos depósitos del Cretáceo Superior en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia: Implicaciones Regionales. *Geo-Eco-Trop*, 26, 113.
- Pardo, A., Morenoz, M., & Gomez, A. D. J. (2002). Estratigrafía de algunos depósitos del Cretáceo Superior en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia: Implicaciones Regionales. *Geo-Eco-Trop*, 26(2), 113.
- Pennington, W. D. (1981). *the proposed Andes*. 86, 10753–10770.
- Pettijohn, F. J. (1923). *Persistence of heavy minerals and geologic age*. XIII.
- Suárez-rodríguez, M. A. (2007). *Geological Framework of The Pacific Coast Sedimentary Basins , Western Colombia Esquema geológico de las cuencas sedimentarias de la Costa Pacífica , Occidente de Colombia The Pacific Coast Sedimentary Province is located in*. 32, 47–62.
- Suárez-Rodríguez, M. A. (2007). Esquema geológico de las cuencas sedimentarias de la costa pacífica, occidente de Colombia. *Geología Colombiana*, 32, 47–62.
- Taboada, A., Rivera, L. A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J., & Rivera, C. (2000). Geodynamics of the northern Andes. *Tectonics*, 19(5), 787–813.
- Testoni, P. (2020). *Concentración y caracterización de los minerales accesorios densos de algunas litologías precámbricas del noreste de Uruguay*.

- 
- Villagómez, D., & Spikings, R. (2013). Thermochronology and tectonics of the Central and Western Cordilleras of Colombia: Early Cretaceous-Tertiary evolution of the Northern Andes. *Lithos*, 160–161(1), 228–249. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.12.008>
- Villamil, T. (1999). Campanian-Miocene tectonostratigraphy, depocenter evolution and basin development of Colombia and western Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 153(1–4), 239–275.