

# Fosfatos de Rapid Creek y Big Fish River, Yukón, Canadá

Paulí GISPERT BONAMUSA

Grup Mineralògic Català  
Barcelona, España  
pauligispert@hotmail.com

José Luis GARRIDO RUFASTE

Grup Mineralògic Català  
Barcelona, España  
tio2jl@gmail.com

## RESUMEN

A principios de la década de los años 70 se descubrió un importante depósito mineral en una formación ferrosa fosfatada, situada en las montañas Richardson, al noroeste del territorio de Yukón, Canadá. En diferentes localizaciones de tres áreas de los márgenes del Rapid Creek y del Big Fish River se ha encontrado un puñado espectacular de minerales fosfatados. Los ejemplares de lazulita, wardita y whiteíta-(CaFeMg) de dichas áreas están considerados como los de mejor calidad para estas especies. Entre los prospectores de minerales de aquella época merece una especial mención Alan Kulan.

Rapid Creek y Big Fish River son localidades tipo de las especies de fosfatos: arrojadita-(KNa), bariçita, garyansellita, gormanita, kulanita, mariçita, nahpoíta, penikisita, satterlyita y wicksita.

El propósito de este trabajo es el de proporcionar una visión general de la situación geográfica y geológica de la zona, la historia de los pioneros y la descripción de los fosfatos de aquella remota región canadiense.

## PALABRAS CLAVE

Rapid Creek, Big Fish River, Yukón, Canadá, fosfatos, arrojadita, kulanita, lazulita, wardita, whiteíta.

## ABSTRACT

*In the early 1970s, an important mineral deposit was discovered in a phosphated ferrous formation, located in the Richardson Mountains, in the northwest of Yukon, Canada.*

*A spectacular series of phosphate minerals has been found in different locations in three areas of the Rapid Creek and Big Fish River slopes. The specimens of lazulite, wardite and whiteite-(CaFeMg) from these areas are considered the highest quality for these species.*

*Among the mineral prospectors of that time, Alan Kulan deserve special mention.*

*Rapid Creek and Big Fish River are type locality of the species: arrojadite-(KNa), bariçite, garyansellite, gormanite, kulanite, mariçite, nahpoite, penikisite, rapidcreekite, satterlyite and wicksite.*

*The purpose of this work is to provide an overview of the geographical and geological situation of the area, the history of the pioneers and the description of the most characteristic phosphates of that remote Canadian region.*

## KEYWORDS

*Rapid Creek, Big Fish River, Yukon, Canada, phosphates, arrojadite, kulanite, lazulite, wardite, whiteite.*

GISPERT BONAMUSA, Paulí; GARRIDO RUFASTE, José Luis (2020): "Fosfatos de Rapid Creek y Big Fish River, Yukón, Canadá". *Paragénesis* (2020-1); vol. 2, núm. 3, pp. 3-32.

## Situación geográfica

Las zonas de los ríos Rapid (Rapid Creek) y Big Fish (Big Fish River) forman parte de las montañas Richardson, situadas al oeste del delta del río Mackenzie, cerca del límite que separa el Yukón de los Territorios del Noroeste (Northwest Territories), y un poco por encima del Círculo Polar Ártico (figura 1).

Se trata de una región remota y no es fácil llegar a ella. Una de las dos mejores opciones es hacerlo en helicóptero desde Inuvik (Territorios del Noroeste), a unos 120 km al este. Hasta Inuvik se puede llegar por carretera desde Dawson City, pasando por Eagle Plains y Fort McPherson, por la Dempster Hwy (más de 750 km, la mayoría sin asfaltar y teniendo que tomar además un par de ferries). Para ahorrar tiempo y problemas es mejor viajar a

Inuvik en avión, puesto que hay la posibilidad de hacerlo tanto desde Whitehorse (capital del Yukón) como desde Dawson City. La otra mejor opción es llegar, también en helicóptero, desde Old Crow (unos 160 km al sudoeste) y hasta aquí en avión desde Dawson City (figura 2). De Whitehorse a Dawson City se puede ir en avión o por carretera, por la Klondike Hwy (unos 500 km).

Cabe añadir que cualquier expedición a esta lejana región supone un importante coste económico.

## Condiciones para la búsqueda de minerales

Esta región, situada al norte del Círculo Polar Ártico, se halla cerca del límite biogeográfico de la tundra, con predominio de vegetación baja (hierbas, líquenes y musgos), pocos arbustos y muy pocos árboles (solo cerca



Figura 1. Ubicación de las zonas de Rapid Creek y Big Fish River. Mapa (fuentes): modificado (José Luis Garrido y Marc Campeny) de los webs wikipedia.org (mapa general Canadá) y www.pinterest.cl (mapa detalle Yukón).

de los ríos), y tiene clima subártico (figura 3). La mejor época para ir allí comprende desde mediados de junio a finales de agosto, con temperaturas medias que oscilan entre 18 y 6°C (con máximas puntuales de hasta unos 30°C y mínimas de hasta por debajo de los 0°C) y bajas precipitaciones (puede llover de vez en cuando pero en muy poca cantidad).

Además, un dato importante: dada su ubicación geográfica respecto al Polo Norte, durante junio, julio e inicios de agosto el sol no llega nunca a ponerse en el horizonte (sol de medianoche).

Según la época del año, la búsqueda de minerales puede entrañar riesgos. Un súbito cambio del viento puede traer una masa de aire que lleve lluvia y nieve en cuestión de pocas horas, pudiendo persistir esta situación durante semanas. También hay que considerar que una corriente de agua tranquila puede transformarse en un torrente furioso, inundando el campamento con rapidez, por lo que hay que ir con cuidado.

Para iniciarse en la búsqueda de minerales en esa región se necesita una especial preparación y conciencia-

Figura 2. Vista aérea de las proximidades de Old Crow, en un vuelo desde Dawson City (2012). Foto: Kimberly Tait.



ción. Frecuentan estas tierras animales peligrosos, como osos y lobos, siendo recomendable ir en grupo y que haya alguien que lleve un rifle, por si hay que hacerlos huir. Por otra parte, las hordas de mosquitos son increíbles. Además de la recogida de minerales, otra opción para aprovechar el tiempo es la pesca de truchas, salmones y *greylings*, el pez más típico del Yukón.

## Historia: Kulan y otros pioneros

La pequeña ciudad de Whitehorse, situada al sur del Yukón, sobre el curso alto del río homónimo, es la capital del territorio federal. Fundada a finales del siglo XIX como punto de paso en la búsqueda de oro (los buscadores marchaban desde aquí hacia los yacimientos del Klondike, Alaska), su nombre proviene de los rápidos de White Horse, conocidos con este nombre por su parecido con las crines de un caballo blanco, desaparecidos en 1958 debido a la construcción de la presa del lago Schwatka.

Al oeste y al sur de Whitehorse se encuentra una franja de unos 30 km de longitud y 4 km de ancho conocida como “el cinturón de cobre” (el Whitehorse Copper Belt). El verano de 1898, Jack McIntyre fue el primero en establecer la demarcación de una concesión minera en esta zona, la Copper King. Los prospectores fueron descubriendo depósitos minerales en superficie, cuya explotación fue notable entre los años 1898 y 1919.

El desarrollo de técnicas modernas de exploración geofísica y geoquímica, que podrían detectar depósitos profundos, condujo muchos años después a un segundo período de prospección mineral, entre mediados de los años 50 e inicios de los 80 del siglo XX (figura 4). Aparte de cobre, plomo y zinc, también se buscaba plata y oro.

Minas importantes del Whitehorse Copper Belt fueron, entre otras: Carlisle, Copper King, Pueblo y War Eagle (en el norte); Artic Chief, Best Chance, Grafter y Little Chief (en el centro); Black Cub South, Cowley Park y Keewanaw (en el sur).

El prospector pionero y buscador de minerales más famoso y afortunado fue, sin duda, Alan Kulan (1921-1977) (figura 5).

Figura 3. Vista del paisaje que rodea un tramo del Big Fish River (2012). Foto: Kimberly Tait.



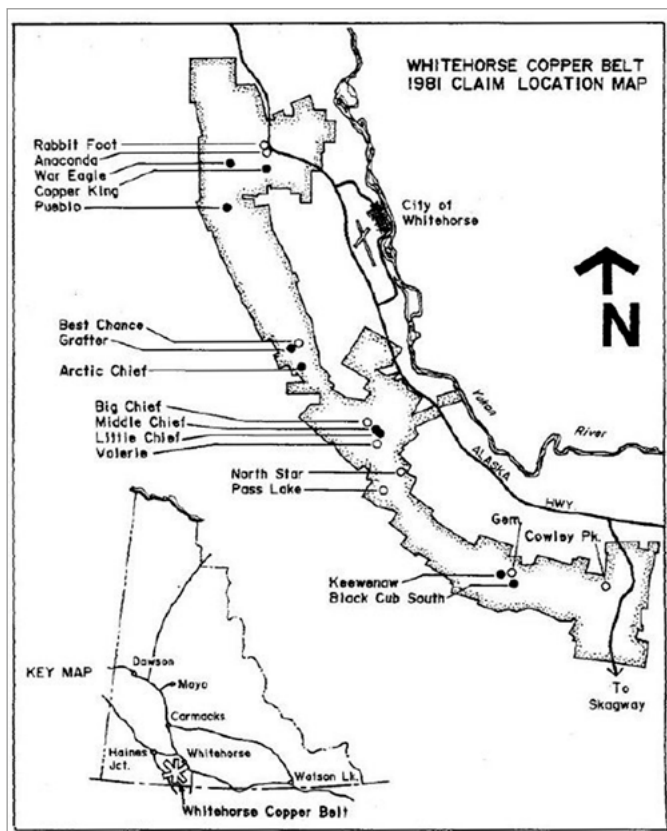


Figura 4. Concesiones del Whitehorse Copper Belt (1981). Mapa (fuente): web [www.geocaching.com](http://www.geocaching.com).

Julian Lawrence Alan Kula nació en Winnipeg (Manitoba). Sus padres, que provenían de una región agrícola ucraniana, habían emigrado a Canadá por separado (el padre, en 1898). Se habían casado en 1908, trasladándose después hasta cerca de Beausejour, unos 50 km al nordeste de Winnipeg, donde el padre había comprado un terreno.

Al nacer Alan, el 20 de diciembre de 1921, la familia ya tenía cinco hijas (de entre dos y doce años). Dos años después, en 1923, murió la madre. Este hecho y los problemas económicos, en plena depresión, obligaron al padre a repartir las hijas y el hijo entre diferentes parientes. Alan y dos hermanas fueron a la zona de Toronto, donde él creció y terminó sus estudios. Al vivir en una tierra de dominio británico, por cuestión de integración, dado que ucranianos y polacos eran discriminados, y para poder encontrar trabajo, los tres hermanos decidieron modificar ligeramente el apellido originario Kula, añadiendo una 'n' al final, logrando así una sonoridad "más anglosajona". Pero esto no ayudó a sus perspectivas de ocupación, ya que no había trabajo para nadie. (Gaffin, 2000)

Ya como Alan Kulan, a finales de 1939, una vez cumplidos los dieciocho años, ingresó en el ejército. De 1941 a 1945, en la 2ª Guerra Mundial, sirvió en Italia, Bélgica, Francia y Alemania, llegando a ser sargento en el cuerpo de carros de combate.

De regreso a territorio canadiense, en 1946 comenzó su actividad como prospector minero, por diferentes lugares del noroeste de Canadá. En mayo de 1950

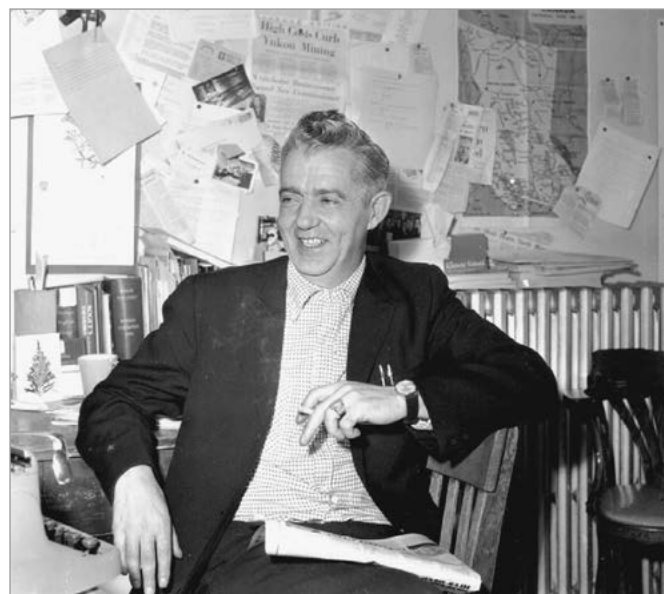


Figura 5. Alan Kulan en marzo de 1968, en la oficina de Flo Whyard, editor del *Whitehorse Star*. Foto: Yukon Archives, Whitehorse Star Collection (fuente: *The Yukoner Magazine*, Whitehorse).

se casó con la aventurera Wynne Camsell.

Cuando tenía 31 años, en 1953, encontró el yacimiento de plomo y zinc de Vangorda Creek (o Van Gorder Creek), en el valle del río Pelly, unos 150 km al este de Carmacks y unos 200 km al noroeste de Whitehorse. Después, entre 1954 y 1957, prospectó la zona al noroeste de Vangorda Creek, donde, gracias a su convicción y a la experiencia previa, acabó descubriendo un enorme depósito de plomo, zinc y plata, que más adelante, en 1969, daría lugar a la mina de Faro, durante un tiempo la mina a cielo abierto más grande del mundo (cerrada en 1998) (figura 6).

Explicaba «Encontré las minas de Vangorda [...]. Después tuve la suerte de localizar las de Faro». El Geological Survey of Canada había indicado hasta entonces que aquella zona no era adecuada para la exploración de mineralizaciones. (Gaffin, 2000)

Se puede decir que Kulan fue autodidacta como empresario: un emprendedor que se arriesgó, que sufrió muchos problemas pero que acabó triunfando. «Aprendí rápidamente, pero solo después de haber perdido un millón de dólares», solía decir. Los negocios fueron de índole diversa, no siempre relacionados con la minería. Poca gente conoce que, a finales de los años 60, Kulan había invertido una importante cantidad de dinero en la construcción de un submarino no militar. Parece que la exploración oceánica había cautivado su imaginación. El sumergible, con base en Vancouver, de propiedad privada, se diseñó para tareas de investigación y salvamento marítimo. (Gaffin, 2000)

En 1959, explorando en la búsqueda de gas y petróleo, Bruce Cameron, geólogo de la Trial Oil Company, encontró en el lecho de un riachuelo un inusual mineral de color azul. Entrego un ejemplar al Dr. Finley Campbell (de la University of Alberta, en Edmonton), quien lo identificó como lazulita.



