

Fosfats de Rapid Creek i Big Fish River, Yukon, Canadà

Paulí GISPERT BONAMUSA

Grup Mineralògic Català

Barcelona

pauligispert@hotmail.com

Josep Lluís GARRIDO RUFASTE

Grup Mineralògic Català

Barcelona

tio2jl@gmail.com

RESUM

A principis de la dècada dels anys 70 es va descobrir un important dipòsit mineral en una formació ferrosa fosfatada, situada a les muntanyes Richardson, al nord-oest del territori del Yukon, Canadà. En diferents localitzacions de tres àrees dels marges del Rapid Creek i del Big Fish River s'ha trobat un grapat espectacular de minerals fosfatats. Els exemplars de lazulita, wardita i whiteïta-(CaFeMg) d'aquestes àrees són considerats com els de millor qualitat per a aquestes espècies.

Entre els prospectors de minerals d'aquella època mereix una especial menció Alan Kulan.

Rapid Creek i Big Fish River són localitat tipus de les espècies de fosfats: arrojadita-(KNa), bariçita, garyansellita, gormanita, kulanita, mariçita, nahpoïta, penikisita, satterlyita i wicksita.

El propòsit d'aquest treball és el de proporcionar una visió general de la situació geogràfica i geològica de la zona, la història dels pioners i la descripció dels fosfats d'aquella remota regió canadenca.

PARAULES CLAU

Rapid Creek, Big Fish River, Yukon, Canadà, fosfats, arrojadita, kulanita, lazulita, wardita, whiteïta.

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, Josep Lluís (2020): "Fosfats de Rapid Creek i Big Fish River, Yukon, Canadà". *Mineralogistes de Catalunya* (2020-1); vol. 13, núm. 3, pp. 3-32.

Situació geogràfica

Les zones dels rius Rapid (Rapid Creek) i Big Fish (Big Fish River) formen part de les muntanyes Richardson, situades a l'oest del delta del riu Mackenzie, a prop del límit fronterer que separa el Yukon dels Northwest Territories (Territoris del Nord-oest), i una mica per sobre del Cercle Polar Àrtic (figura 1).

És una regió remota i no és fàcil arribar-hi. Una de les dues millors opcions és fer-ho en helicòpter des de Inuvik (Northwest Territories), a uns 120 km a l'est. Fins a Inuvik es pot arribar per carretera des de Dawson City, passant per Eagle Plains i Fort McPherson, per la Dempster Hwy. (més de 750 km, la majoria sense asfaltar i havent d'agafar a més un parell de ferris). Per estalviar temps i problemes és millor

viatjar a Inuvik en avió, ja que hi ha la possibilitat de fer-ho tant des de Whitehorse (capital del Yukon) com des de Dawson City. L'altre millor opció es arribar-hi, també en helicòpter, des d'Old Crow (uns 160 km al sud-oest) i fins aquí en avió des de Dawson City (figura 2). De Whitehorse a Dawson City es pot anar en avió o per carretera, per la Klondike Hwy. (uns 500 km).

Cal afegir que qualsevol expedició a aquesta llunyana regió suposa un important cost econòmic.

Condicions per a la recerca de minerals

Aquesta regió, situada al nord del Cercle Polar Àrtic, es troba a prop del límit biogeogràfic de la tundra, amb predomini de vegetació baixa (herbes, líquens i mol-



Figura 1. Ubicació de les zones de Rapid Creek i Big Fish River. Mapa (font): modificat (Josep Lluís Garrido i Marc Campeny) dels webs wikipedia.org (mapa general Canadà) i www.pinterest.cl (mapa detall Yukon).

ses), pocs arbustos i molt pocs arbres (només vora els rius), i té clima subàrtic (figura 3). La millor època per anar-hi comprèn des de mitjans de juny fins a finals d'agost, amb temperatures mitjanes que oscil·len entre 18 i 6°C (amb màximes puntuals de fins uns 30°C i mínimes de fins a sota 0°C) i baixes precipitacions (pot ploure de tant en tant però en molt poca quantitat).

A més, una dada important: donada la seva ubicació geogràfica respecte al Pol Nord, durant juny, juliol i inicis d'agost el sol mai s'arriba a amagar a l'horitzó (sol de mitjanit).

La recerca de minerals pot ser perillosa. Un canvi sobtat del vent pot dur una nova massa d'aire que porti pluja i neu en qüestió de poques hores, podent persistir aquesta situació durant setmanes. També s'ha de considerar que un corrent d'aigua tranquil es pot transformar en un torrent furiós, inundant el campament amb rapidesa, pel que cal anar en compte.

Figura 2. Vista aèria de les proximitats d'Old Crow, en un vol des de Dawson City (2012). Foto: Kimberly Tait.



Tanmateix, per iniciar-se en la cerca de minerals es necessita una especial preparació i conscienciació. Freqüentment aquestes terres animals perillosos, com ossos i llops, per la qual cosa és recomanable anar en grup i que hi hagi algú que dugui un rifle, per si cal fer-los fugir. Les hordes de mosquits són increïbles. A més de la recollida de minerals, una altra opció per aprofitar el temps és la pesca de truites, salmons i *graylings*, el més típic peix del Yukon.

Història: Kulan i altres prospectors pioners

La petita ciutat de Whitehorse, situada al sud del Yukon, sobre el curs alt del riu homònim, és la capital del territori federal. Fundada a finals del segle XIX com a punt de pas en la recerca d'or (els buscadors marxaven des d'aquí cap als jaciments del Klondike, Alaska), el seu nom prové dels ràpids de White Horse, coneguts amb aquest nom per la seva semblança amb les crineres d'un cavall blanc, desapareguts el 1958 amb la construcció de la presa del llac Schwatka.

A l'oest i al sud de Whitehorse es troba una franja d'uns 30 km de longitud i 4 km d'amplada coneguda com el "cinturó de coure" (el Whitehorse Copper Belt). L'estiu de 1898, Jack McIntyre va ser el primer en establir la demarcació d'una concessió minera en aquesta zona, la Copper King. Els prospectors van anar descobrint dipòsits minerals en superfície, l'exploració dels quals va tenir lloc entre els anys 1898 i 1919.

El desenvolupament de tècniques modernes d'exploració geofísica i geoquímica, que podrien detectar dipòsits profunds, molts anys després va conduir a un segon període de prospecció mineral, entre mitjans els anys 50 i inicis dels 80 del segle XX (figura 4). A part de coure, plom i zinc, també es buscava argent i or.

Mines importants del Whitehorse Copper Belt van ser, entre d'altres: Carlisle, Copper King, Pueblo i War Eagle (al nord); Artic Chief, Best Chance, Grafter i Little Chief (al centre); Black Cub South, Cowley Park i Keewanaw (al sud).

Figura 3. Vista del paisatge que envolta un tram del Big Fish River (2012). Foto: Kimberly Tait.



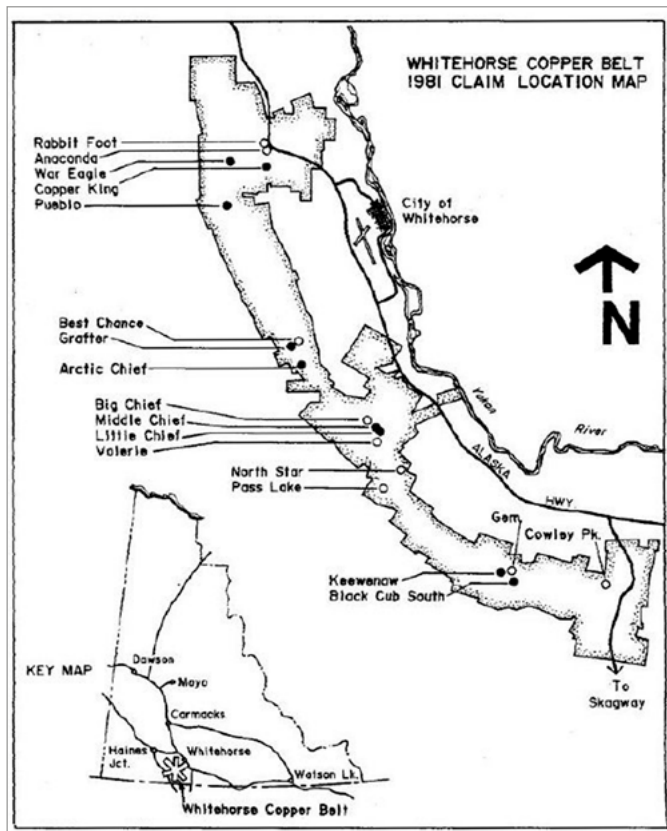


Figura 4. Concessions del Whitehorse Copper Belt (1981). Mapa (font): web www.geocaching.com.

El prospector pioner i cercador de minerals més famós i afortunat va ser, sens dubte, Alan Kulan (1921-1977) (figura 5).

Julian Lawrence Alan Kula va nèixer a Winnipeg (Manitoba). Els seus pares, que provenien d'una regió agrícola ucraïnesa, havien emigrat al Canadà per separat (el pare, el 1898). S'havien casat el 1908 i s'havien traslladat a prop de Beausejour, uns 50 km al nord-est de Winnipeg, on ell havia comprat un terreny.