Figura 6. Vista cenital de la zona de Faro, con las antiguas minas de Vangorda (abajo) y Faro (arriba). Ortofoto: TerraMetrics (fuente: web www.google.es).



Figura 7. Alan Kulan a inicios de septiembre de 1977, cerca de Ross River, Yukón. Foto: Pete Risby (fuente: *The Yukoner Magazine*, Whitehorse).

En el verano de 1971, el Dr. F.G. Young, ocupado entonces en el proyecto de confeccionar un mapa regional para el Geological Survey of Canada, halló lazulita y otros fosfatos *in situ* a lo largo del Crosscut Creek (afluente del Rapid Creek).

A comienzos del verano de 1974, Alan Kulan y el geofísico Gunar Penikis, los cuales habían constituido poco tiempo antes la Mackenzie Resources Ltd, emprendieron una expedición de búsqueda por aquella zona, volviendo con resultados alentadores. En julio de aquel mismo año, Penikis llevó diversos minerales al Royal Ontario Museum para su estudio. Aquellas entonces desconocidas lazulitas, warditas y arrojaditas, las mejores del mundo, despertaron el interés del Dr. Joseph Mandarino. Asimismo, el Dr. Donald Gorman, profesor emérito de la University of Toronto, consideró como muy probable la rareza de aquellos minerales. La primera nueva especie identificada se denominó, con toda justicia, kulanita. Poco después, el análisis de la que parecía ser una «nueva kulanita» permitió determinar la penikisita y, finalmente, el análisis de una «vivianita de color azul pálido» resultó ser otra nueva especie, la baricita. (Robinson *et al.*, 1992)

En el transcurso de los dos años siguientes, la familia Kulan continuó extrayendo ejemplares de gran belleza, trabajando estrechamente con el Royal Ontario Museum, tanto *in situ* como en el laboratorio. Mientras continuaban la búsqueda de esos minerales, descubrieron las nuevas especies después denominadas satterlyita y mariquita. En febrero de 1976, el entonces Comisionado James Smith proclamó la lazulita como gema oficial del Yukón. Gracias a la ayuda financiera de Kulan, fueron posibles las investigaciones adicionales realizadas en la Queen's University, en Kingston (Ontario). (Robinson *et al.*, 1992)

A principios de 1977, los Kulan (Alan, su esposa y sus tres hijos) trasladaron la residencia familiar desde Ross River, unos 60 km al sudoeste de Faro, hasta Vernon, en el sur de la Columbia Británica, de mejor clima y con mejores condiciones para los negocios familiares.

El verano de aquel año (figura 7), Alan Kulan volvió al Yukón en un viaje de exploración relacionado con una de sus compañías, con sede en Vancouver, concertando una reunión en Ross River con un geólogo de la Welcome North Mines y con el propietario de una concesión minera. En la tarde del 12 de septiembre de 1977, los tres habían estado discutiendo con relación a un acuerdo de opciones mineras. Más tarde, hacia las ocho del atardecer, decidieron relajarse consumiendo unas bebidas en el salón del Ross River Lounge. Fue entonces cuando un residente local, John Benedict Rolls, de 62 años de edad, se acercó a la mesa donde estaban sentados y asesinó a Kulan de un tiro en la cara. (Gaffin, 2000)

Alan Kulan era desgraciadamente el primero de la lista de *yukoners* que Rolls pensaba matar. Este creía que ciertas personas conspiraban para agravar sus fracasos comerciales y aumentar las presiones financieras. En el juicio se determinó que Rolls padecía paranoia, depresión y celos, agravados con el abuso de alcohol. Pasados solo diez años de condena salió en libertad condicional, aunque murió poco tiempo después.

A finales del mismo año 1977, el Comité Canadiense sobre nombres geográficos denominó Mont Kulan a una montaña de 1.981 metros de altura, situada en la región del Tay River, cerca de Faro (Gaffin, 2000). El nombre de Alan Kulan está grabado en la base de una estatua de bronce de tres metros de altura (la "Prospector Statue"), que se encuentra en la esquina de Main Street con la Third Avenue, en Whitehorse (Gaffin, s/fecha).

## Síntesis geológica

La región de los ríos Rapid (Rapid Creek) y Big Fish (Big Fish River) está situada dentro de la cuenca Beaufort-Mackenzie. La sedimentación comenzó durante el Triásico superior y ha continuado hasta el presente en el área activa del delta del Mackenzie. A principios del Cretácico medio, el movimiento norte-sur de una serie de fallas contribuyó a la formación del Blow Through, una depresión de unos 50 km de ancho, flanqueada por una zona levantada hacia el oeste y una elevación estructu-

ral hacia el este. El actual valle inferior del Rapid Creek se encuentra cerca de su margen oriental. (Young *et al.*, 1984)

En el período Albiense hubo una deposición de una espesa secuencia turbidítica tipo *flysch* formada por una alternancia de niveles detríticos de areniscas, lutitas y pizarras ricas en hierro. Durante la orogenia Laramide, desde el Cretácico superior hasta principios del Terciario, una deformación compresiva de este a oeste causó plegamiento local, formación de fallas, elevación y subsiguiente erosión, para acabar dejando expuesto el relieve tal como está en la actualidad. Ver el mapa geológico de la figura 8.

La formación sedimentaria rica en hierro aparece principalmente como una capa delgada, de hasta unos 25 cm de potencia, intercalada con capas de pizarras ferruginosas. Estas capas consisten en una roca fosfatada compacta y de textura microcristalina, con siderita y pirita, y en rocas clásticas de granclasificación pobre, que van de la lutita a la arenisca, pasando por brechas y conglomerados de composición y continuidad variable. Estas rocas están típicamente recubiertas por una pátina oscura en superficies meteorizadas, ocultando por tanto sus texturas y dificultando su correcta identificación. (Robinson *et al.*, 1992)

Los fosfatos aparecen ya sea como inclusiones microcristalinas, cementos esparíticos de reemplazamiento, en pequeñas vetas o filoncillos o en cristales bien desarrollados que cubren superficies de fractura (figuras 9 y 10). Curiosamente, muchos de los granos de fosfatos no están compuestos de apatito como en otras fosforitas marinas, sino de otros minerales inusuales como satterlyita, arrojadita y gormanita. Esto sugiere un entorno deposicional relativamente pobre en calcio, que precipitaba los fosfatos de hierro y magnesio, además de apatito. (Young *et al.*, 1984)

La paragénesis de fosfatos que rellena las fracturas es la que sin duda ha recibido la mayor atención de los coleccionistas, debido a que ha proporcionado una gran riqueza de ejemplares bien cristalizados (figura 11). Las asociaciones minerales específicas observadas en cual-

Figura 9. Vivianita y otros fosfatos recubriendo capas de pizarras ferruginosas (2012). Foto: Kimberly Tait.

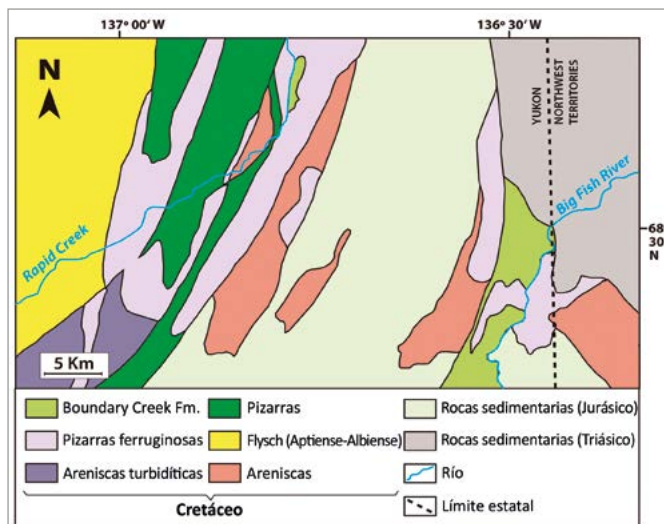
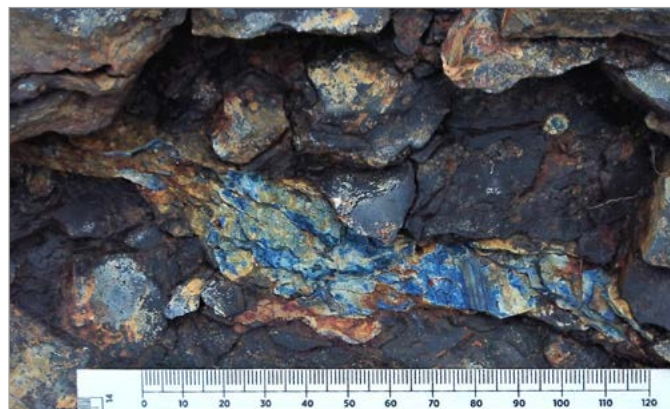


Figura 8. Mapa geológico de las zonas de Rapid Creek y Big Fish River. Mapa: Marc Campeny (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

quier relleno de fractura pueden, al menos en parte, relacionarse con la composición de las rocas encajantes, a través de las cuales migran las soluciones hidrotermales que las formaron. (Robinson *et al.*, 1992)

## Ubicación y descripción de los yacimientos

Las áreas mineralógicamente interesantes de Rapid Creek y Big Fish River están ubicadas entre unos 30 y unos 40 km al sur de la bahía de Mackenzie, alrededor de los 80°30' de latitud norte y entre los 136°30' y los 137°00' de longitud oeste.

Una de las principales áreas para la recogida de minerales es Kulan Camp, en la zona de Rapid Creek, a poco más de 30 km al sur de la bahía de Mackenzie. Tres de las localidades de esta área se hallan en los márgenes de un pequeño río, el famoso Crosscut Creek, tributario por la izquierda del Rapid Creek. Otra área de la zona de Rapid Creek, situada a menos de 10 km al suroeste de la anterior, es Stoneman Camp (figura 12). En esta hay diversas localidades, como las de Young's Creek y Grizzly Bear Creek. (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 10. La Dr. Kimberly Tait (Royal Ontario Museum) con un fragmento de roca fosfatada mineralizada (2012). Detrás suyo, el buscador y coleccionista Robert Beckett. Foto: Ronald Peterson.





Figura 11. Roca fosfatada con una superficie bastante mineralizada, con cristales bien visibles (2012). Foto: Kimberly Tait.

La otra zona muy conocida es Big Fish River (figura 13), unos 3 km al sur de la confluencia de este río con su afluente Boundary Creek y muy cerca del límite entre el Yukón y los Territorios del Noroeste (figura 14). (Robinson *et al.*, 1992)

Un lugar conocido recientemente en la zona de Rapid Creek es el Mont Seafoam.

Resumiendo, según Robinson *et al.* (1992), y también Mindat, hay dos zonas denominadas como los respectivos ríos: Rapid Creek y Big Fish River, que incluyen tres áreas: *A* = Kulan Camp, *B* = Stoneman Camp y *C* = Big Fish River, y estas áreas integran un total de 16 localidades, numeradas de la 1 a la 16. Ver el mapa de la figura 15 y el esquema de la figura 16.

La mayoría de ejemplares se pueden localizar en las pendientes de los taludes y en afloramientos expuestos en los flancos empinados de los cañones, con paredes que pueden llegar hasta los 200 metros de altura. No está permitido el uso de explosivos ni de material pesado para la extracción, medios que en realidad no son necesarios para la obtención de buenas muestras. (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 13. Vista de un tramo del Big Fish River (2012). En la parte central se aprecia bien una pared para la búsqueda de minerales. Foto: Kimberly Tait.



Figura 12. Vista del área de búsqueda conocida como Stoneman Camp, en la zona de Rapid Creek. Foto (fuente): web jonathansmineralexchange.com.

## Mineralogía

Tomando como base sus formas de aparición, todos los minerales de las zonas de Rapid Creek y Big Fish River se pueden sistematizar en tres tipos diferentes:

- Los presentes en el relleno de fracturas.
- Los que están incluidos en nódulos fosfatados.
- Los formados como productos de la meteorización.

El primer tipo comprende casi todos los minerales cristalizados, tales como wardita, whiteíta-(CaFeMg) y lazulita. Estos, juntamente con otros adicionales, se for-

Figura 14. Vista cenital del área de Big Fish River. Ortofoto: Maxar Technologies (fuente: web www.google.es).



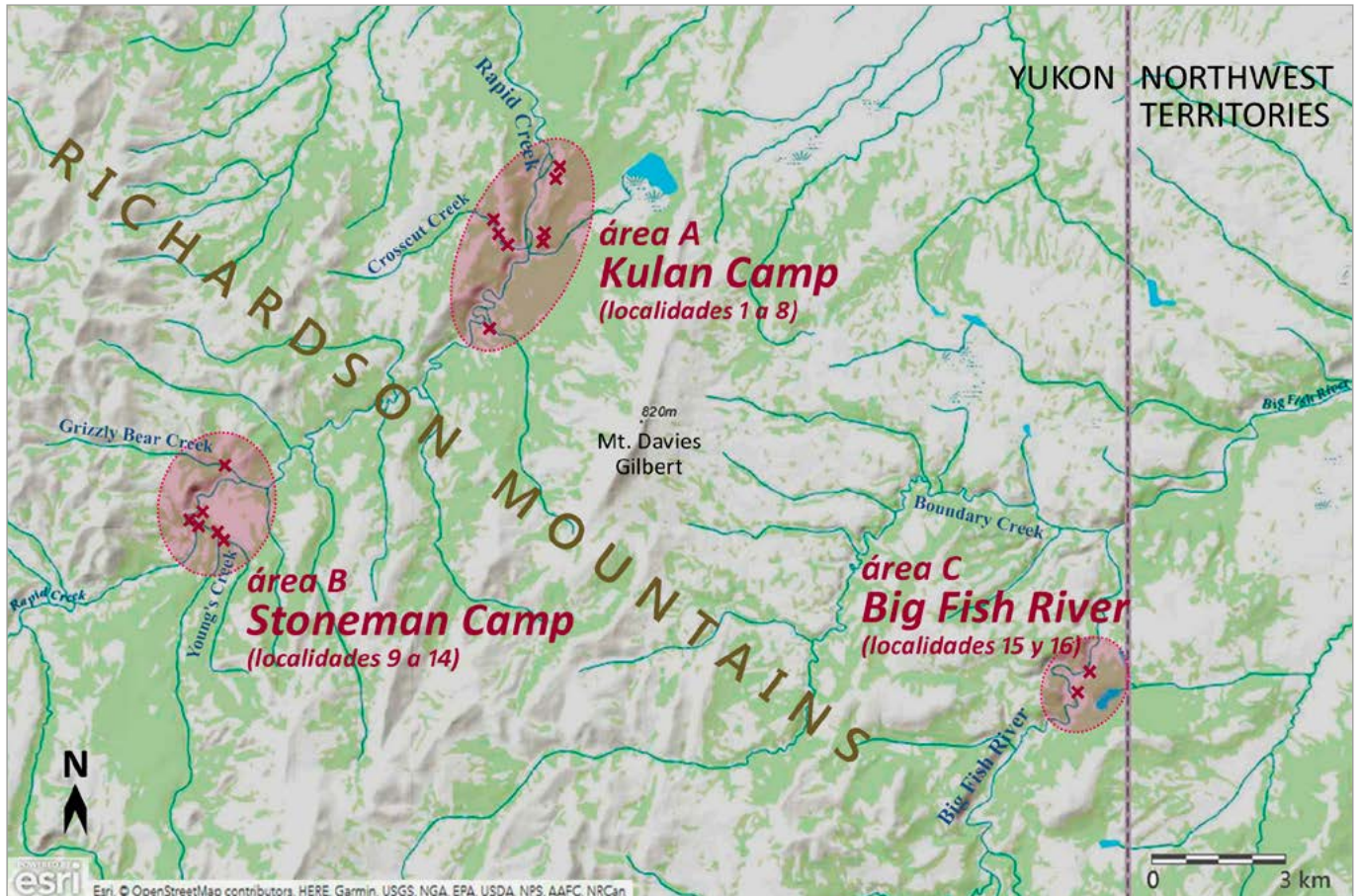


Figura 15. Ubicación de los yacimientos de Rapid Creek (Kulan Camp y Stoneman Camp) y Big Fish River. Mapa: José Luis Garrido (fuentes: Robinson *et al.*, 1992) -datos de ubicación- y OpenStreetMap/Yukon Geological Survey -mapa base-).

man con cuarzo y siderita en capas, en brechas, en fallas y en otros lugares donde las aberturas permitieron la invasión de soluciones mineralizantes. Algunas especies, como la vivianita y la siderita, suelen encontrarse tanto en rellenos de fracturas como en el interior de nódulos (Robinson *et al.*, 1992).

Un segundo tipo bastante diferente de minerales

se halla en nódulos fosfatados, más o menos esferulíticos, localizados en la zona de Big Fish River, y también en algunos puntos de los márgenes del Boundary Creek (unos 5 km al noroeste). En estos nódulos, juntamente con otros fosfatos, y también con pirita y siderita, aparecen satterlyita, mariçita y wicksita, mientras que el cuarzo es un componente raro.

El tercer tipo corresponde a los productos de meteorización secundarios. Se presentan ya sea como cristales aciculares blancos, microscópicos, o bien como masas pulverulentas que solo se identifican de manera precisa mediante distintos análisis.

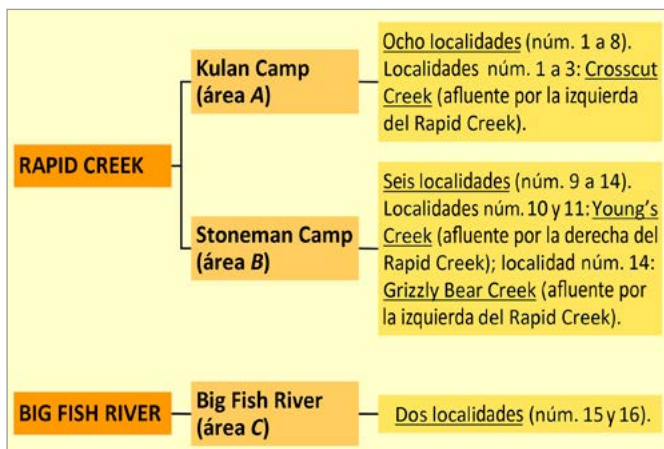
Seguidamente exponemos la parte descriptiva de las especies de fosfatos de Rapid Creek y Big Fish River ordenadas sistemáticamente, en función del código de Strunz-Nickel (9ª ed., 2001), que coincide con el de Nickel-Strunz (10ª ed., no publicada pero incluida en Mindat):

- Fosfatos anhidros sin aniones extraños (8.A).
- Fosfatos anhidros con aniones extraños (8.B).
- Fosfatos hidratados sin aniones extraños (8.C).
- Fosfatos hidratados con aniones extraños (8.D).

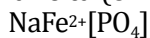
### Fosfatos anhidros sin aniones extraños

Tenemos: mariçita, whitlockita y nahpóita.

Figura 16. Áreas y localidades de Rapid Creek y Big Fish River. Esquema: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).



### **Marićita** (8.AC.20)



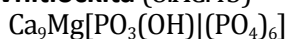
Cristaliza en el sistema ortorrómbico. Pertenece a la misma familia que la trifilita, de la que es cercana estructuralmente, y es dimorfa de la karenwebberita. Puede contener pequeñas proporciones de  $\text{Mn}^{2+}$  y/o  $\text{Mg}$  sustituyendo al  $\text{Fe}^{2+}$ .

Se presenta en agregados radiales (figura 17). Es de color gris a pardo o pardo pálido, también blanquecina. Tiene brillo vítreo a graso.

Se halla en los nódulos incluidos en las formaciones sideríticas de Big Fish River; también en Rapid Creek, pero aquí es más rara. Algunos de estos nódulos están constituidos casi únicamente por marićita, pero la mayoría pueden contener además cuarzo, vivianita, wolfeíta, ludlamita y pirita. (Sturman *et al.*, 1977)

La localidad tipo es Big Fish River. Código IMA 1976-024. Holotipo conservado en el Royal Ontario Museum, Toronto.

### **Whitlockita** (8.AC.45)



Cristaliza en el sistema trigonal. Suele contener  $\text{Fe}^{2+}$  sustituyendo parcialmente al  $\text{Mg}$ .

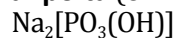
Se identificó a partir de un solo ejemplar de satterlyita recogido de un talud de Kulan Camp (Rapid Creek), donde aparece como masas de hasta 2 mm, asociada con fosfosiderita, vivianita-barićita, souzalita-gormanita y otros.

En Big Fish River se han podido encontrar muestras de calidad, con cristales tabulares de contorno hexagonal, de hasta unos 2,5 cm, de color blanco o incoloros y brillo vítreo (figura 18). En este caso suele estar acompañada por grupos de cristales aciculares de souzalita-gormanita, rosetas formadas por cristallitos de kulanita y asimismo por cristales de arrojadita-(KFe).

Figura 17. Marićita. Big Fish River. 11 x 5 cm. Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



### **Nahpoíta** (8.AD.05)



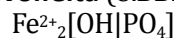
Cristaliza en el sistema monoclinico.

Se halla en forma de finas incrustaciones terrosas en algunos nódulos de marićita del área de Big Fish River. Tiene color blanco o es incolora, mate o con brillo terroso. Probablemente se ha formado por alteración de la marićita (Coleman & Robertson, 1981).

### **Fosfatos anhidros con aniones extraños**

Tenemos: wolfeíta, satterlyita, lazulita, augelita, arrojaditas, kulanita-penikisita, brasilianita, gorceixita, gozayita y fluorapatito.

### **Wolfeíta** (8.BB.15)



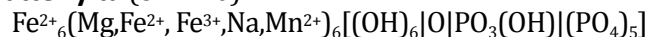
Cristaliza en el sistema ortorrómbico. Pertenece al grupo triplita. Generalmente contiene  $\text{Mn}^{2+}$  sustituyendo al  $\text{Fe}^{2+}$  (serie con la triploidita).

Al igual que la marićita y la satterlyita, la wolfeíta forma agregados columnares de cristales vidriosos, toscos, de unos cuantos centímetros de longitud. Es transparente a translúcida, de color pardo claro a oscuro.

Es un constituyente común de los nódulos fosfatados, llegando a representar cerca del 90% del total de nódulos en Big Fish River y en el Boundary Creek (Robertson *et al.*, 1982). Puede encontrarse asociada con marićita, wickista, satterlyita, pirita, siderita, vivianita y ludlamita.

Aparece tanto en Big Fish River, donde es más abundante, como en Rapid Creek.

### **Satterlyita** (8.BB.20)



Cristaliza en el sistema trigonal. Pertenece a la misma familia que la wolfeíta, a la que es cercana estructuralmente.

Figura 18. Whitlockita. Big Fish River. 10 x 6 cm. Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.







Figura 19. Satterlyita. Big Fish River. 4,6 x 2,1 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



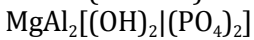
Figura 20. Lazulita, con cuarzo. Rapid Creek. 6,5 x 4,7 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

Forma agregados columnares radiales o divergentes, de unos 4 cm de tamaño máximo (figura 19). Los cristales son translúcidos a transparentes, con brillo vítreo, y raramente tienen terminaciones piramidales. Su color varía del pardo al amarillo.

Aparece tanto en Rapid Creek, sobre todo en Kulan Camp, como en Big Fish River. Es un constituyente de los nódulos fosfatados, donde puede hallarse como una única especie o estar asociada a otras (Sturman *et al.*, 1977). Se citan como especies asociadas: siderita, cuarzo, wolfeíta, ludlamita y mariquita.

La localidad tipo es Big Fish River. Código IMA 1976-056. Holotipo conservado en el Royal Ontario Museum, Toronto.

#### Lazulita (8.BB.40)



Cristaliza en el sistema monoclínico. Pertenece al grupo homónimo. Habitualmente contiene pequeñas proporciones de  $\text{Fe}^{2+}$  (serie con la scorzalita).

Si bien la localidad tipo está en Austria (Fressnitzgraben, Krieglach, Estiria), ningún lugar como Rapid Creek ha proporcionado ejemplares de esta especie

de tanta calidad y en tanta cantidad, especialmente en Crosscut Creek (Kulan Camp).

Los cristales suelen tener tamaños inferiores a 1 cm, pero no es raro que sean más grandes (se conocen de hasta 2,5 cm) (figuras 20, 21, 22, 23 y 24). Son tabulares a prismáticos, con caras de dipirámides. Su morfología es compleja, especialmente cuando están interpenetrados y orientados aleatoriamente en la matriz. Además, la simetría monoclínica no es fácilmente aparente. Caras correspondientes a la misma forma cristalográfica, como los prismas de cuarto orden  $\{111\}$  y  $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ , tienen frecuentemente medidas diferentes. De manera similar, de las cuatro caras del prisma de tercer orden posibles,  $\{110\}$ , solo tres están desarrolladas, no teniendo medidas uniformes. En la mayoría de los cristales, las caras  $\{110\}$  y  $\{111\}$  son las de mayor medida. Las caras del prisma de tercer orden  $\{2\bar{1}0\}$  están a menudo curvadas. La figura 25 corresponde a un cristal de lazulita de Rapid Creek, mostrando las caras mencionadas y otras como  $\{102\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{0\bar{1}\bar{1}\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}2\}$  y  $\{\bar{1}\bar{1}\bar{2}\}$ . Los cristales maclados son comunes.

Su color varía del azul celeste al azul muy oscuro, más o menos intenso. Algunos cristales tienen zonas de colo-

Figura 21. Lazulita, con siderita. Rapid Creek. 1,7 x 1,7 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

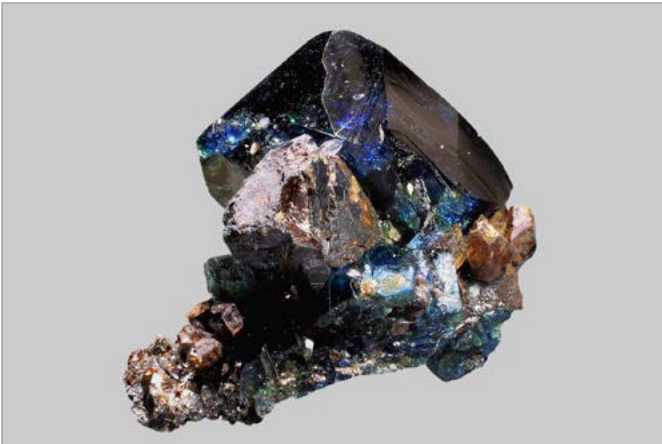


Figura 22. Lazulita, con siderita. Rapid Creek. 2,7 x 2 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