En néixer Alan, el 20 de desembre de 1921, la família ja tenia cinc filles (d'entre dos i dotze anys). Dos anys després, el 1923, va morir la mare. Aquest fet i els problemes econòmics, en plena depressió, van obligar al pare a repartir les filles i el fill per diversos parents. Alan i dues germanes van anar a la zona de Toronto, on ell va créixer i va acabar els seus estudis. En viure en una terra de domini britànic, per qüestió d'integració, donat que ucraïnesos i polonesos eren discriminats, i per poder trobar feina, els tres germans van decidir modificar lleugerament el cognom originari Kula, afegint una 'n' al final, proporcionant així una sonoritat "més anglosaxona". Però això no va ajudar a les seves perspectives d'ocupació, ja que no hi havia feina per a ningú. (Gaffin, 2000)

Ja com Alan Kulan, a finals del 1939, un cop complerts els divuit anys, va ingressar a l'exèrcit. Del 1941 al 1945, en la 2a. Guerra Mundial, va servir a Itàlia,

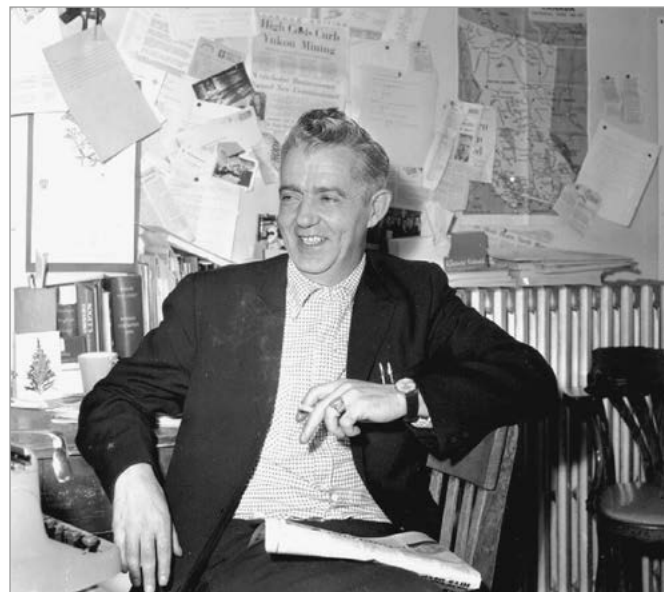


Figura 5. Alan Kulan al març de 1968, a l'oficina de Flo Whyard, editor del Whitehorse Star. Foto: Yukon Archives, Whitehorse Star Collection (font: *The Yukoner Magazine*, Whitehorse).

Bèlgica, França i Alemanya i va arribar a ser sergent en el cos de carros de combat.

De tornada a territori canadenc, el 1946 va començar la seva activitat com a prospector miner, per diferents indrets del nord-oest canadenc. El maig del 1950 es va casar amb l'aventurera Wynne Camsell.

Quan tenia 31 anys, el 1953, va tenir la sort de trobar el jaciment de plom i zinc de Vangorda Creek (o Van Gorder Creek), a la vall del riu Pelly, uns 150 km a l'est de Carmacks i uns 200 km al nord-nord-est de Whitehorse. Després, del 1954 al 1957, Kulan va prospectar la zona al nord-oest de Vangorda Creek, on gràcies a la seva convicció i a l'experiència prèvia, va acabar descobrint un enorme dipòsit de plom, zinc i argent, que més endavant, el 1969, donaria lloc a la mina de Faro, durant un temps la mina a cel obert més gran del món (tancada el 1998) (figura 6).

Explicava «Vaig trobar les mines de Vangorda [...]. Després vaig tenir la sort de localitzar les de Faro». El Geological Survey of Canada fins llavors havia indicat que aquella zona no era adequada per a l'exploració de mineralitzacions. (Gaffin, 2000)

Es pot dir que Kulan va ser autodidacta com a empresari; un emprenedor que es va arriscar, que va patir molts problemes però va acabar triomfant. «Vaig aprendre ràpidament, però només després d'haver perdut un milió de dòlars», solia dir. Els negocis van ser d'índole diversa, no sempre relacionats amb la mineria. Poca gent sap que en les darreries dels anys 60, Kulan havia invertit una important quantitat de diners en la construcció d'un submarí no militar. Sembla que l'exploració oceànica havia captivat la seva imaginació. El submergible, amb base a Vancouver, de propietat privada, es va dissenyar per a treballs de recerca i salvament marítim. (Gaffin, 2000)



Figura 6. Vista zenital de la zona de Faro, amb les antigues mines Vangorda (sota) i Faro (dalt). Ortofoto: TerraMetrics (font: web www.google.es).



Figura 7. Alan Kulan a inicis de setembre de 1977, a prop de Ross River, Yukon. Foto: Pete Risby (font: *The Yukoner Magazine*, Whitehorse).

El 1959, explorant en la recerca de gas i petroli, Bruce Cameron, geòleg de la Trial Oil Company, va trobar en el llit d'un rierol un inusual mineral de color blau, lliurant tot seguit un exemplar al Dr. Finley Campbell (de la University of Alberta, a Edmonton), qui el va identificar com latzulita. En l'estiu del 1971, el Dr. F. G. Young, llavors ocupat en el projecte de confeccionar un mapa regional per al Geological Survey of Canada, va trobar latzulita i altres fosfats *in situ* al llarg del Crosscut Creek (afluent del Rapid Creek).

A començaments de l'estiu de 1974, Alan Kulan i el geofísic Gunar Penikis, els quals poc temps abans havien constituït la Mackenzie Resources Ltd, van emprendre una expedició de recerca a aquella zona, tornant amb resultats encoratjadors. El juliol d'aquell mateix any, Penikis va dur diversos minerals al Royal Ontario Museum per al seu estudi. Aquelles aleshores desconegudes latzulites, wardites i arrojadites, les millors del món, van despertar l'interès del Dr. Joseph Mandarino. Així mateix, el Dr. Donald Gorman, professor emèrit de la University of Toronto, va considerar com a molt probable la raresa d'aquells minerals. La primera nova espècie identificada es va denominar, amb tota justícia, kulanita. Poc després, l'anàlisi del que semblava ser una «nova kulanita» va permetre determinar la penikisita i, finalment, l'anàlisi d'una «vivianita de color blau pàl·lid» va resultar ser una altra nova espècie, la bariçita. (Robinson *et al.*, 1992)

En el transcurs dels dos anys següents, la família Kulan va continuar extraient exemplars de gran bellesa, treballant estretament amb el Royal Ontario Museum, tant al camp com al laboratori. Mentre continuaven la recerca d'aquests minerals, van descobrir les noves espècies després anomenades satterlyita i mariçita. El febrer de 1976, l'aleshores Comissionat James Smith proclamà la latzulita com a gemma oficial del Yukon. Gràcies a l'ajut financer de Kulan, van ser possibles les investigacions addicionals fetes a la Queen's University, a Kingston (Ontàrio). (Robinson *et al.*, 1992)

A principis del 1977 els Kulan (Alan, la seva dona i els seus tres fills) van traslladar la residència familiar des de Ross River, uns 60 km al sud-oest de Faro, fins a Vernon, al sud de la British Columbia, on hi havia un millor clima i millors condicions per als negocis familiars.

L'estiu d'aquell any (figura 7), Alan Kulan va tornar al Yukon en un viatge d'exploració relacionat amb una de les seves companyies, amb seu a Vancouver, concertant una reunió a Ross River amb un geòleg de la Welcome North Mines i amb el propietari d'una concessió minera. A la tarda del 12 de setembre de 1977, tots tres havien estat discutint en relació a un acord d'opcions mineres. Més tard, cap a les vuit del vespre, decidiren relaxar-se tot prenent unes begudes al saló del Ross River Lounge. Va ser llavors quan un resident local, John Benedict Rolls, de 62 anys d'edat, es va acostar a la taula on s'asseien i va assassinar Kulan d'un tret a la cara. (Gaffin, 2000)

Alan Kulan era malauradament el primer de la llista de *yukoners* que Rolls pensava matar. Aquest creia que certes persones conspiraven per agreujar els seus fracassos comercials i augmentar les pressions financeres. En el judici es va determinar que Rolls patia paranoia, depressió i sentiments de gelosia, agreujats amb abús d'alcohol. Passats només deu anys de condemna va sortir en llibertat condicional, però va morir poc després.

A finals del mateix any 1977, el Comitè Canadenc sobre noms geogràfics va anomenar Mont Kulan a una muntanya de 1.981 metres d'altura, situada a la regió del Tay River, a prop de Faro (Gaffin, 2000). El nom d'Alan Kulan està gravat en la base d'una estàtua de bronze de tres metres d'alçada (la "Prospector Statue"), que es troba a la cantonada de Main Street amb la Third Avenue, a Whitehorse (Gaffin, s/data).