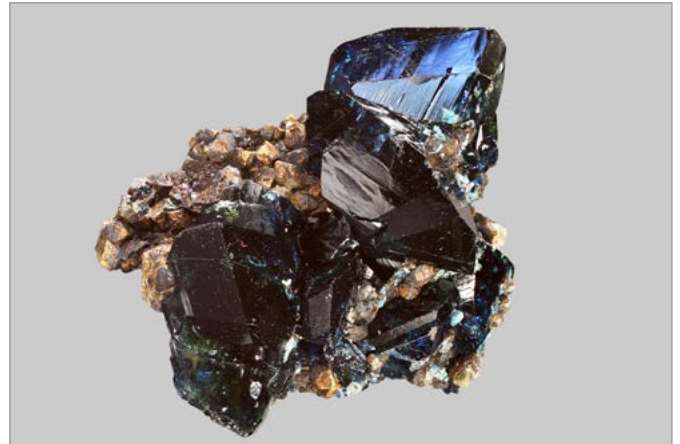
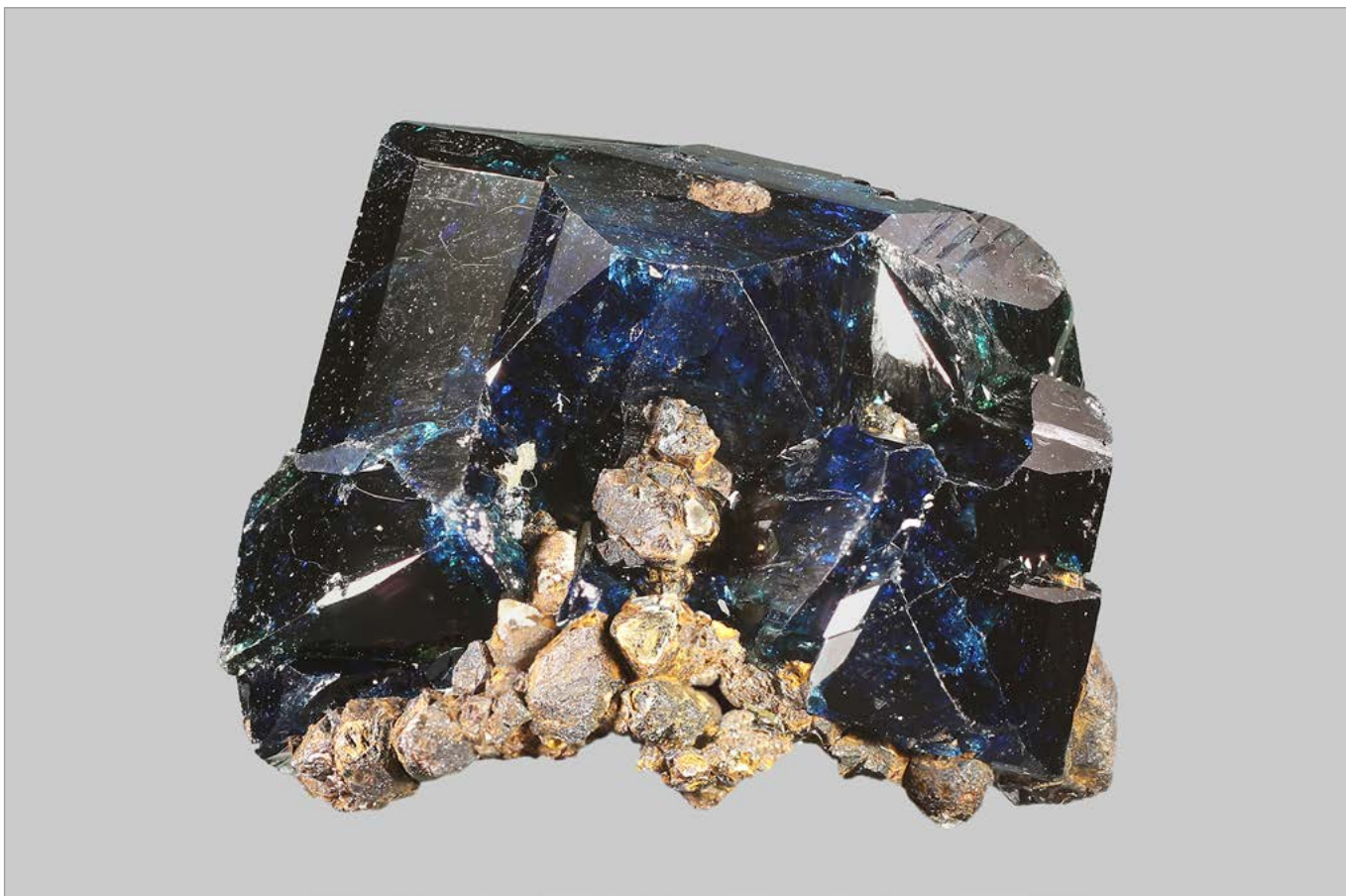




Figura 23. Lazulita, con siderita. Rapid Creek. 2,4 x 1,3 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

Figura 24. Lazulita, con siderita. Rapid Creek. 1,6 x 1,3 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



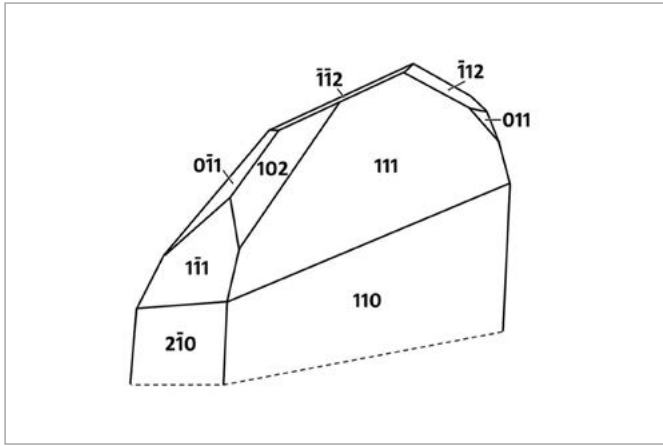


Figura 25. Formas cristalográficas presentes en un cristal de lazulita de Rapid Creek: pinacoide {102}; prismas de primer orden {011} y {011}; prismas de tercer orden {110} y {210}; prismas de cuarto orden {111}, {111}, {112} y {112}. Dibujo: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

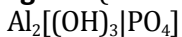


Figura 26. Lazulita, con siderita. Rapid Creek. 2 x 1,8 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

ración verdosa a verde azulada (figura 26). Su brillo es vítreo. Los cristales pueden ser translúcidos.

En las diferentes localidades de Rapid Creek y de Big Fish River suele hallarse asociada a cuarzo, siderita, fluorapatito, kulanita, souzalita-gormanita y wardita.

### Augelita (8.BE.05)



Cristaliza en el sistema monoclinico.

Los cristales son prismáticos a tabulares o también aciculares. La mayoría muestran predominio del prisma de tercer orden {110} y del pinacoide {001}, con caras {111} y {201} menos desarrolladas; otras formas menos frecuentes son {100}, {201} y {401} (figuras 27 y 28). También aparecen maclados.

Los cristales de augelita pueden parecerse mucho a los de brasilianita. En la augelita, la cara del pinacoide {001} tiene estriación paralela a la del pinacoide {201}, incluida esta, mientras que en la brasilianita es paralela a {010}.

Figura 27. Augelita. Kulan Camp, Rapid Creek. C.V. 9,5 mm. Colección y foto: José Luis Garrido.



Rapid Creek ha ido suministrando ejemplares de gran belleza y calidad, los cuales llegaron a ser considerados los mejores a nivel mundial, antes no obstante de la aparición en el mercado mineralógico de las augelitas procedentes de Bolivia y Perú.

Los cristales de Rapid Creek y Big Fish River suelen medir menos de 5 mm, si bien se encuentran con frecuencia de entre 6 y 10 mm. Medidas mayores, de hasta 3 cm, se pueden considerar excepcionales. Los mejores se han encontrado en Crosscut Creek (Kulan Camp) y en Young's Creek (Stoneman Camp). (Robinson *et al.*, 1992)

Suelen tener color verde pálido, amarillo verdoso a amarillo o amarillo anaranjado, o ser casi incoloros a blanquecinos (figuras 29, 30, 31 y 32). Algunos presentan zonas de coloración pardusca, por la inclusión de siderita, o azulada, debidas a inclusiones de lazulita.

Es un fosfato que proviene del metamorfismo de rocas fosfatadas en sedimentos peraluminosos. En Rapid Creek se localiza en las vetas de fallas y en sus brechas asociadas. Curiosamente, otros fosfatos de aluminio, como variscita o wavellita, no se han identificado en es-

Figura 28. Formas cristalográficas presentes en un cristal y una macla de augelita de Rapid Creek: pinacoides {001}, {201}, {201} y {401}; prisma de tercer orden {110}; prisma de cuarto orden {111}. Dibujos: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

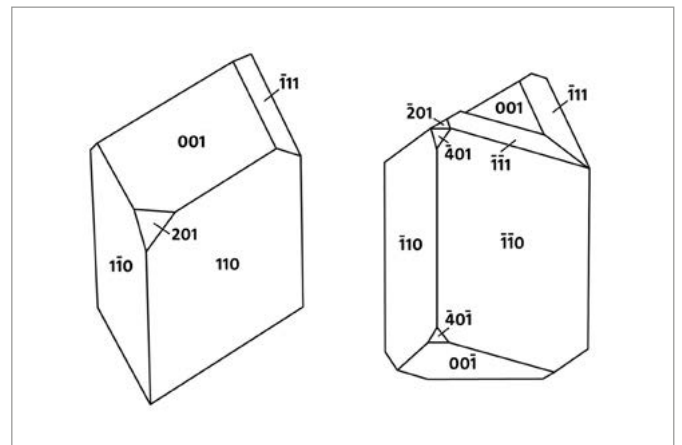




Figura 29. Augelita. Rapid Creek. 1,9 x 1,7 cm.  
Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 30. Augelita. Rapid Creek. 3,5 x 2,9 cm.  
Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

tos depósitos. La augelita suele hallarse asociada con siderita, lazulita y brasilianita.

### Arrojaditas (8.BF.05)

El nombre raíz 'arrojadita' forma parte ahora mismo del nombre de un total de seis especies (sin prefijos pero con sufijos), todas pertenecientes al grupo homónimo. De estas seis especies, en las áreas de estudio aparecen las cuatro siguientes:

- **Arrojadita-(BaFe):**  $(\text{Na}_2\text{Ca})(\text{BaFe}^{2+})\text{Fe}^{2+}_{13}\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_3(\text{OH})|(\text{PO}_4)_{11}]$ .
- **Arrojadita-(BaNa):**  $(\text{Na}_2\text{Ca})(\text{BaNa}_2)\text{Fe}^{2+}_{13}\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_3(\text{OH})|(\text{PO}_4)_{11}]$ .
- **Arrojadita-(KFe):**  $(\text{Na}_2\text{Ca})(\text{KNaFe}^{2+})\text{Fe}^{2+}_{13}\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_3(\text{OH})|(\text{PO}_4)_{11}]$ .
- **Arrojadita-(KNa):**  $(\text{Na}_2\text{Ca})(\text{KNa}_3)\text{Fe}^{2+}_{13}\text{Al}[(\text{OH})_2\text{PO}_3(\text{OH})|(\text{PO}_4)_{11}]$ .

Como podemos ver, los sufijos (o modificadores) empleados para la diferenciación de las especies dependen de la segunda posición catiónica en las respectivas fórmulas (Cámara *et al.*, 2006; Chopin *et al.*,

Figura 31. Augelita. Kulan Camp, Rapid Creek. C.V. 6 cm.  
Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa;  
foto: Michael Bainbridge.



2006). En el mismo grupo también están las fluorarrojaditas y las dickinsonitas.

Actualmente, en Big Fish River podemos encontrar las cuatro especies; en Rapid Creek, todas menos la del modificador BaNa.

La primera de las arrojaditas que fue descubierta se correspondía con la actual arrojadita-(KFe), pero fue denominada simplemente arrojadita (Guimarães, 1925). Esta arrojadita originaria forma serie con la dickinsonita, después denominada dickinsonita-(KMnNa).

La composición de las arrojaditas es bastante compleja, con muchas variaciones en las proporciones de los cationes. En el año 2005, gracias a los modernos métodos de determinación, la CNMMN-IMA decidió diferenciarlas en especies. El resultado se publicó en 2006 con el título "The arrojadite enigma", en dos partes (Cámara *et al.*, la I, y Chopin *et al.*, la II).

Tanto en función de la morfología como del color y el brillo, diferenciarlas a simple vista o con la ayuda de lupas y estereomicroscopios es prácticamente imposible. La paragénesis tampoco nos sirve de guía. Por todo ello, es mejor hablar de arrojaditas, en general, o hacer servir el término 'arrojadita' como nombre genérico, o también 'grupo arrojadita'.

Una de las especies diferenciadas fue la arrojadita-(KNa), aprobada en 2005 (código IMA 2005-047), a partir de muestras recogidas en Rapid Creek (localidad tipo) y conservadas desde 1980 en el Musée de Minéralogie de Mines-ParisTech, París.

Las arrojaditas cristalizan en el sistema monoclinico. Los cristales son tabulares a prismáticos, con predominio del pinacoide frontal {100} y habitualmente con los prismas {111} y {011}; y en los cristales tabulares más típicos, también con el pinacoide  $\{\bar{1}01\}$  y el prisma  $\{\bar{3}11\}$  (figura 33). Las caras correspondientes al pinacoide frontal son las más desarrolladas. Todas las caras suelen tener brillo vítreo menos las del prisma  $\{\bar{3}11\}$ , que lo tiene apagado o es mate (Robinson *et al.*, 1992).



Figura 32. Augelita, con brasilianita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

La especie más abundante en las áreas de estudio es la arrojadita originaria, es decir, la arrojadita-(KFe) (figura 34). Los mejores ejemplares, con cristales de hasta 1,5 cm, se han encontrado en dos localidades de Kulan Camp (Rapid Creek) y también en una de Big Fish River. El resto de especies aparece solo en cristales de pocos milímetros.

Son habituales los agregados de cristales tabulares en crecimientos paralelos según {100} (figura 35). El color es verde oliva, amarillento a pardusco; también grisáceo.

El descubrimiento de arrojaditas en el Yukón fue significativo, porque señaló la primera vez que estos minerales se hallaban fuera del entorno de las pegmatitas graníticas.

Los minerales asociados más habituales son cuarzo, siderita, whiteíta-(CaFeMg), kryzhanovskita, vivianita, metavivianita, whitlockita y xantoxenita. Se han encontrado cristales grises de medida milimétrica dentro de nódulos de ludlamita, wolfeíta y piritita.