Síntesi geològica

La regió dels rius Rapid (Rapid Creek) i Big Fish (Big Fish River) està situada dins de la conca Beau-

fort-Mackenzie. La sedimentació va començar durant el Triàsic Superior i ha continuat fins al present en l'àrea activa del delta del Mackenzie. A principis del Cretaci Mitjà, el moviment nord-sud d'una sèrie de falles va contribuir a la formació del Blow Trough, una depressió d'uns 50 km d'ample, flanquejada per una zona aixecada vers l'oest, i una elevació estructural cap a l'est. L'actual vall inferior del Rapid Creek es troba a prop del seu límit oriental. (Young *et al.*, 1984)

En el període Albí hi va haver la deposició d'una espessa seqüència *flysch* de gresos de turbidita, lutites i pissarres, canviant les fàcies entre capes de formacions sedimentàries detrítiques, riques en ferro. Durant l'orogènia Laramide, des del Cretaci superior fins a principis del Terciari, una deformació compressiva d'est a oest va causar plegament local, formació de falles, elevació i subseqüent erosió, per acabar deixant exposat el relleu tal com està en l'actualitat. Vegeu el mapa geològic de la [figura 8](#).

La formació sedimentària rica en ferro apareix principalment com una capa prima, de fins a uns 25 cm de potència, intercalada amb capes de pissarra ferruginosa. Aquestes capes consisteixen en una roca fosfatada compacta i de textura microcristal·lina, amb siderita i pirita, i en roques clàstiques de grano-classificació pobre, que van de la lutita al gres, amb passades de bretxes i conglomerats de composició i continuïtat variables. Aquestes roques estan típicament recobertes amb una patina fosca en superfícies meteoritzades, amagant per tant les seves textures i dificultant la seva correcta identificació. (Robinson *et al.*, 1984)

Els fosfats apareixen ja sigui com inclusions microcristal·lines, ciment esparítics de reemplaçament, en petites vetes o filonets o en cristalls ben desenvolupats que revesteixen superfícies de fractura ([figures 9 i 10](#)). Curiosament, molts dels grans de fosfat no estan compostos d'apatita com en altres fosforites marines, sinó de minerals inusuals com satterlyita, arrojadita i gormanita. Això suggereix un entorn deposicional relativament pobre en calci, que precipitava els fos-

Figura 9. Vivianita i altres fosfats recobrint capes de pissarres ferruginoses (2012). Foto: Kimberly Tait.

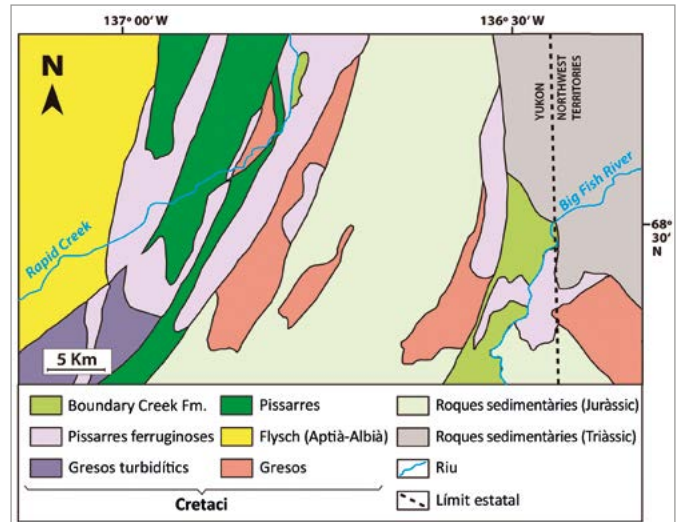
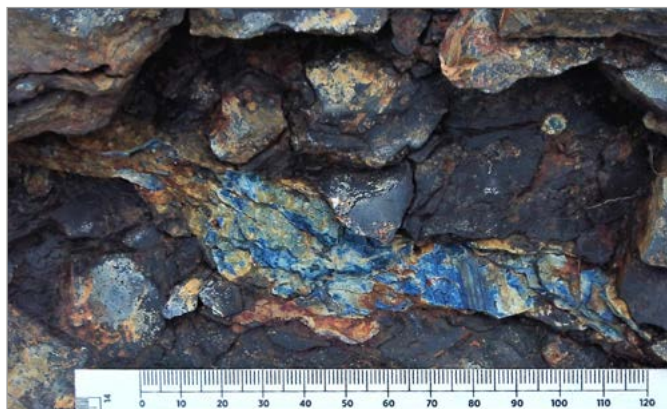


Figura 8. Mapa geològic de les zones de Rapid Creek i Big Fish River. Mapa: Marc Campeny (font: Robinson *et al.*, 1992).

fats de ferro i magnesi, a més d'apatita. (Young *et al.*, 1992)

La paragènesi de reompliment de fractures és la que sens dubte ha rebut la major atenció dels col·leccionistes, ja que ha proporcionat una gran riquesa d'espècimens ben cristal·litzats ([figura 11](#)). Les associacions minerals específiques observades en qualsevol reompliment de fractura poden, almenys en part, relacionar-se amb la composició de les roques a través de les quals migren les solucions hidrotermals que les van formar. (Robinson *et al.*, 1992)

Ubicació i descripció dels jaciments

Les àrees mineralògicament interessants de Rapid Creek i Big Fish River estan ubicades entre uns 30 i uns 40 km al sud de la badia de Mackenzie, al voltant dels 80°30' de latitud nord i entre els 136°30' i els 137°00' de longitud oest.

Una de les principals àrees per a la recollida de minerals és Kulan Camp, a la zona de Rapid Creek, a poc més de 30 km al sud de la badia de Mackenzie. El petit

Figura 10. La Dr. Kimberly Tait (Royal Ontario Museum) amb un fragment de roca fosfatada mineralitzada (2012). Darrera seu, el cercador i col·leccionista Robert Beckett. Foto: Ronald Peterson.





Figura 11. Roca fosfatada amb una superfície força mineralitzada, amb cristalls ben visibles (2012). Foto: Kimberly Tait.

riu tributari al marge esquerre del Rapid Creek, on se situen, com veurem més endavant, tres localitats per a la recerca, es coneix com Crosscut Creek. Una altra àrea de la zona de Rapid Creek, situada a menys de 10 km al sud-oest de l'anterior, és Stoneman Camp (figura 12). Allà es troben diverses localitats, com les de Young's Creek i Grizzly Bear Creek. (Robinson *et al.*, 1992)

L'altra zona molt coneguda és Big Fish River (figura 13), uns 3 km al sud de la confluència d'aquest riu amb el Boundary Creek i molt a prop del límit entre el Yukon i els Northwest Territories (figura 14). (Robinson *et al.*, 1992)

Un lloc recent en la zona de Rapid Creek és el mont Seafoam.

En resum, segons Robinson *et al.* (1992), i també Mindat, hi ha dues zones anomenades com els respectius rius: Rapid Creek i Big Fish River, que inclouen tres àrees: *A* = Kulan Camp, *B* = Stoneman Camp i *C* = Big Fish River, i aquestes àrees integren un total de 16 localitats, numerades de la 1 a la 16.

Figura 13. Vista d'un tram del Big Fish River (2012). A la part central s'aprecia bé una paret per a la recerca de minerals. Foto: Kimberly Tait.



Figura 12. Vista de l'àrea de recerca coneguda com Stoneman Camp, a la zona de Rapid Creek. Foto (font): web jonathansmineralexchange.com.

Vegeu el mapa de la figura 15 i l'esquema de la figura 16.

La majoria d'exemplars es poden localitzar en els pendents dels talussos i en afloraments exposats en els flancs costeruts dels canyons, amb parets que poden arribar fins als 200 metres d'altura. No està permès l'ús d'explosius ni de material pesat per a l'extracció, mitjans que en realitat no són necessaris per a l'obtenció de bones mostres. (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 14. Vista zenital de l'àrea de Big Fish River. Ortofoto: Maxar Technologies (font: web www.google.es).