En Rapid Creek y Big Fish River, las arrojaditas se producen como recubrimiento de fracturas abiertas en areniscas ricas en siderita. Las arrojaditas y el cuarzo euédrico representan la etapa inicial de la precipitación de fosfatos en las vetas, que tuvo lugar a partir de fluidos de baja salinidad durante o después de la orogenia Laramide, bajo condiciones metamórficas de grado muy bajo y a temperaturas mínimas de 180 a 200°C. (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 33. Formas cristalográficas presentes en un cristal de arrojadita-(KFe) de Rapid Creek (vistas frontal, abajo, y cenital, arriba): pinacoides {100} y  $\{\bar{1}01\}$ ; prisma de primer orden {011}; prismas de cuarto orden {111} y  $\{\bar{3}11\}$ . Dibujos: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

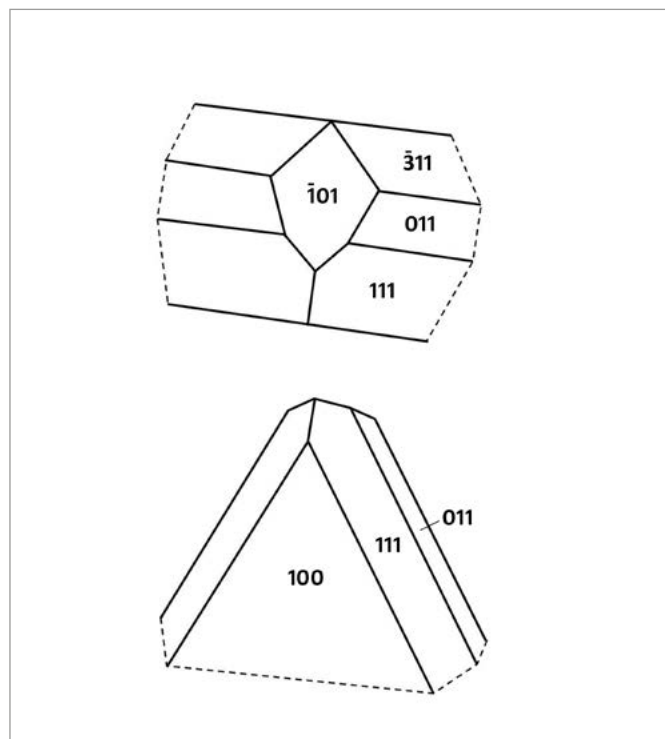


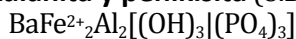


Figura 34. Arrojadita-(KFe), con cuarzo. Rapid Creek. C.V. 5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 35. Arrojadita-(KFe). Rapid Creek. C.V. 4,5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

### Kulanita y penikisita (8.BH.20)



Ambas especies son monoclinicas. Forman serie entre sí (y con la perloffita) y pertenecen al grupo bjarebyita. La penikisita se describió inicialmente, en 1977, como triclinica (pseudomonoclinica), pero en 2013 fue redefinida como monoclinica (Bowman *et al.*).

La kulanita fue aprobada en 1975 y publicada en 1976 (Mandarino y Sturman). El ejemplar estudiado provenía de Rapid Creek. Poco después se examinó un ejemplar similar recogido muy cerca de donde se había hallado el primero. El estudio detallado de aquella “nueva kulanita” reveló que los cristales estaban fuertemente zonados, con unas partes más azuladas y de tonalidad menos oscura, situadas generalmente cerca de las aristas de los cristales. Se comprobó que las relaciones Mg:Fe<sup>2+</sup> presentaban variaciones significativas, y que estas partes menos oscuras y más azuladas tenían un contenido en magnesio más alto que en hierro (Mg>Fe<sup>2+</sup>). A raíz de los análisis realizados,

fue aprobada y publicada como una nueva especie con el nombre de penikisita (Mandarino *et al.*, 1977).

Ambas especies son parecidas en sus características externas: cristales transparentes a translúcidos, brillo vítreo, color azul oscuro o azul verdoso a verde en la kulanita y verde azulado a azul en la penikisita (figuras 36, 37, 38 y 39). La variación de color depende mucho de la composición, que puede ser muy diferente de unas localidades a otras: cristales con contenido relativamente bajo en magnesio y alto en manganeso (serie hacia la perloffita) son notablemente de una coloración menos verde; mientras que otros autores indican que en los cristales zonados de kulanita y penikisita, como se ha dicho antes, las zonas de color azul menos oscuro tienen menos Fe<sup>2+</sup> (son más próximas a penikisita) que las azules oscuras (más cercanas a kulanita) (Mandarino *et al.*, 1977).

Los cristales de penikisita raramente alcanzan los 5 mm de tamaño, mientras que los de kulanita pueden ser más grandes (se conocen de hasta unos 15 mm). Se presentan con hábito tabular, delgados a gruesos, simples a complejos y ricos en caras, formando a menudo agre-

Figura 36. Kulanita, con cuarzo y lazulita. Rapid Creek. Cristal de 5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 37. Kulanita, con lazulita y siderita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.





Figura 38. Kulanita, con siderita. Rapid Creek. C.V. 1,2 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 39. Kulanita (posible kulanita-penikisita), con cuarzo, siderita y lazulita. Rapid Creek. C.V. 1,5 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

gados en roseta o en grupos divergentes (figura 40). La figura 41 muestra un cristal de kulanita de Rapid Creek, rico en caras, por la combinación de diversos prismas ( $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{161\}$ , etc.) y con los pinacoides  $\{100\}$  y  $\{001\}$ .

Aunque se han hallado también en Big Fish River, ambas especies son más abundantes en Rapid Creek, sobre todo la kulanita, y especialmente en Crosscut Creek (Kulan Camp) (figura 42); pero los cristales más grandes y de más calidad de kulanita se han recogido en Young's Creek (Stoneman Camp) (Robinson *et al.*, 1992). Aparecen asociadas con cuarzo y siderita, y además con brasilianita, arrojaditas y fluorapatito, y la kulanita también con lazulita, en lugares muy concretos.

La localidad tipo de ambas especies es Rapid Creek. Códigos IMA 1975-012 (kulanita) y IMA 1976-023 (penikisita). Holotipos conservados en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Los nombres están dedicados a los prospectores canadienses A. Kulan (1921-1977), de quien hemos habla-

do mucho en la primera parte del artículo, y G. Penikis (1936-1979), también citado en la primera parte.

### Brasilianita (8.BK.05)



Cristaliza en el sistema monoclinico.

Los cristales, que raramente superan los 10 mm de longitud, son típicamente prismáticos, algunos de ellos biterminados, alargados según el eje *c* (figura 43), con predominio del prisma de tercer orden  $\{110\}$ , combinado usualmente con el pinacoide  $\{001\}$ ; también con los pinacoides  $\{10\bar{1}\}$  y  $\{010\}$  y el prisma  $\{11\bar{1}\}$ .

Los cristales de brasilianita pueden parecerse mucho a los de augelita por forma y color, ya que pueden ser amarillentos a verdosos, también blanquecinos, con brillo vítreo (figuras 44 y 45). La cara del pinacoide  $\{001\}$  tiene estriación paralela a la del pinacoide  $\{010\}$ , mientras que en la augelita es paralela a  $\{201\}$ .

Aparece en Rapid Creek, sobre todo en Crosscut

Figura 40. Kulanita, con collinsita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 41. Formas cristalográficas presentes en un cristal de kulanita de Rapid Creek: pinacoides  $\{001\}$ ,  $\{100\}$  y  $\{10\bar{1}\}$ ; prismas de primer orden  $\{011\}$  y  $\{031\}$ ; prismas de tercer orden  $\{110\}$  y  $\{120\}$ ; prismas de cuarto orden  $\{111\}$ ,  $\{121\}$ ,  $\{131\}$  y  $\{161\}$ . Dibujo: José Luis Garrido (fuente: Mandarino & Sturman, 1976).

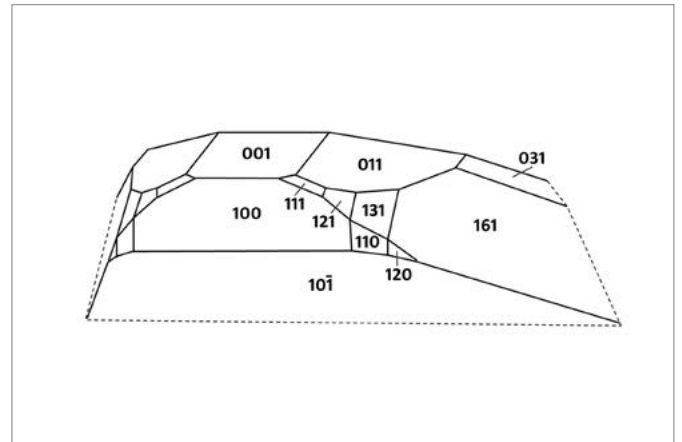




Figura 42. Kulanita, con cuarzo. Kulan Camp, Rapid Creek. 9 x 5 cm. Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.

Figura 43. Formas cristalógicas presentes en dos cristales de brasilianita de Rapid Creek: pinacoides  $\{001\}$ ,  $\{010\}$  y  $\{10\bar{1}\}$ ; prisma de tercer orden  $\{110\}$ ; prisma de cuarto orden  $\{11\bar{1}\}$ . Dibujos: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

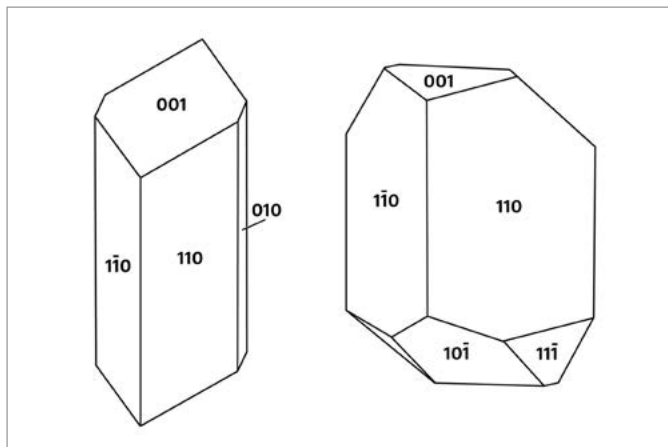


Figura 44. Brasilianita, con lazulita y siderita. Rapid Creek. C.V. 2,8 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



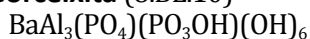




Figura 45. Brasilianita, con augelita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Colección y foto: Paulí Gispert.

Creek (Kulan Camp), y también en Big Fish River. Está asociada con siderita, lazulita y cuarzo, pero también se puede hallar con kulanita, souzalita-gormanita, augelita, fluorapatito y whiteíta-(CaFeMg).

#### Gorceixita (8.BL.10)



Cristaliza en el sistema monoclinico (pseudotrigonal). Pertenece al grupo plumbogummita. Es el equivalente en Ba de la goyazita (de Sr) y de la crandallita (de Ca).

Los cristales son relativamente sencillos: tabulares pseudo-hexagonales, con claro predominio del pinacoide {001} y con las caras laterales oblicuas, formadas por la combinación de los pinacoides {101} y {100} con los prismas {110} y {011} (figuras 46 y 47). Normalmente aparecen superpuestos, en paralelo a {001}, con un escalonamiento que es especialmente apreciable por la superposición de las caras {101}. También los hay pseudorromboédricos, a menudo con las caras escalonadas (figura 48). Pueden llegar a los 5 mm pero lo más habitual es que no alcancen los 3 mm.

Se encuentra también en forma de granos diminutos,

Figura 47. Gorceixita, con cuarzo. Rapid Creek. C.V. 5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

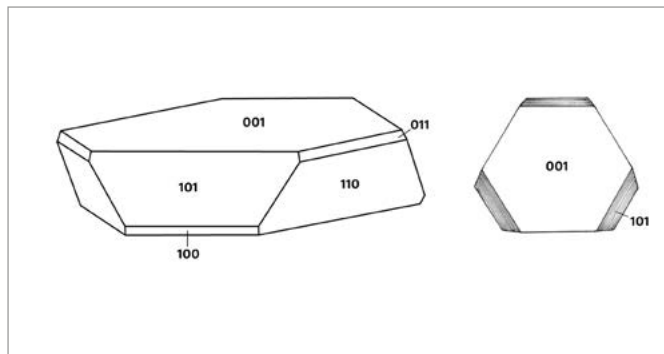
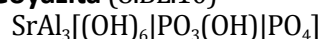


Figura 46. Formas cristalográficas presentes en un cristal de gorceixita de Rapid Creek (a la izquierda): pinacoides {001}, {100} y {101}; prisma de primer orden {011}; prisma de tercer orden {110}. A la derecha, superposición de cristales. Dibujos: José Luis Garrido (fuentes: Robinson *et al.*, 1992; web mineralienatlas.de).

cantos rodados y agregados globulares (figura 49), los cuales son en parte microcristalinos. Su color es blanco, grisáceo, amarillento, pardo, verdoso a azulado; también incoloro. El brillo es vítreo, resinoso a céreo. Especies asociadas: siderita, cuarzo, lazulita y augelita.

Esta especie no es particularmente común en Rapid Creek y es más bien rara en Big Fish River. Juntamente con otros fosfatos ricos en bario, parece que su presencia está limitada a zonas de falla brechada y a depósitos conglomeráticos (Robertson, 1982). Los mejores ejemplares, con los cristales de hasta 5 mm, provienen de Crosscut Creek (Kulan Camp); otros destacables, pero con cristales más pequeños, son de dos localidades de Stoneman Camp (Robinson *et al.*, 1992).

#### Goyazita (8.BL.10)



Cristaliza en el sistema trigonal. Pertenece al grupo plumbogummita. Es el equivalente en Sr de la gorceixita (de Ba) y de la crandallita (de Ca). Es la única especie conocida en las zonas de estudio que contiene Sr como catión grande predominante.

Figura 48. Gorceixita, con cuarzo. Rapid Creek. C.V. 4,5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.





Figura 49. Gorceixita. Rapid Creek. C.V. 5,5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

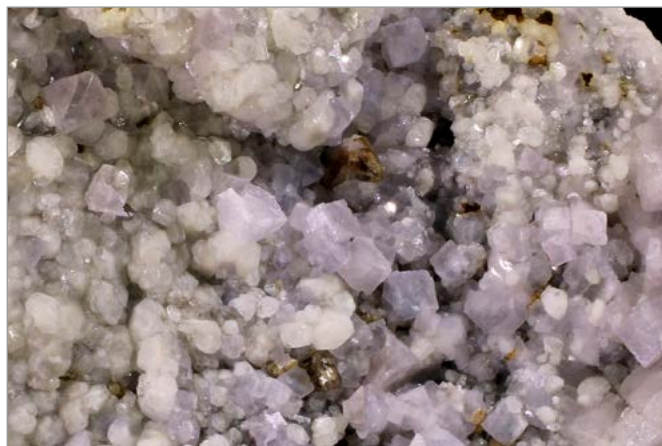
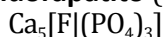


Figura 50. Goyazita, con fluorapatito y siderita. Rapid Creek. C.V. 3,3 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

Los cristales son romboédricos (predominio del romboedro {102}), usualmente pseudocúbicos, de color blanco a rosado, de hasta 1 cm (figura 50). Cabe destacar los ejemplares provenientes de Young's Creek (Stoneman Camp, Rapid Creek).

Está comunmente asociada con siderita, kulanita y cuarzo. La asociación con kulanita indica que tanto el Ba como el Sr estaban presentes durante la cristalización, lo que no sucede con la gorceixita. Diferentes análisis han demostrado que esta goyazita es relativamente pura, con una baja proporción de Ba, concentrado en el centro de los cristales. Tampoco se detectó ni Fe ni Mn en los cristales rosados analizados (sí se encontraron rastros de Ce, pero es incierto que este elemento sea el causante de esta coloración). (Robinson *et al.*, 1992)

#### Fluorapatito (8.BN.05)



Cristaliza en el sistema hexagonal. Pertenece al grupo apatito.

Es relativamente abundante en las zonas de estudio,

Figura 51. Fluorapatito, con cuarzo, lazulita y siderita. Kulan Camp, Rapid Creek. 2,8 x 2,5 cm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.



pero raramente aparece en grandes cantidades. Se han encontrado ejemplares de gran calidad sobre todo en Kulan Camp. Los cristales más grandes suelen alcanzar los 2 cm, pero normalmente miden menos de 1 cm. (Robinson *et al.*, 1992)

Los cristales son mayoritariamente prismáticos, también tabulares, casi siempre con la combinación de las mismas formas cristalográficas: prismas y dipirámides hexagonales, con o sin pinacoides basales (figuras 51, 52 y 53). Algunos cristales muestran a veces bandas fibrosas en sus terminaciones, que son el resultado de una interrupción en la cristalización. Pueden ser incoloros, blancos a rosados o violáceos, también amarillentos a parduscos pálidos. Parece que el color rosado a violáceo está confinado en la zona exterior de los cristales y que se debe a la presencia de pequeñas cantidades de óxido de manganeso.

Está asociada principalmente con lazulita, siderita, cuarzo y goyazita.

La variedad carbonatofluorapatito es menos común, apareciendo como costras botrioides y también en nódulos diminutos (Robertson, 1982).

Figura 52. Fluorapatito, con cuarzo, siderita y lazulita. Rapid Creek. Cristal de 6 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.





Figura 53. Fluorapatito, con lazulita y siderita. Kulan Camp, Rapid Creek. 6,5 x 3 cm. Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.

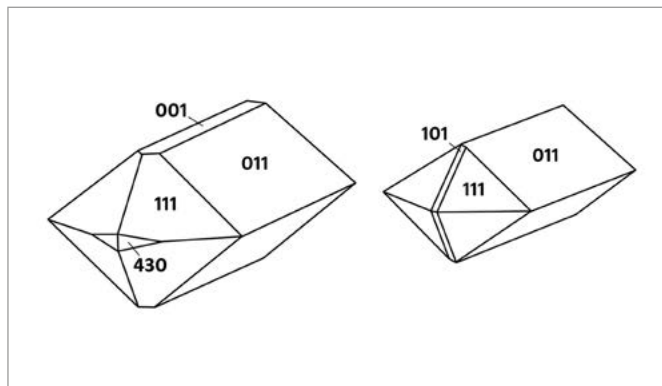
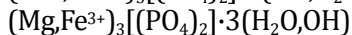
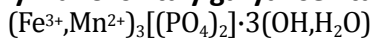


Figura 54. Formas cristalográficas en un cristal de garyansellita (izquierda) y garyansellita-kryzhanovskita (derecha) de Rapid Creek: pinacoide {001}; prismas primer orden {011} y {032}; prisma segundo orden {101}; prisma tercer orden {430}; dipirámide {111}. Dibujos: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

### Fosfatos hidratados sin aniones extraños

Tenemos: kryzhanovskita-garyansellita, fosfosiderita, ludlamita, vivianita-bariçita, wicksita, collinsita y messelita.

### Kryzhanovskita y garyansellita (8.CC.05)



Cristalizan en el sistema ortorrómbico. Forman serie entre sí y pertenecen al grupo fosfoferrita. Los miembros de este grupo constituyen unas series complejas caracterizadas por un ordenamiento extensivo entre cationes de medida y valencia variables (Moore *et al.*, 1980). La presencia de  $\text{Fe}^{3+}$  en estas dos especies, a diferencia de lo que sucede con la fosfoferrita, provoca un exceso de carga catiónica, que queda equilibrado por los OH, que sustituyen parcialmente a los  $\text{H}_2\text{O}$ . La presencia de estos grupos OH hace que también puedan ser clasificadas entre los fosfatos hidratados con aniones extraños (8.D...).

Tienen color pardusco con brillo vítreo. La garyansellita puede tener tonalidad bronceada en las su-

perficie de exfoliación. La kryzhanovskita puede ser también rojo pardusco a casi negra.

Los cristales raras veces tienen un tamaño superior a los 2 mm, aunque de kryzhanovskita se han hallado de hasta 2 cm. Suelen ser alargados, por el predominio del prisma {011}, combinado con la dipirámide {111}, que también puede ser la forma predominante en cristales más cortos; mientras que otras formas observadas, como la {001}, la {101}, la {032} y la {430}, son menos comunes (figuras 54 y 55). Las maclas son poco frecuentes. La garyansellita es más habitual que se presente en plaquitas.

Las vetas que contienen kryzhanovskita suelen ser muy estrechas e incluyen a menudo cuarzo, metavivianita y arrojaditas. Ambas especies se han observado también como laminillas, asociadas con vivianita y bariçita en nódulos de wolfeíta alterada.

La garyansellita es mucho más rara, pero se ha encontrado bien cristalizada en Kulan Camp (Rapid Creek); también en una de las localidades de Big Fish River, en superficies de fractura dentro de nódulos de satterlyita. La kryzhanovskita es menos rara, tanto en

Figura 55. Kryzhanovskita. Rapid Creek. C.V. 4 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

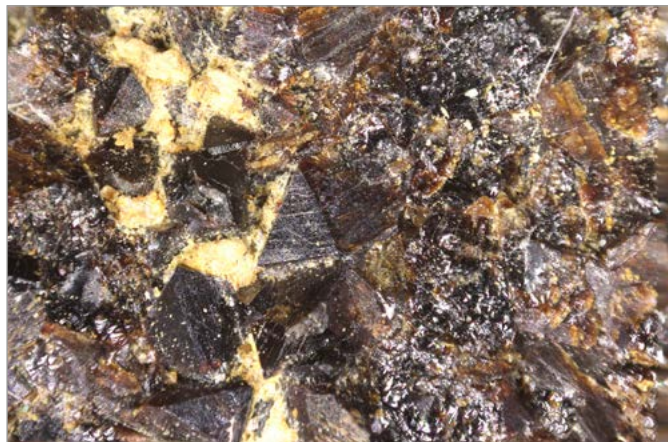


Figura 56. Vivianita, ludlamita y cuarzo. Big Fish River. C.V. 5,5 cm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George W. Robinson (fuente: Canadian Museum of Nature).



Rapid Creek como en Big Fish River.

La localidad tipo de la garyansellita es Rapid Creek. Código IMA 1981-019. Holotipo conservado en el Royal Ontario Museum, Toronto.

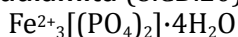
### Fosfosiderita (8.CD.05)



Cristaliza en el sistema monoclínico. Pertenece al grupo metavariscita y es dimorfa de la strengita.

Es rara en las zonas de estudio. Los únicos ejemplares destacables provienen de un lugar con fracturas irregulares que contienen siderita, souzalita-gormanita y brasilianita, en una localidad de Stoneman Camp. También ha aparecido en Kulan Camp, a modo de masas céricas y pequeñas vetas, rosadas a blanquecinas, en la periferia de los nódulos de wolfeíta, mariquita y piritita (Robinson *et al.*, 1992).

### Ludlamita (8.CD.20)



Cristaliza en el sistema monoclínico. Pertenece al grupo homónimo.

Los cristales son tabulares, con predominio del pinacoide  $\{001\}$ , combinado con prismas, como  $\{110\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$  y  $\{51\bar{1}\}$ , y pinacoides, como  $\{100\}$  y  $\{10\bar{1}\}$  (Robinson *et al.* 1992).

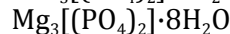
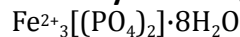
Su color puede tener diversos matices de verde; raramente es azul o incolora. El brillo es vítreo o resinoso.

Es poco frecuente, aunque en algunos lugares puede aparecer en abundancia como exfoliaciones de hasta 2 cm o bien en masas granulares meteorizadas, rellenando algunas fracturas.

Desgraciadamente, suele estar afectada por el permafrost, que hace que la mayoría de muestras se rompan fácilmente al extraerlas. Por esta razón, los

buenos ejemplares son escasos. Los más destacables se han obtenido en una localidad de Big Fish River, donde se han encontrado cristales de color verde pálido de hasta 1 cm, asociados con vivianita y cuarzo (figura 56).

### Vivianita y bariquita (8.CE.40)



Cristalizan en el sistema monoclínico. Forman serie entre sí y pertenecen al grupo vivianita. En las áreas de estudio, la sucesión de composiciones vivianita-bariquita, con intercambio entre  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mg}$ , es continua, pudiendo darse incluso en diferentes zonas de un mismo ejemplar. De hecho, prácticamente todas las bariquitas contienen  $\text{Fe}^{2+}$ , a veces en proporciones muy próximas al límite; asimismo, la mayoría de vivianitas contienen  $\text{Mg}$  (Gramaccioli, 1986).

Ambas tienen color azul a verde azulado o azul grisáceo, con brillo vítreo. Los cristales más grandes de vivianita pueden ser azules con tonalidad muy oscura, mientras que las finas costras que recubren las pizarras son de color azul pálido.

Los cristales son muy parecidos: tabulares, por el predominio del pinacoide lateral  $\{010\}$ , y a menudo alargados, por el pinacoide frontal  $\{100\}$  y los prismas de tercer orden; en la vivianita es típico el  $\{540\}$ , en las caras verticales, combinado con el pinacoide  $\{501\}$  y el prisma de cuarto orden  $\{531\}$ , en las caras oblicuas, con otros pinacoides y prismas en las pequeñas caras terminales (figuras 57 y 58).

Los cristales de vivianita pueden superar fácilmente el centímetro y aparecen aislados o, más habitualmente, en grupos paralelos a divergentes (figuras 59 y 60). Los mejores aparecen en una localidad de Big Fish River, en tamaños de hasta 5 cm, asociados

Figura 57. Vivianita. Big Fish River. Cristal de 9 mm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George W. Robinson (fuente: Canadian Museum of Nature).



Figura 58. Formas cristalográficas presentes en dos cristales de vivianita de Big Fish River: pinacoides  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{101\}$  y  $\{501\}$ ; prisma de primer orden  $\{021\}$ ; prisma de tercer orden  $\{540\}$ ; prismas de cuarto orden  $\{531\}$  y  $\{221\}$ . Dibujos: José Luis Garrido (fuente: Robinson *et al.*, 1992).

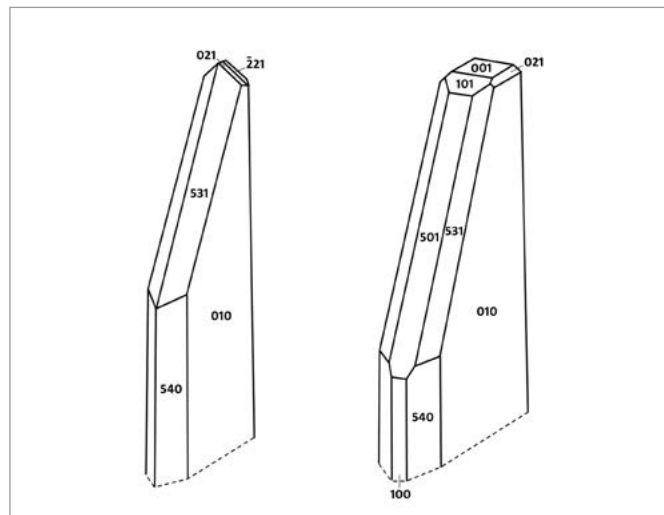




Figura 59. Vivianita. Big Fish River. 10 x 4,5 cm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.

Figura 60. Vivianita, con cuarzo. Big Fish River. 4 x 2,5 cm.  
Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George  
W. Robinson (fuente: Canadian Museum of Nature).



Figura 61. Barićita. Kulan Camp, Rapid Creek. 5 x 1,6 cm.  
Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



con cuarzo, ludlamita, arrojadita-(KFe) y fluorapatito (Robinson *et al.*, 1992).

Los cristales bien diferenciados de barićita son, en cambio, raros y pequeños, si bien en el Canadian Museum of Nature, Ottawa, preservan excelentes ejemplares hallados en Crosscut Creek (Kulan Camp, Rapid Creek). Uno de los más representativos muestra un cristal muy bien formado, de color azul grisáceo pálido, de unos 5 cm de longitud. Es más habitual que aparezca en agregados radiales centimétricos, de color azul claro a gris azulado o verde azulado (figura 61); a veces también micáceos, por la superposición de finas láminas, con frecuencia pseudohexagonales.

La barićita fue descrita por primera vez gracias a las búsquedas efectuadas en Crosscut Creek (Kulan Camp), donde se presenta asociada con siderita, cuarzo, vivianita y lazulita (Sturman y Mandarino, 1976). También se ha encontrado asociada con whiteíta-(CaFeMg), collinsita, childrenita-eosforita y kryzhanovskita.

Las colocalidades tipo de la barićita son Big Fish River y Rapid Creek. Código IMA 1975-027. Holotipos conservados en el Royal Ontario Museum, Toronto.

#### Wicksita (8.CF.05)



Cristaliza en el sistema ortorrómbico. Pertenece al grupo homónimo.

Normalmente aparece dentro de los nódulos fosfatos, como agregados radiales de color verde oscuro o azul oscuro a casi negro, con brillo entre nacarado y submetálico (figura 62). También forma inclusiones de hasta 1 cm dentro de la wolfeíta.

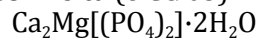
Entre los minerales asociados que se han observado están la pirita y la vivianita (Robinson *et al.*, 1992). En el área de Big Fish River, donde se han hallado las mejores muestras, también aparece asociada con satterlyita.