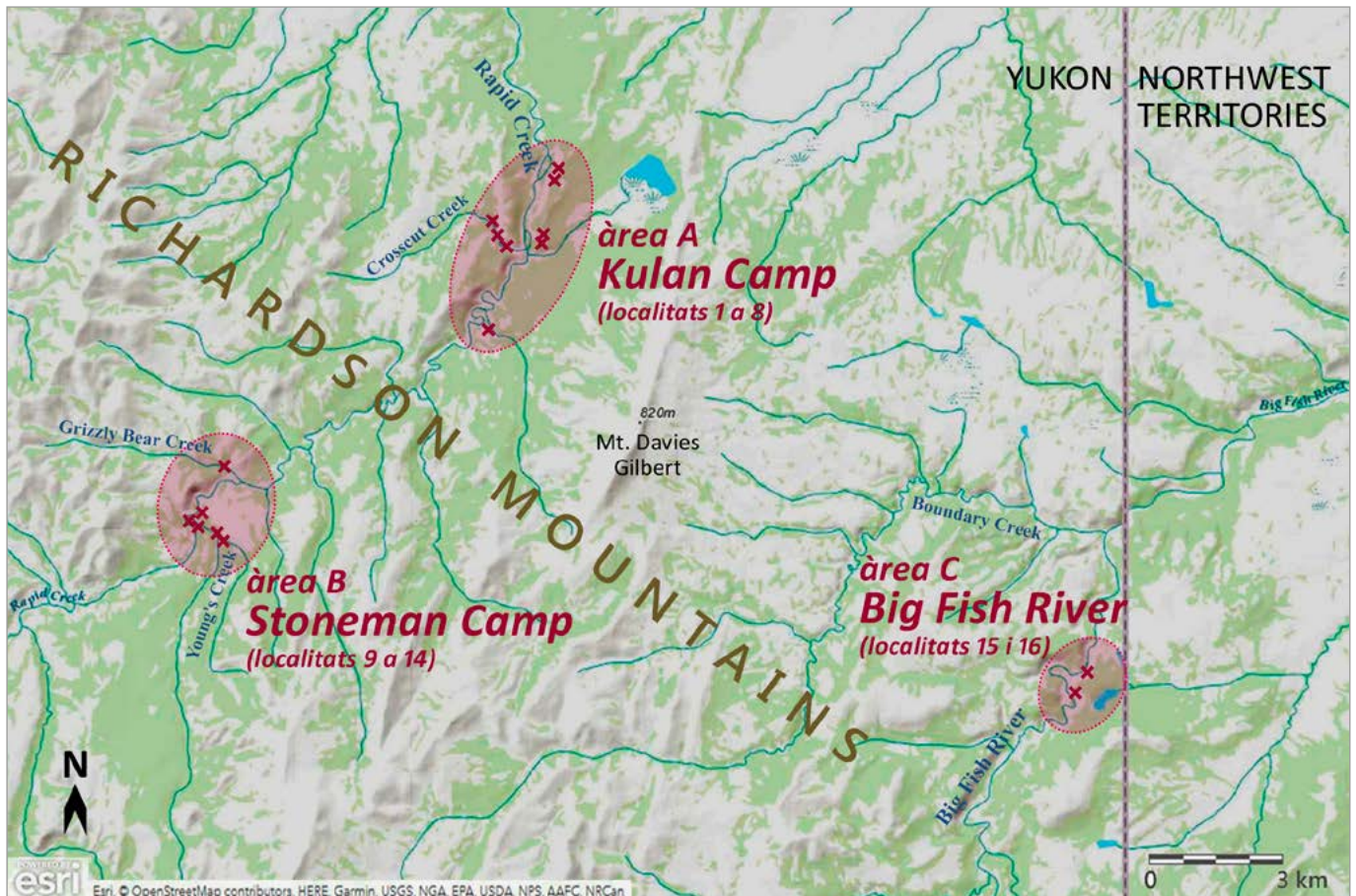


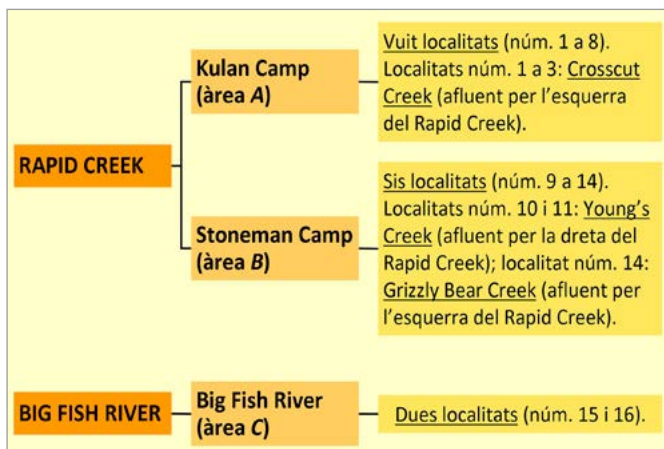
Figura 15. Ubicació dels jaciments de Rapid Creek (Kulan Camp i Stoneman Camp) i Big Fish River. Mapa: Josep Lluís Garrido (fonts: Robinson *et al.*, 1992) -dades d'ubicació- i OpenStreetMap/Yukon Geological Survey -mapa base-).

Mineralogia

Prenent com a base les seves formes d'aparició, tots els minerals de les zones de Rapid Creek i Big Fish River es poden sistematitzar en tres tipus diferents:

- Els presents en els reompliments de fractures.
- Els que estan inclosos en nòduls fosfatats.
- Els formats com a productes de la meteorització.

Figura 16. Àrees i localitats de Rapid Creek i Big Fish River. Esquema: Josep Lluís Garrido (font: *Robinson et al.*, 1992).



El primer tipus comprèn gairebé tots els minerals cristal·litzats, tals com wardita, whiteïta-(CaFeMg) i latzulita. Aquests, juntament amb d'altres addicionals, es formen, amb quars i siderita, en capes, en bretxes, en falles i en altres llocs on les obertures van permetre la invasió de solucions mineralitzants. Algunes espècies, com la vivianita i la siderita, se solen trobar tant en reompliments de fractures com a l'interior de nòduls (Robinson *et al.*, 1992).

Un segon tipus força diferent de minerals es troba en nòduls fosfatats, més o menys esferulítics, localitzats en la zona de Big Fish River, i també en alguns punts del marge del Boundary Creek (uns 5 km al nord-oest). En aquests nòduls, juntament amb altres fosfats, i també amb piritita i siderita, apareixen satterlyita, mariçita i wicksita, mentre que el quars és un component rar.

El tercer tipus correspon als productes de meteorització secundaris. Es presenten ja sigui com a cristalls aciculars blancs, microscòpics, o bé com a masses pulverulentes que només s'identifiquen de manera precisa mitjançant diferents anàlisis.

Seguidament ve la part descriptiva de les espècies de fosfats de Rapid Creek i Big Fish River ordenades sistemàticament, en funció del codi de Strunz-Nickel (9a. ed., 2001), que coincideix amb el de Nickel-Strunz

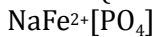
(10a. ed., no publicada però inclosa a Mindat):

- Fosfats anhidres sense anions estranys (8.A).
- Fosfats anhidres amb anions estranys (8.B).
- Fosfats hidratats sense anions estranys (8.C).
- Fosfats hidratats amb anions estranys (8.D).

Fosfats anhidres sense anions estranys

Tenim: mariçita, whitlockita i nahpoïta.

Mariçita (8.AC.20)



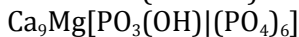
Cristal·litza en el sistema ròmbic. Pertany a la mateixa família que la trifilita, a la que és propera estructuralment, i és dimorfa de la karenwebberita. Pot contenir petites proporcions de Mn^{2+} i/o Mg substituïnt el Fe^{2+} .

Es presenta en agregats radials (figura 17). És de color gris a marró o marró pàl·lid, també blanquinosa. Té lluentor vítria a greixosa.

Es troba als nòduls inclosos en les formacions siderítiques de Big Fish River; també a Rapid Creek, però aquí és més rara. Alguns d'aquests nòduls estan constituïts gairebé només per mariçita, però la majoria poden contenir a més quars, vivianita, wolfeïta, ludlamita i pirita. (Sturman *et al.*, 1977)

La localitat tipus és Big Fish River. Codi IMA 1976-024. Holotip conservat en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Whitlockita (8.AC.45)

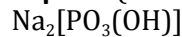


Cristal·litza en el sistema trigonal. Sol contenir Fe^{2+} substituïnt parcialment al Mg.

Es va identificar a partir d'un sol exemplar de satterlyita recollit d'un talús a Kulan Camp (Rapid Creek), on apareix com a masses de fins a 2 mm, associada amb fosfosiderita, vivianita-bariçita, souzalita-gormanita i d'altres.

A Big Fish River s'han pogut trobar mostres de qualitat, amb cristalls tabulars de contorn hexagonal, de fins a uns 2,5 cm, de color blanc o incolor i lluentor vítria (figura 18). En aquest cas sol estar acompanyada per grups de cristalls aciculars de souzalita-gormanita, rosetes formades per cristallets de kulanita i així mateix per cristalls d'arrojadita-(KFe).

Nahpoïta (8.AD.05)



Cristal·litza en el sistema monoclínic.

Es troba com a fines incrustacions terroses en alguns nòduls de mariçita de l'àrea de Big Fish River. Té color blanc o és incolora, mat o amb lluentor terrosa. Probablement s'ha format per alteració de la mariçita (Coleman & Robertson, 1981).

Fosfats anhidres amb anions estranys

Tenim: wolfeïta, satterlyita, latzulita, augelita, arrojadites, kulanita-penikisita, brasilianita, gorceixita, goyazita i fluorapatita.

Wolfeïta (8.BB.15)



Cristal·litza en el sistema ròmbic. Pertany al grup triplita. Generalment també conté Mn^{2+} substituïnt el Fe^{2+} (sèrie amb la triploidita).

A l'igual que la mariçita i la satterlyita, la wolfeïta forma agregats columnars de cristalls vidriosos, toscs, d'uns quants centímetres de llargada. És transparent a translúcida, de color marronós, clar a fosc.