Big Fish River es la localidad tipo. Código IMA 1979-019. Holotipo conservado en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Figura 62. Wicksita, con pirita. Big Fish River. C.V. 1,3 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



#### Collinsita (8.CG.05)



Cristaliza en el sistema triclinico. Pertenece al grupo fairfieldita. A menudo contiene  $\text{Fe}^{2+}$  en sustitución parcial del Mg.

Los cristales son prismáticos, normalmente con las caras planas o un poco redondeadas y con terminaciones apuntadas (figura 63). Son característicos los grupos radiales, hojosos o incluso fibrosos (figuras 64, 65 y 66). Habitualmente son incoloros, blanquecinos a blanco amarillentos y el brillo es nacarado a sedoso. También pueden tener color grisáceo a verdoso.

En 1983 se encontraron en Young's Creek (Stoneman Camp, Rapid Creek) algunos de los mejores ejemplares de collinsita jamás recogidos: agregados en estrella formados por cristales de color blanco crema, de hasta 2 cm, con cuarzo y pequeñas cantidades de siderita, fluorapatito, metavivianita y gorceixita (figura 64). Asimismo se han obtenido ejemplares notables en una localidad de Kulan Camp y en Grizzly Bear Creek (Stoneman Camp). Finalmente, también aparece en las dos localidades de Big Fish River. (Robinson *et al.*, 1992)

Actualmente se sigue encontrando tanto en Rapid Creek como en Big Fish River, como cristales de no mucho más de 1 cm y en agrupaciones radiales de hasta 2 cm. También aparece asociada con lazulita y cuarzo, en diversas fisuras.

#### Messelita (8.CG.05)



Cristaliza en el sistema triclinico. Pertenece al grupo fairfieldita. Casi siempre contiene  $\text{Mn}^{2+}$  en sustitución parcial del  $\text{Fe}^{2+}$ .

Los cristales aislados son raros. Generalmente se presentan agrupados en agregados globulares; también radiales y en haces. El color es blanco a amarillento o pardo pálido, con brillo resinoso o graso, raras veces vítreo.

Los mejores ejemplares se han hallado en Crosscut Creek (Kulan Camp) y en una localidad de Stoneman

Figura 63. Collinsita. Rapid Creek. C.V. 3,3 mm. Colección y foto: José Luis Garrido.





Figura 64. Collinsita. Stoneman Camp, Rapid Creek. C.V. 7 cm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.

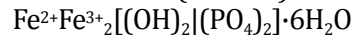
Camp, en agregados globulares de hasta 2 cm de diámetro. Suele estar asociada con siderita, cuarzo, lazulita, gordonita y whiteíta-(CaFeMg). Probablemente sea una de las últimas especies en formarse. (Robinson *et al.*, 1992)

#### Fosfatos hidratados con aniones extraños

Tenemos: metavivianita, gordonita, souzalita-gorma-

nita, childrenita-eosforita, whiteíta-(CaFeMg), xantoxenita y wardita.

#### Metavivianita (8.DC.25)



Cristaliza en el sistema triclinico. A pesar de lo que pueda parecer por el nombre, su relación con la vivianita es solo por el aspecto.

Figura 65. Collinsita. Rapid Creek. C.V. 6 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



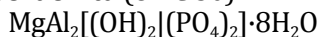
Figura 66. Collinsita. Rapid Creek. 9 x 6 cm. Colección y foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



Es más bien rara. Aparece como agregados exfoliables que rellenan las fracturas, allí donde lo permite el espacio. Tiene color verde oliva a verde pardusco o pardo grisáceo, con brillo grasoso.

Se pueden encontrar ejemplares razonablemente buenos en algunas localidades de Kulan Camp y Stoneman Camp. La mayoría de estos son muy quebradizos, lo que dificulta su extracción y conservación. (Robinson *et al.*, 1992)

#### Gordonita (8.DC.30)

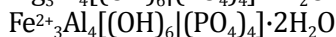
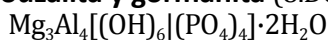


Cristaliza en el sistema triclinico. Perteneció al grupo laueíta.

Es un mineral poco común en las diferentes localidades de Rapid Creek y Big Fish River. Los cristales individuales son prismáticos, más o menos aplanados y a veces fuertemente estriados, de hasta 1 mm o poco más. A menudo se agrupan en agregados hojosos, de hasta 5 mm, constituidos por individuos todos ellos con la misma terminación (figura 67). Son incoloros a blanquecinos, también amarillentos a parduscos o grisáceos, a veces con terminaciones rosadas a verdosas pálidas.

Está generalmente asociada con siderita, arrojaditas, lazulita y wardita. Las mejores muestras se han encontrado en una localidad de Kulan Camp (Rapid Creek), con cristales blanquecinos a amarillentos de hasta 2 mm, que aparecen recubriendo pequeños agregados de wardita. (Robinson *et al.*, 1992)

#### Souzalita y gormanita (8.DC.45)



Cristalizan en el sistema triclinico. Forman serie entre sí. La íntima asociación souzalita-gormanita justifica la dificultad en clasificar los ejemplares sin analizarlos: incluso cristales individuales muestran relaciones variables Mg:Fe<sup>2+</sup>, proporcionando composiciones que prueban que ambas especies están presentes (Sturmann *et al.*, 1981).

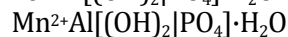
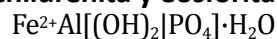
Debido a que no hay diferencias marcables en color y morfología, si bien parece ser que la gormanita es el miembro más abundante en las áreas de estudio, es recomendable que los ejemplares no analizados se cataloguen como souzalita-gormanita (por antigüedad) o gormanita-souzalita (por orden alfabético).

Tanto en Big Fish River como en Rapid Creek se localizan en superficies de fractura y también como inclusiones en cuarzo. Los cristales son aciculares, con grosor variable, de hasta poco más de 1 cm de longitud, y aparecen generalmente formando grupos paralelos a divergentes, en haces y agregados radiales (figuras 68, 69 y 70). Su color tiene tonalidades que van del azul verdoso al verde oscuro. El brillo es subvitreoso a grasoso.

Los mejores ejemplares provienen de una localidad de Stoneman Camp (Rapid Creek) y, sobre todo, de otra de Big Fish River. Las especies asociadas más frecuentes son cuarzo y siderita. (Robinson *et al.*, 1992)

Big Fish River y Rapid Creek son las localidades tipo. Código IMA 1977-030. Holotipos conservados en el Royal Ontario Museum, Toronto.

#### Childrenita y eosforita (8.DD.20)



Cristalizan en el sistema ortorrómbico. Forman serie entre sí. Con el análisis de muestras procedentes de Rapid Creek se comprobó que se sitúan entre childrenita y eosforita, lo que hace casi imposible diferenciarlas *de visu* como especies. Por ejemplo, en muestras de dos localidades vecinas de Stoneman Camp, mientras que en las de una tenemos predominio del Fe<sup>2+</sup>, en las de la otra el predominio es del Mn<sup>2+</sup> (Robinson *et al.*, 1992). Por esta razón, en este caso también se recomienda que, si los ejemplares no han sido analizados, se cataloguen como childrenita-eosforita.

Los cristales son prismáticos, a veces aplanados, con terminaciones piramidales. Aparecen aislados o en grupos paralelos, divergentes a radiales (figura 71 y 72). En algunas localidades, sobre todo de Rapid Creek,

Figura 67. Gordonita, con arrojadita-(KFe). Rapid Creek. C.V. 3 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

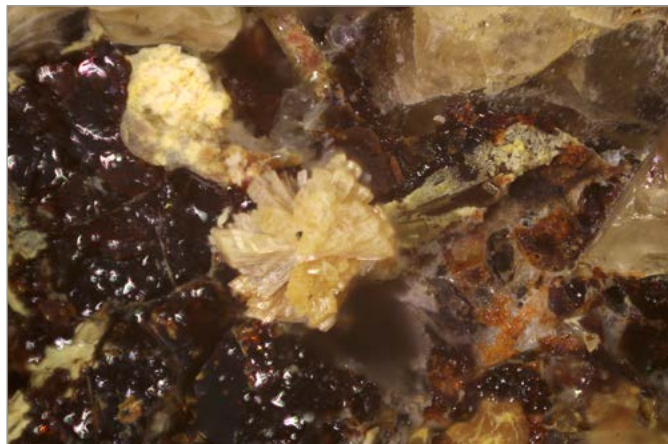


Figura 68. Souzalita-gormanita, con cuarzo y siderita. Big Fish River. 4,2 x 3,1 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.







Figura 69. Souzalita-gormanita, con childrenita-eosforita y siderita. Big Fish River. C.V. 5,5 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

en superficies de fractura se hallan agrupaciones radiales con cristales de hasta 1,5 cm de longitud. Cristales aislados, más pequeños, aparecen en algunas de las vetas de cuarzo. Los mejores ejemplares, con cristales pequeños pero bien formados y muy brillantes, proceden de una localidad de Stoneman Camp (Rapid Creek), donde la eosforita es el término mayoritario (Robinson *et al.*, 1992).

Figura 70. Souzalita-gormanita, con cuarzo y siderita. Big Fish River. C.V. 3,2 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Los cristales tienen color pardo, pardo anaranjado a pardo amarillento, también amarillo melado e incluso blanquecino a grisáceo, a veces con terminaciones verdosas. Muchos cristales, especialmente los más pequeños, son muy transparentes, con brillo vítreo.

La childrenita-eosforita suele encontrarse asociada a cuarzo, siderita, lazulita, souzalita-gormanita y wardita.

Figura 71. Childrenita-eosforita, con cuarzo, siderita y lazulita. Rapid Creek. C.V. 1,2 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.





Figura 72. Childrenita-eosforita, con cuarzo. Rapid Creek. C.V. 4 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

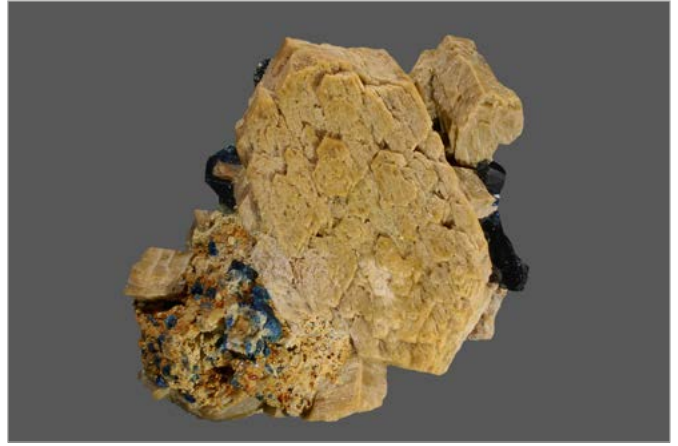
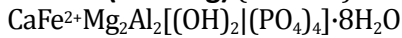


Figura 73. Whiteíta-(CaFeMg), con lazulita. Rapid Creek. 2,7 x 2,3 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

### Whiteíta-(CaFeMg) (8.DH.15)



Cristaliza en el sistema monoclinico. Las whiteítas conforman un complejo subgrupo de especies, todas con el nombre raíz whiteíta seguido de tres modificadores, dentro del mismo grupo que las jahnsitas, que son sus equivalentes con  $\text{Fe}^{3+}$  en vez de Al. Hasta ahora la única whiteíta determinada con seguridad en las áreas de estudio es la de CaFeMg. Puede contener

$\text{Mn}^{2+}$  sustituyendo parcialmente al  $\text{Fe}^{2+}$  y también al Ca.

Los cristales son tabulares y están generalmente maclados por reflexión según {001} (figura 73 y 74). La repetición de las maclas da lugar a las aristas curvadas que se observan en muchos ejemplares, debido a la ligera incompatibilidad entre los planos compartidos en los cristales individuales (figura 75). La figura 76 muestra una combinación de formas cristalográficas

Figura 74. Whiteíta-(CaFeMg), con lazulita. Rapid Creek. 3 x 2,6 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.





Figura 75. Whiteíta-(CaFeMg). Rapid Creek. 3,1 x 2,8 cm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

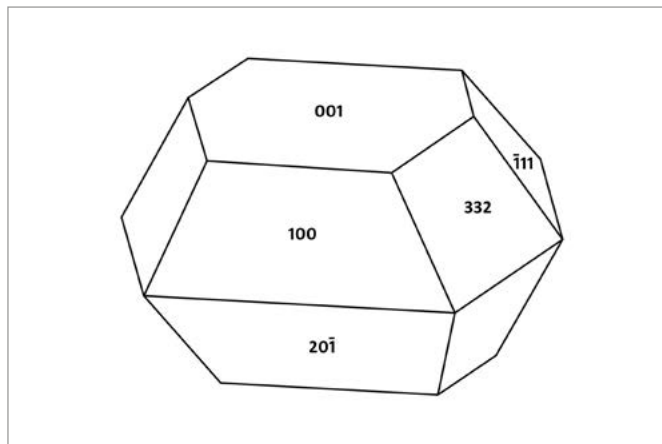


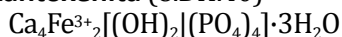
Figura 76. Formas cristalográficas presentes en un cristal de whiteíta-(CaFeMg) de Rapid Creek: pinacoides {001}, {100} y {201}; prismas de cuarto orden {111} y {332}. Dibujo: José Luis Garrido (fuente: web mineralienatlas.de).

común en los cristales de las whiteítas, con predominio del pinacoide {001} combinado con los pinacoides {100} y {201} y los prismas {111} y {332}. El color varía del amarillo pardusco al pardo pálido y al blanco amarillento, con brillo vítreo a graso.

En Rapid Creek, los mejores ejemplares se han hallado en Crosscut Creek (Kulan Camp) y en una localidad de Stoneman Camp. En Big Fish River no se ha encontrado.

Las principales especies asociadas con la whiteíta-(CaFeMg) son siderita, cuarzo, lazulita y arrojadita-(KFe).

#### Xantoxenita (8.DH.40)



Cristaliza en el sistema triclínico.

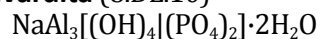
Solamente se ha encontrado en Rapid Creek, donde aparece como agregados formados por cristales lenticulares a tabulares de hasta 3 mm (figura 77). Algunos se parecen a las maclas de yeso en 'punta de lanza'. Tienen color blanquecino a amarillento o pardo pálido,

Figura 77. Xantoxenita, con kulanita y arrojadita-(KFe). Rapid Creek. C.V. 8 mm. Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



mate o con brillo céreo. Los principales minerales asociados son la arrojadita-(KFe), la kulanita y la whitlocita.

#### Wardita (8.DL.10)



Cristaliza en el sistema tetragonal. Pertenece al grupo homónimo. Es el equivalente de la cyrilovita con Al en lugar de Fe<sup>3+</sup>.

Después de la lazulita, la wardita procedente de las áreas de Rapid Creek y Big Fish River es el mineral más apreciado por los coleccionistas, puesto que ningún otro lugar del mundo ha producido tanta abundancia de buenos ejemplares.

Tiene una presencia generalizada. La mayoría de las mejores muestras se han hallado en Rapid Creek (figuras 78, 79, 80 y 81): en una localidad de Kulan Camp, donde suelen tener un acentuado color amarillo melado a amarillo pardusco, y en otra de Stoneman Camp, siendo aquí de color blanco a verde claro (Robinson *et al.*, 1992).

Figura 78. Wardita. Kulan Camp, Rapid Creek. C.V. 1,7 cm. Colección y foto: José Luis Garrido.





Figura 79. Wardita. Kulan Camp, Rapid Creek. 15 x 8 cm. Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.

Los cristales muestran un marcado hábito pseudooctaédrico, debido al predominio de dipirámides tetragonales {101} o {102}, con caras muy regulares, a menudo con estriación paralela a {001}, a veces muy marcada (con escalones). La presencia del prisma {001} es rara y más aún la de otros prismas, como el {100} o el {110}. Se han hallado cristales de hasta 3 cm, pero la mayoría son más pequeños. El brillo es vítreo.

Los cristales son blanquecinos a amarillentos, también incoloros, anaranjados a parduscos y verdes a verdes azulados. Diferentes análisis han mostrado que estas warditas son esencialmente puras y que la coloración de algunas se debe a inclusiones de otros minerales, como lazulita o souzalita-gormanita, muy finamente dispersas. Las caras de los cristales pueden estar tapizadas por otros cristales más pequeños también de wardita o bien de otros minerales, como siderita o childrenita-eosforita.

### Nódulos fosfatados

Las segregaciones de fosfatos nodulares están restringidas a la zona de Big Fish River y a tramos del Boundary Creek. Contienen cantidades significativas de minerales fosfatados macroscópicos, los cuales pueden aparecer en el interior de nódulos más o menos esferulíticos.

A pesar de sus diferencias externas, los nódulos son mineralógicamente similares. Los minerales dominantes son: piritita, wolfeíta, satterlyita, mariquita y vivianita-bariquita. El cuarzo es un constituyente raro.

La mayor parte de estos fosfatos aparecen como típicos agregados subparalelos formados por cristales alargados, pudiendo ser diferenciables por su color y exfoliación (Robinson *et al.*, 1992). Por desgracia, muchos interiores de los nódulos están demasiado meteorizados para poder identificar correctamente los minerales (Robertson, 1982).

### Otras especies

Al hablar de los minerales que aparecen asociados a los que se han detallado, se han citado especies que no son fosfatos, como la siderita o el cuarzo. Pero hay una que cabe mencionar: la **rapidcreekita**, aunque solo sea porque es la única con un nombre ligado a una de las zonas de estudio, Rapid Creek, que obviamente es la localidad tipo. También se ha encontrado en Big Fish River.

Es un carbonatosulfato,  $\text{Ca}_2[\text{CO}_3|\text{SO}_4]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , que cristaliza en el sistema ortorrómbico. Aparece en grupos divergentes a radiales formados por cristales aciculares de color blanco o incoloros, de hasta 3 mm; también en costras. Los mejores ejemplares son de Crosscut Creek (Kulan Camp).



Figura 80. Wardita. Stoneman Camp, Rapid Creek. 2,8 x 2,4 cm.  
Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.



Figura 81. Wardita. Rapid Creek. C.V. 2,6 cm.  
Colección: Paulí Gispert; foto: Agustí y Màrius Asensi.

### **Agradecimientos**

Del Canadian Museum of Nature (CMN/MCN), a Erika Anderson (Conservadora de Mineralogía), a Christina Jenness (Técnica de Información de Colecciones) y a Sean Tudor (Responsable de los Servicios de Colecciones), por facilitarnos información y las fotografías de George W. Robinson.

Del Royal Ontario Museum (ROM), a Kimberly Tait (Conservadora de Mineralogía) y a Nicola Woods (Coordinadora de Derechos y Reproducciones), por facilitarnos información y diversas fotografías.

Por el mismo motivo, también a Sam Holloway (Editor de *The Yukoner Magazine*, Whitehorse, Yukón), a Bill Mann (Director de *The Yukon Prospectors Association*, Whitehorse, Yukón) y a Ronald Peterson (Profesor de Geología de la Queen's University, Kingston, Ontario).

Al fotógrafo Michael Bainbridge (Ottawa, Ontario), por algunas de las fotos de ejemplares del Canadian Museum of Nature. A Agustí Asensi y Màrius Asensi, compañeros del Grup Mineralògic Català, por fotografiar la mayor parte de los ejemplares que aparecen en este artículo. A Marc Campeny, por la traducción del resumen y por la revisión de la síntesis geológica.

Las fotos citadas con autoría de George W. Robinson y fuente del Canadian Museum of Nature aparecen en este artículo por cortesía de este museo. *Copyright*: George W. Robinson & Canadian Museum of Nature (Ottawa, Ontario, Canadá).

Las fotos citadas con autoría del Royal Ontario Museum aparecen en este artículo por cortesía de este museo. *Copyright*: Royal Ontario Museum (Toronto, Ontario, Canadá).

### **Referencias bibliográficas**

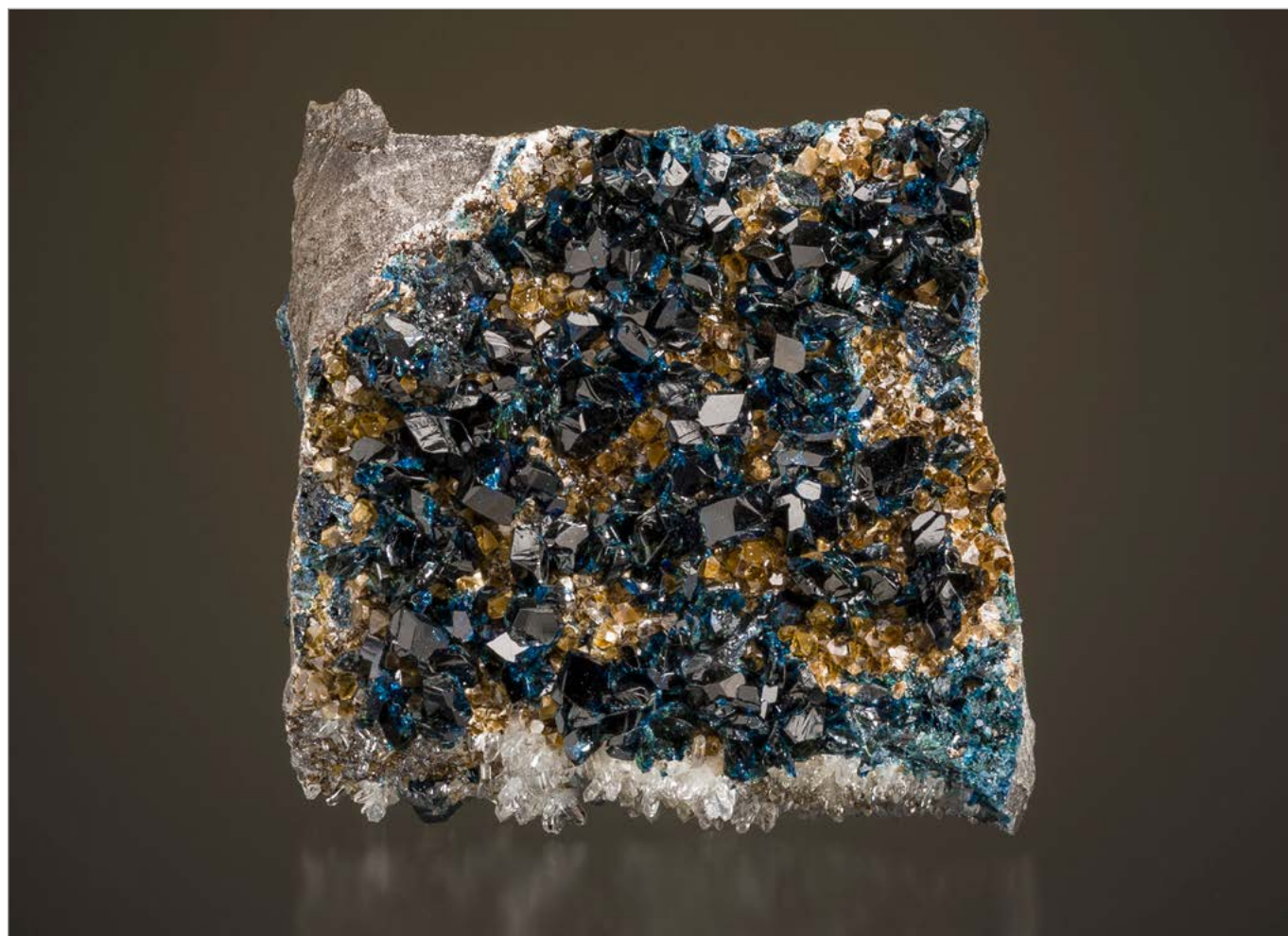
- CANAL-SOLER, J. (2016): *Tierras del Norte. Viaje por Alaska y el Yukón*. Barcelona: Nova Casa Editorial.
- CÁMARA, F.; OBERTI, R.; CHOPIN, C.; MEDENBACH, O. (2006): "The arrojadite enigma: I. A new formula and a new model for arrojadite structure". *American Mineralogist*; vol. 91, pp. 1249-1259.
- CHOPIN, C.; OBERTI, R.; CÁMARA, F. (2006): "The arrojadite enigma: II. Compositional space, new members and nomenclature of the group". *American Mineralogist*; vol. 91, pp. 1260-1270.
- DORMANN, J.L.; POULLEN, J.F. (1980): "Étude par spectroscopie Mössbauer de vivianites oxydées naturelles". *Bulletin de Minéralogie*; vol. 103, pp. 633-639.
- GAFFIN, J. (2000): "Alan Kulan: Portrait of a Prospector". *The Yukoner Magazine*; núm. 14, pp. 20-24.
- GRAMACCIOLI, C. M. (1986): *Conoscere i minerali. I fosfati*. Novara (Italia): Istituto Geografico de Agostini.
- MANDARINO, J.A.; STURMAN, B.D. (1976): "Kulanite, a new barium iron aluminum phosphate from the Yukon Territory". *The Canadian Mineralogist*; vol. 14, núm. 2, pp. 127-131.
- MANDARINO, J.A.; STURMAN, B.D. (1977). "Penikisite, the magnesium analogue of kulanite, from Yukon Territory". *The Canadian Mineralogist*; vol. 15, núm. 3, pp. 393-395.
- MOORE, P.B. (1973): "Pegmatite Phosphates: Descriptive Mineralogy and Crystal Chemistry". *The Mineralogical Record*; vol. 4, núm. 3, pp. 103-130.
- MOORE, P.B.; ITO, J. (1978): "I. Whiteite, a new species, and a proposed nomenclature for the jahnsite-whiteite complex series. II. New data on xanthoxenite. III. Salmonsite discredited". *Mineralogical Magazine*; vol. 42, núm. 323, pp. 309-323.
- PHAM, Viet Hoa (2017): *Yukon & Northwest Territories SW*. Col. International Maps. 8ª edición. Richmond (Columbia Británica, Canadá): ITMB Publishing.

- ROBERTSON, B.T. (1982): "Occurrence of epigenetic phosphate minerals in a phosphatic iron-formation, Yukon Territory". *The Canadian Mineralogist*; vol. 20, pp. 177-187.
- ROBINSON, G.W.; VELTHUIZEN, J.V.; ANSELL, H.G.; STURMAN, B.D. (1992): "Mineralogy of the Rapid Creek and Big Fish Area. Yukon Territory". *The Mineralogical Record*; vol. 23, núm. 4, pp. 4-47.
- STURMAN, B.D.; MANDARINO, J.A.; MROSE, M.E.; DUNN, P.J. (1981): "Gormanite, the ferrous analogue of souzalite, and new data for souzalite". *The Canadian Mineralogist*; vol. 19, pp. 381-387.
- STURMAN, B.D.; DUNN, P.J. (1984): "Garyansellite, a new mineral from Yukon Territory, Canada". *American Mineralogist*; vol. 69, pp. 207-209.
- TOMES, H.; TAIT, K.; NICKLIN, I.; PETERSON, R.; BECKETT, R. (2013): "Preliminary observations on the geology and mineralogy of the Rapid Creek Formation, Blow River and Davidson Mountains map area (NTS 117A/8 and NT-S117A/9), Yukon". En: K.E. MacFarlane, M.G. Nordling y P.J. Sack [eds.], *Yukon Exploration and Geology 2012*; pp. 147-161.
- YOUNG, F.C.; ROBERTSON, B.T. (1984): "The Rapid Creek formation: An Albian flysch-related formation in Northern Territory". En: Smith, D.F. y Glass, D.J. [eds.], *The Mesozoic of Middle North America*; memoria 9, pp. 361-372.

### **Webs consultadas**

- Web de la base de datos Mindat. Consulta: septiembre a diciembre 2019. Disponible en <<https://www.mindat.org>>.
- Web de la base de datos Mineralienatlas. Consulta: septiembre a diciembre 2019. Disponible en <<https://www.mineralienatlas.de>>.
- Web del *Handbook of Mineralogy*. Consulta: enero y febrero de 2020. Disponible en <<http://www.handbookofmineralogy.com>>.

FECHA RECEPCIÓN: 20-10-19. FECHA ACEPTACIÓN: 09-11-19. FECHA INICIO EDICIÓN: 31-01-20



Lazulita, con siderita y cuarzo. Kulan Camp, Rapid Creek. 9 x 8,5 cm.  
Colección: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.