És un constituent comú dels nòduls fosfatats, arribant a representar cap al 90% del total de nòduls a Big Fish River i al Boundary Creek (Robertson *et al.*, 1982). Pot trobar-se associada amb mariçita, wicksita, satterlyita, pirita, siderita, vivianita i ludlamita.

Figura 17. Mariçita. Big Fish River. 11 x 5 cm. Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



Figura 18. Whitlockita. Big Fish River. 10 x 6 cm. Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto.

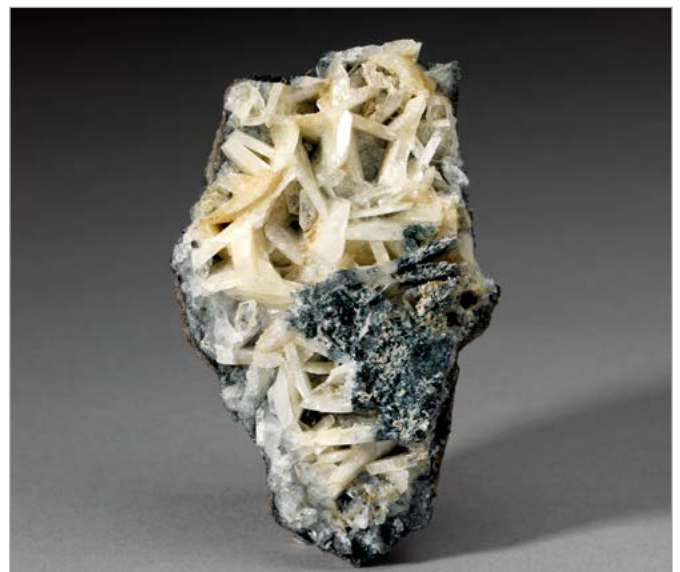




Figura 19. Satterlyita. Big Fish River. 4,6 x 2,1 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Apareix tant a Big Fish River, on és més abundant, com a Rapid Creek.

Satterlyita (8.BB.20)



Cristal·litza en el sistema trigonal. Pertany a la mateixa família que la wolfeïta, a la que és propera estructuralment.

Forma agregats columnars radials o divergents, d'uns 4 cm de mida màxima (figura 19). Els cristalls són translúcids a transparents, amb lluentor vítria, i rarament tenen terminacions piramidals. El seu color varia del marró al groc.

Apareix tant a Rapid Creek, sobretot a Kulan Camp, com a Big Fish River. És un constituent dels nòduls fosfatats, on pot trobar-se com a única espècie o estar associada a d'altres (Sturman *et al.*, 1977). Se citen com espècies associades: siderita, quars, wolfeïta, ludlamita i mariçita.

La localitat tipus és Big Fish River. Codi IMA 1976-056. Holotip conservat en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Figura 21. Latzulita, amb siderita. Rapid Creek. 1,7 x 1,7 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

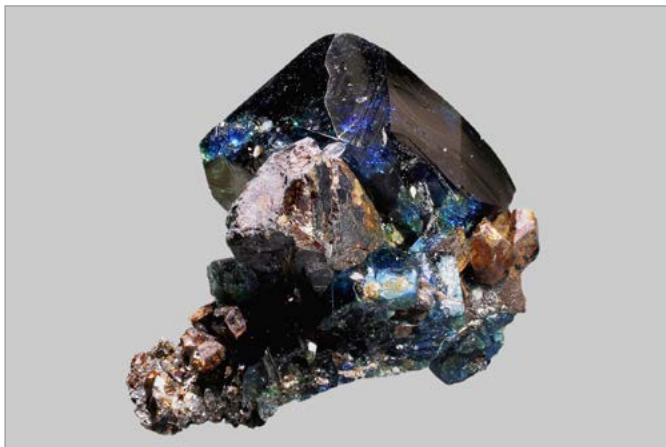


Figura 20. Latzulita, amb quars. Rapid Creek. 6,5 x 4,7 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Latzulita (8.BB.40)



Cristal·litza en el sistema monoclínic. Pertany al grup homònim. Habitualment conté petites proporcions de Fe^{2+} (sèrie amb la scorzalita).

Tot i que la localitat tipus és a Àustria (Fressnitzgraben, Krieglach, Estíria), cap altre lloc com Rapid Creek ha proporcionat exemplars d'aquesta espècie de tanta qualitat i en tanta quantitat, especialment a Crosscut Creek (Kulan Camp).

Els cristalls solen tenir grandàries inferiors a 1 cm, però no és rar que siguin més grans (es coneixen de fins a 2,5 cm) (figures 20, 21, 22, 23 i 24). Són tabulars a prismàtics, amb cares de dipiràmides. La seva morfologia és complexa, especialment quan estan interpenetrats i orientats aleatòriament a la matriu. A més, la simetria monoclínic no és fàcilment aparent. Cares corresponents a la mateixa forma cristal·logràfica, com els prismes de quart ordre ($\{111\}$ i $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$), tenen freqüentment mides diferents. De manera similar, de les quatre cares del prisma de tercer ordre possibles, $\{110\}$, només tres estan desenvolupades,

Figura 22. Latzulita, amb siderita. Rapid Creek. 2,7 x 2 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

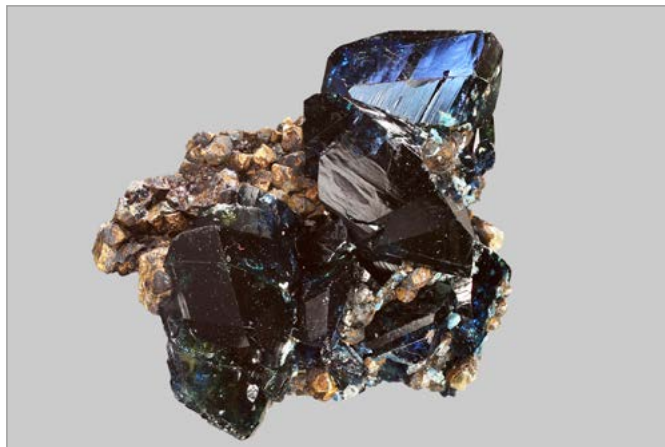
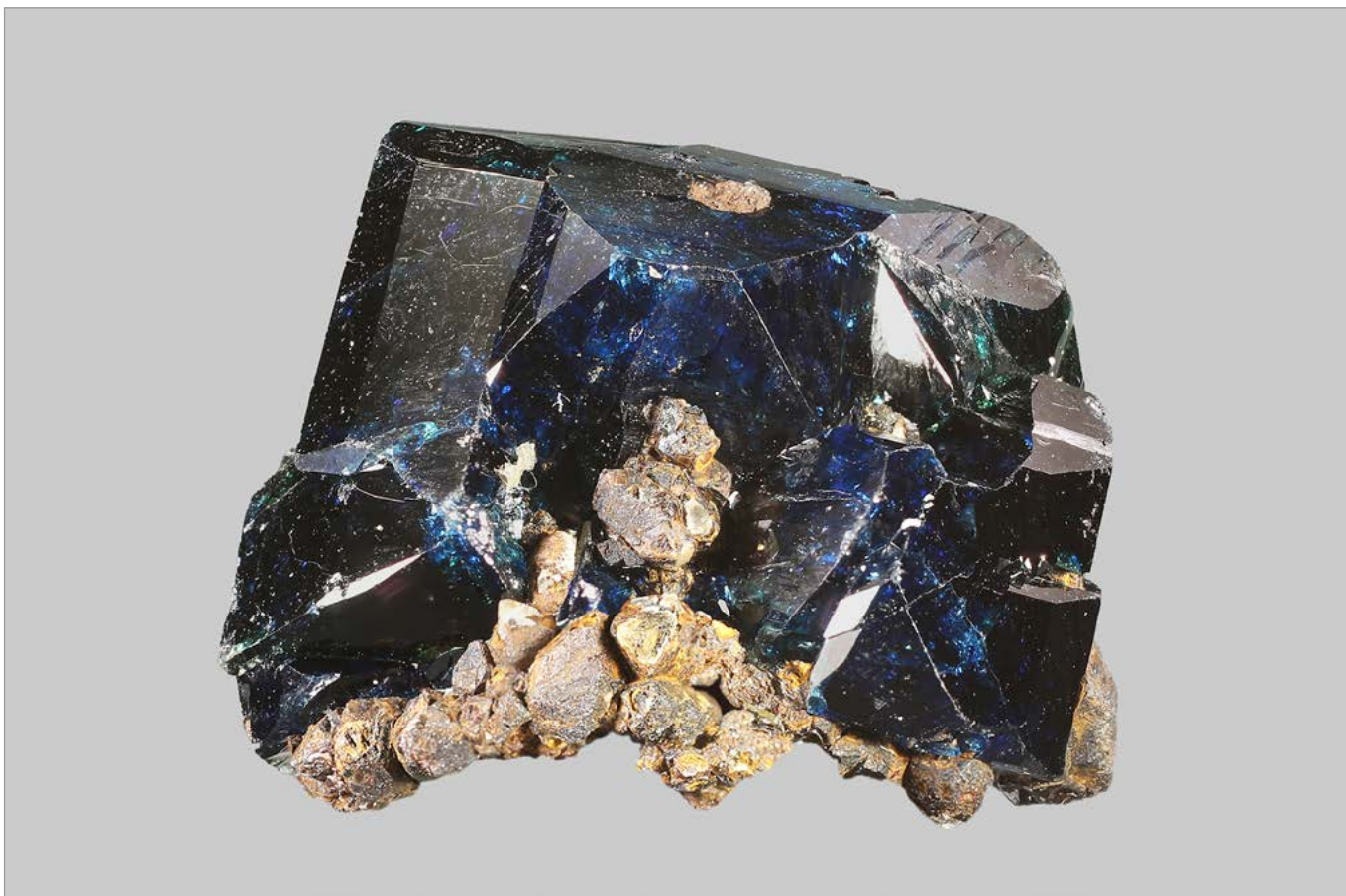




Figura 23. Lätzulita, amb siderita. Rapid Creek. 2,4 x 1,3 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Figura 24. Lätzulita, amb siderita. Rapid Creek. 1,6 x 1,3 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



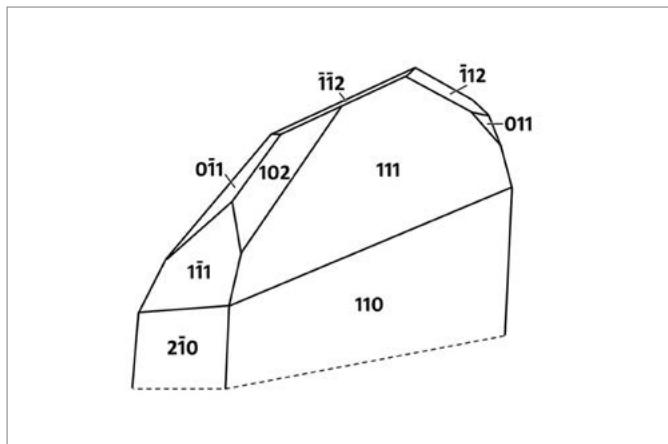


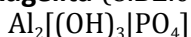
Figura 25. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall de latzulita de Rapid Creek: pinacoide {102}; prismes de primer ordre {011} i {011}; prismes de tercer ordre {110} i {210}; prismes de quart ordre {111}, {111}, {112} i {112}. Dibuix: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

no tenint mides uniformes. En la majoria dels cristalls, les cares {110} i {111} són les de major mida. Les cares del prisma de tercer ordre {210} estan sovint corbades. La figura 25 correspon a un cristall de latzulita de Rapid Creek, mostrant les cares esmentades i altres com {102}, {011}, {011}, {112} i {112}. Els cristalls maclats són comuns.

El seu color varia del blau cel al blau molt fosc, més o menys intens. Alguns cristalls tenen zones de coloració verdosa a verd blavosa (figura 26). La seva luentor és vítria. Els cristalls poden ser translúcids.

A les diferents localitats de Rapid Creek i de Big Fish River sol trobar-se associada a quars, siderita, fluorapatita, kulanita, souzalita-gormanita i wardita.

Augelita (8.BE.05)



Cristal·litza en el sistema monoclínic.

Els cristalls són prismàtics a tabulars o també aci-

Figura 27. Augelita. Kulan Camp, Rapid Creek. C.V. 9,5 mm. Col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido.



Figura 26. Latzulita, amb siderita. Rapid Creek. 2 x 1,8 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

culars. La majoria mostren predomini del prisma de tercer ordre {110} i del pinacoide {001}, amb cares {111} i {201} menys desenvolupades; altres formes menys freqüents són {100}, {201} i {401} (figures 27 i 28). També apareixen maclats.

Els cristalls d'augelita poden assemblar-se molt als de brasilianita. En l'augelita, la cara del pinacoide {001} té estriació paral·lela a la del pinacoide {201}, inclosa aquesta, mentre que en la brasilianita és paral·lela a {010}.

Rapid Creek ha anat subministrant exemplars de gran bellesa i qualitat, els quals van arribar a ser considerats els millors a nivell mundial, abans però de l'arribada al mercat mineralògic de les augelites provinents de Bolívia i Perú.

Els cristalls de Rapid Creek i Big Fish River venen a mesurar usualment menys de 5 mm, si bé se'n troben amb freqüència de 6 a 10 mm. Mides més grans, de fins a 3 cm, es poden considerar excepcionals. Els millors s'han trobat a Crosscut Creek (Kulan Camp) i a Young's Creek (Stoneman Camp). (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 28. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall i una macla d'augelita de Rapid Creek: pinacoides {001}, {201}, {201} i {401}; prisma de tercer ordre {110}; prisma de quart ordre {111}. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

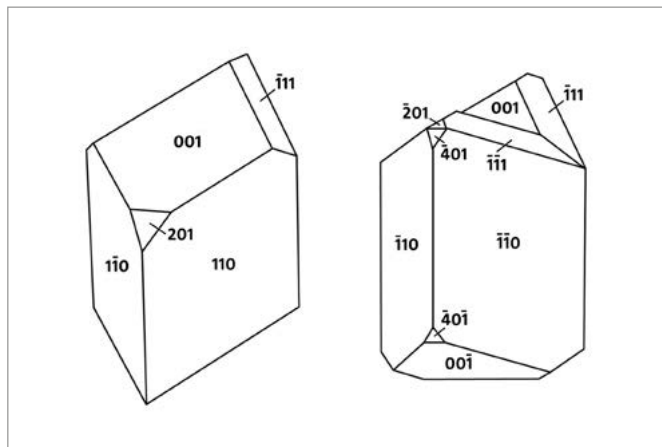




Figura 29. Augelita. Rapid Creek. 1,9 x 1,7 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 30. Augelita. Rapid Creek. 3,5 x 2,9 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Solen tenir color verd pàl·lid, groc verdós a groc o groc ataronjat, o ser quasi incoloros a blanquinosos (figures 29, 30, 31 i 32). Alguns presenten zones de coloració marronosa, per la inclusió de siderita, o blavosa, degudes a inclusions de latzulita.

És un fosfat que prové del metamorfisme de roques fosfatades en sediments peraluminosos. A Rapid Creek es localitza en les vetes de falles i en les seves bretxes associades. Curiosament, altres fosfats d'alumini, com variscita o wavellita, no s'han identificat en aquests dipòsits. L'augelita s'acostuma a trobar associada amb siderita, latzulita i brasilianita.

Arrojadites (8.BF.05)

El nom arrel 'arrojadita' forma part ara mateix del nom d'un total de sis espècies (sense prefixos però amb sufixos), totes pertanyents al grup homònim. D'aquestes sis espècies, en les àrees d'estudi apareixen les quatre següents:

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

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



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

Com podem veure, els sufixos (o modificadors) emprats per a la diferenciació de les espècies depenen de la segona posició catiònica en les respectives fórmules (Cámara *et al.*, 2006; Chopin *et al.*, 2006). En el mateix grup també hi ha les fluorarrojadites i les dickinsonites.

Actualment, a Big Fish River podem trobar totes quatre espècies; a Rapid Creek, totes menys la del modificador BaNa.

La primera de les arrojadites que va ser descoberta es corresponia amb l'actual arrojadita-(KFe), però va ser anomenada simplement arrojadita (Guimarães, 1925). Aquesta arrojadita originària forma sèrie amb la dickinsonita, després anomenada dickinsonita-(KMnNa).

La composició de les arrojadites és força complexa, amb moltes variacions en les proporcions dels cations. L'any 2005, gràcies als moderns mètodes de determinació, la CNMMN-IMA va decidir diferenciar-les en espècies. El resultat es va publicar el 2006 amb el títol "The arrojadite enigma", en dues parts (Cámara *et al.*, la I, i Chopin *et al.*, la II).

Tant en funció de la morfologia com del color i la lluentor, diferenciar-les a simple vista o amb l'ajut de lupes i estereomicroscopis és pràcticament impossible. La paragènesi tampoc ens serveix de guia. Per tot plegat, és millor parlar d'arrojadites, en general, o fer servir el terme 'arrojadita' com a nom genèric, o també 'grup arrojadita'.

Una de les espècies diferenciades fou l'arrojadita-(KNa), aprovada el 2005 (codi IMA2005-047), a partir de mostres recollides a Rapid Creek (localitat tipus) i conservades des del 1980 al Musée de Minéralogie de Mines-ParisTech, París.



Figura 32. Augelita, amb brasilianita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Les arroyadites cristal·litzen en el sistema monoclínic. Els cristalls són tabulars a prismàtics, amb predomini del pinacoide frontal $\{100\}$ i habitualment amb els prismes $\{111\}$ i $\{011\}$; i als cristalls tabulars més típics, també amb el pinacoide $\{\bar{1}01\}$ i el prisma $\{\bar{3}11\}$ (figura 33). Les cares corresponents al pinacoide frontal són les més desenvolupades. Totes les cares solen tenir lluentor vítria menys les del prisma $\{\bar{3}11\}$, que la té esmorteïda o és mat (Robinson *et al.*, 1992).

L'espècie més abundant a les àrees d'estudi és l'arroyadita originària, és a dir, l'arroyadita-(KFe) (figura 34). Els millors exemplars, amb cristalls de fins a 1,5 cm, s'han trobat a dues localitats de Kulan Camp (Rapid Creek) i també a una de Big Fish River. La resta d'espècies apareix només en cristalls de pocs mil·límetres.

Són habituals els agregats de cristalls tabulars en creixements paral·lels segons $\{100\}$ (figura 35). El color és verd oliva, groguenc a marronós; també grisenc.

La descoberta d'arroyadites al Yukon és significativa perquè assenyalava la primera vegada que aquests minerals es troben fora de l'entorn de les pegmatites granítiques.

Els minerals associats amb els quals apareixen més sovint són quars, siderita, whiteïta-(CaFeMg), kryzhanovskita, vivianita, metavivianita, whitlockita i xantoxenita. S'han trobat cristalls grisos de mida mil·limètrica dins de nòduls de ludlamita, wolfeïta i pirita.

Figura 33. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall d'arroyadita-(KFe) de Rapid Creek (vistes frontal, a sota, i zenital, a dalt): pinacoides $\{100\}$ i $\{\bar{1}01\}$; prisma de primer ordre $\{011\}$; prismes de quart ordre $\{111\}$ i $\{\bar{3}11\}$. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

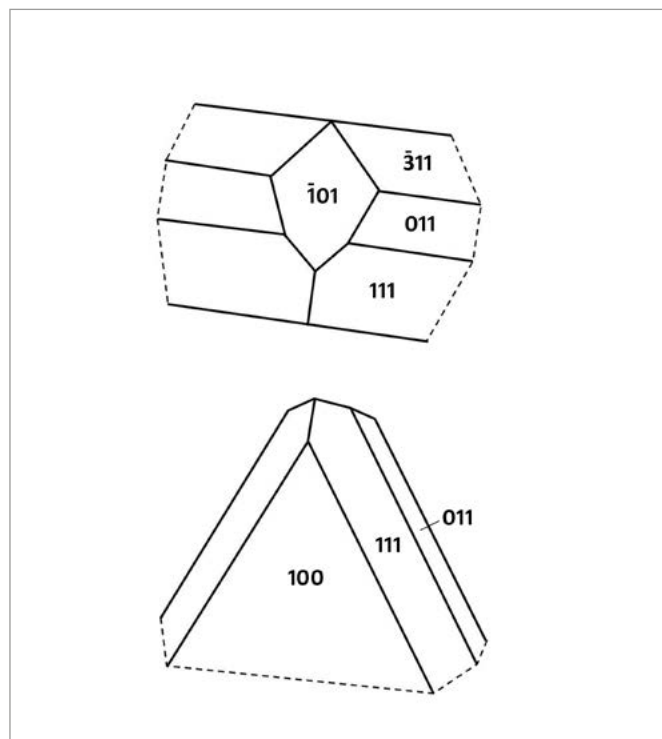




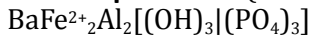
Figura 34. Arrojadita-(KFe), amb quars. Rapid Creek. C.V. 5 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



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

A Rapid Creek i Big Fish River, les arrojadites es produeixen com a recobriment de fractures obertes en gresos rics en siderita. Les arrojadites i el quars euèdric representen l'etapa inicial de la precipitació de fosfats en les vetes, que va tenir lloc a partir de fluids de baixa salinitat durant o després de l'orogènia Laramide, sota condicions metamòrfiques de grau molt baix, a temperatures mínimes de 180 a 200°C. (Robinson *et al.*, 1992)

Kulanita i penikisita (8.BH.20)



Ambdues espècies són monoclíniques. Formen sèrie entre si (i amb la perloffita) i pertanyen al grup bja-rebyita. La penikisita fou descrita inicialment, el 1977, com triclínic (pseudomonoclínic), però l'any 2013 va ser redefinida com monoclínic (Bowman *et al.*).

La kulanita va ser aprovada el 1975 i publicada el 1976 (Mandarino i Sturman). L'exemplar estudiat provenia de Rapid Creek. Poc després es va examinar un exemplar similar recollit molt a prop d'on s'havia

trobat el primer. L'estudi detallat d'aquella "nova kulanita" va revelar que els cristalls estaven fortament zonats, amb unes parts més blavoses i de tonalitat menys fosca, situades generalment vora les arestes dels cristalls. Es va comprovar que les relacions $\text{Mg}:\text{Fe}^{2+}$ presentaven variacions significatives, i que aquestes parts menys fosques i més blavoses tenien un contingut en magnesi més alt que en ferro ($\text{Mg} > \text{Fe}^{2+}$). Arran de les anàlisis, va ser aprovada i publicada com a nova espècie amb el nom de penikisita (Mandarino *et al.*, 1977).

Ambdues espècies són semblants en les seves característiques externes: cristalls transparents a translúcids, lluentor vítria, color blau fosc o blau verdós a verd en la kulanita i verd blavós a blau en la penikisita (figures 36, 37, 38 i 39). La variació de color depèn molt de la composició, força variable d'unes localitats a unes altres: cristalls amb contingut relativament baix en magnesi i alt en manganès (sèrie cap a la perloffita) són notablement d'una coloració menys verda; mentre que altres autors indiquen que als cristalls zonats de kulanita i penikisita, com s'ha dit abans, les

Figura 36. Kulanita, amb quars i latzulita. Rapid Creek. Cristall 5 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 37. Kulanita, amb latzulita i siderita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.





Figura 38. Kulanita, amb siderita. Rapid Creek. C.V. 1,2 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 39. Kulanita (possible kulanita-penikisita), amb quars, siderita i latzulita. Rapid Creek. C.V. 1,5 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

zones de color blau menys fosc tenen menys Fe^{2+} (són més properes a penikisita) que les blau fosques (més properes a kulanita) (Mandarino *et al.*, 1977).

Els cristalls de penikisita rarament arriben als 5 mm de grandària, mentre que els de kulanita poden ser més grans (se'n coneixen de fins a uns 15 mm). Es presenten amb hàbit tabular, prims a gruixuts, simples a complexos i rics en cares, sovint formant agregats en roseta o en grups divergents (figura 40). La figura 41 mostra un cristall de kulanita de Rapid Creek, ric en cares, per la combinació de diversos prismes ($\{10\bar{1}\}$, $\{011\}$, $\{110\}$, $\{161\}$, etc.) i els pinacoides $\{100\}$ i $\{001\}$.

Tot i que s'han trobat també a Big Fish River, ambdues espècies són més abundants a Rapid Creek, sobretot la kulanita, especialment a Crosscut Creek (Kulan Camp) (figura 42), encara que els cristalls més grans i de més qualitat de kulanita s'han recollit a Young's Creek (Stoneman Camp) (Robinson *et al.*, 1992). Apareixen associades amb quars i siderita, i

a més amb brasilianita, arrojadites i fluorapatita, i la kulanita també amb latzulita, en llocs molt concrets.

La localitat tipus d'ambdues espècies és Rapid Creek. Codis IMA 1975-012 (kulanita) i IMA 1976-023 (penikisita). Holotips conservats en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Els noms estan dedicats als prospectors canadencs A. Kulan (1921-1977), de qui hem parlat força en la primera part de l'article, i G. Penikis (1936-1979), també citat en la primera part.

Brasilianita (8.BK.05)



Cristal·litza en el sistema monoclínic.

Els cristalls, que rarament superen els 10 mm de llargada, són típicament prismàtics, alguns d'ells bi-terminats, allargats segons l'eix c (figura 43), amb predomini del prisma de tercer ordre $\{110\}$, usualment combinat amb el pinacoides $\{001\}$; també amb els pinacoides $\{10\bar{1}\}$ i $\{010\}$ i el prisma $\{11\bar{1}\}$.

Figura 40. Kulanita, amb collinsita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 41. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall de kulanita de Rapid Creek: pinacoides $\{001\}$, $\{100\}$ i $\{10\bar{1}\}$; prismes de primer ordre $\{011\}$ i $\{031\}$; prismes de tercer ordre $\{110\}$ i $\{120\}$; prismes de quart ordre $\{111\}$, $\{121\}$, $\{131\}$ i $\{161\}$. Dibuix: Josep Lluís Garrido (font: Mandarino & Sturman, 1976).

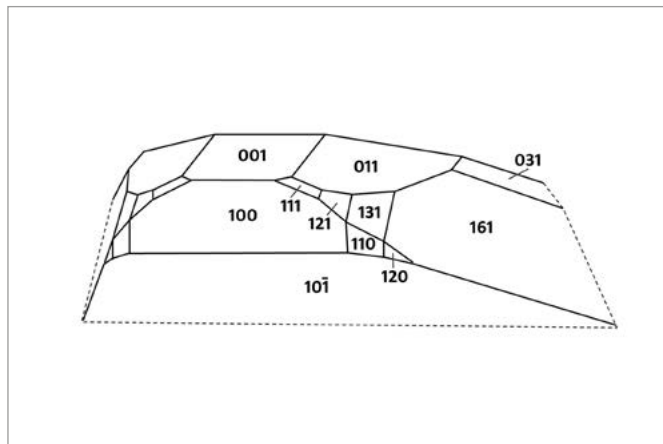




Figura 42. Kulanita, amb quars. Kulan Camp, Rapid Creek. 9 x 5 cm. Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto

Figura 43. Formes cristal·logràfiques presents en dos cristalls de brasilianita de Rapid Creek: pinacoides $\{001\}$, $\{010\}$ i $\{10\bar{1}\}$; prisma de tercer ordre $\{110\}$; prisma de quart ordre $\{11\bar{1}\}$. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

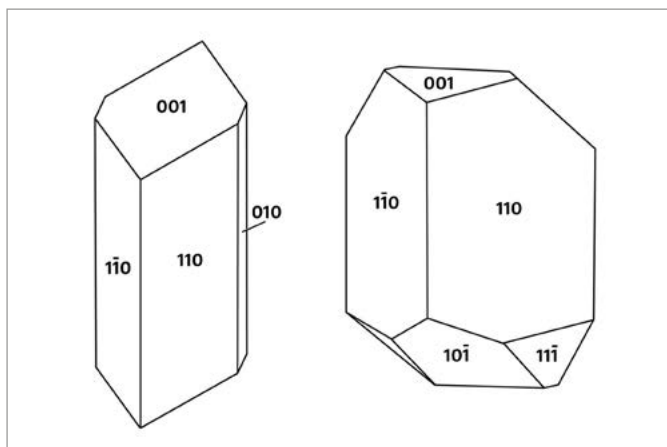


Figura 44. Brasilianita, amb latzulita i siderita. Rapid Creek. C.V. 2,8 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



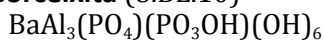


Figura 45. Brasilianita, amb augelita. Rapid Creek. C.V. 1 cm. Col·lecció i foto: Paulí Gispert.

Els cristalls de brasilianita poden assemblar-se molt als d'augelita. També pel color, ja que poden ser groguencs a verdosos, també blanquinosos, amb lluentor vítria (figures 44 i 45). La cara del pinacoide {001} té estriació paral·lela a la del pinacoide {010}, mentre que en l'augelita és paral·lela a {201}.

Apareix a Rapid Creek, sobretot a Crosscut Creek (Kulan Camp), i també a Big Fish River. Està associada amb siderita, latzulita i quars, però també es pot trobar amb kulanita, gormanita, augelita, fluorapatita i whiteïta.

Gorceixita (8.BL.10)



Cristal·litza en el sistema monoclínic (pseudotriangular). Pertany al grup plumbogummita. És l'equivalent en Ba de la goyazita i de la crandallita.

Els cristalls són relativament senzills: tabulars pseudo-hexagonals, amb clar predomini del pinacoide {001} i amb les cares laterals obliqües, formades per la combinació dels pinacoides {101} i {100} amb els prismes {110} i {011} (figures 46 i 47). Normalment apareixen superposats, en paral·lel a {001},

Figura 47. Gorceixita, amb quars. Rapid Creek. C.V. 5 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

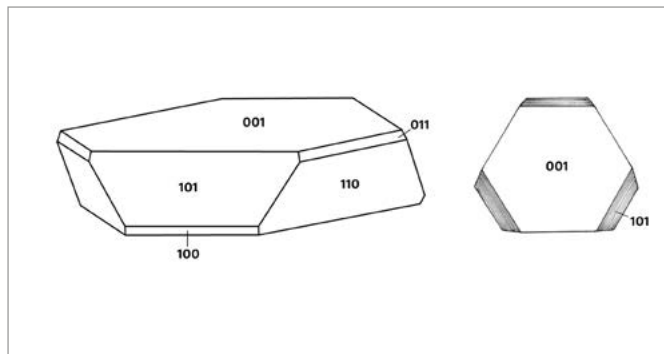
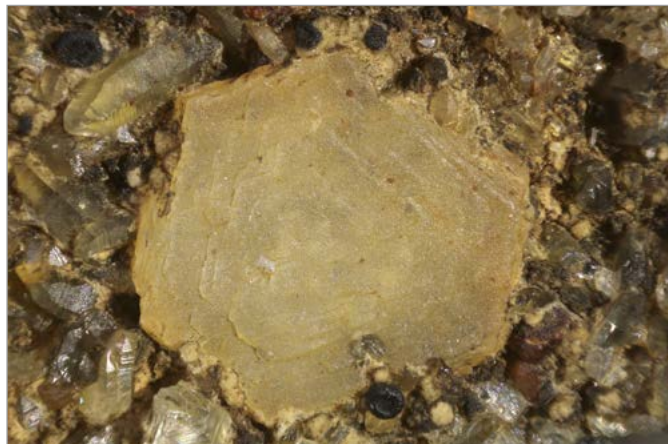


Figura 46. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall de gorceixita de Rapid Creek (a l'esquerra): pinacoides {001}, {100} i {101}; prisma de primer ordre {011}; prisma de tercer ordre {110}. A la dreta, superposició de cristalls. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (fonts: Robinson et al., 1992; web mineralienatlas.de).

amb un esglaonament que és especialment apreciable per la superposició de les cares {101}. També n'hi ha de pseudoromboèdrics, sovint amb les cares esglaonades (figura 48). Poden tenir una grandària d'uns 5 mm però el més habitual és que no arribin als 3 mm.

Es troba així mateix en forma de granets, còdols i agregats globulars (figura 49), els quals són en part microcristal·lins. El seu color és blanc, grisenc, groguenc, marronós, verdós a blavós; també incolor. La lluentor és vítria a resinosa o cèria. Espècies associades: siderita, quars, latzulita, augelita.

Aquesta espècie no és particularment comuna a Rapid Creek i és més aviat rara a Big Fish River. Juntament amb altres fosfats rics en bari, sembla que la seva presència està limitada a zones de falla bretxada i a dipòsits conglomeràtics (Robertson, 1982). Els millors exemplars, amb els cristalls de fins a 5 mm, provenen de Crosscut Creek (Kulan Camp); altres destacables, però amb cristalls més petits, són de dues localitats d'Stoneman Camp (Robinson *et al.*, 1992).

Figura 48. Gorceixita, amb quars. Rapid Creek. C.V. 4,5 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



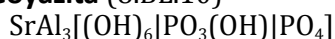


Figura 49. Gorceixita. Rapid Creek. C.V. 5,5 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 50. Goyazita, amb fluorapatita i siderita. Rapid Creek. C.V. 3,3 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Goyazita (8.BL.10)



Cristal·litzada en el sistema trigonal. Pertany al grup plumbogummita. És l'equivalent en Sr de la gorceixita (de Ba) i de la crandallita (de Ca). És l'única espècie coneguda a les zones d'estudi que conté Sr com a catió gran predominant.

Els cristalls són romboèdrics (predomini del romboedre {102}), usualment pseudocúbics, de color blanc a rosat, de fins a 1 cm (figura 50). Cal destacar els exemplars provinents de Young's Creek (Stoneman Camp, Rapid Creek)).

Està comunament associada amb siderita, kulanita i quars. L'associació amb kulanita indica que tant el bari com l'estronci estaven presents durant la cristal·lització, la qual cosa no passa amb la gorceixita. Diferents anàlisis han demostrat que aquesta goyazita és relativament pura, amb una baixa proporció de bari, concentrat al centre dels cristalls. Tampoc es va detectar ni ferro ni manganès en els cristalls rosats analitzats (sí es van trobar traces de ceri, però és incert que aquest element sigui el causant d'aquesta coloració). (Robinson *et al.*, 1992)

Figura 51. Fluorapatita, amb quars, latzulita i siderita. Kulan Camp, Rapid Creek. 2,8 x 2,5 cm. Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.



Fluorapatita (8.BN.05)



Cristal·litzada en el sistema hexagonal. Pertany al grup apatita.

És relativament abundant en les zones d'estudi, però rarament apareix en grans quantitats. S'han trobat exemplars de gran qualitat sobretot a Kulan Camp. Els cristalls més grans solen assolir fins a 2 cm, però normalment mesuren menys d'1 cm. (Robinson *et al.*, 1992)

Els cristalls són majoritàriament prismàtics, també tabulars, quasi sempre amb la combinació de les mateixes formes cristal·logràfiques: prismes i dipiràmides hexagonals, amb o sense pinacoides basals (figures 51, 52 i 53). Alguns cristalls mostren de vegades bandes fibroses en les seves terminacions, que són el resultat d'una interrupció en la cristal·lització. Poden ser incoloros, blancs a rosats o violacis, també groguencs a marronosos pàl·lids. Sembla que el color rosat a violaci està confinat a la zona exterior dels cristalls i que és degut a la presència de petites quantitats d'òxid de manganès.

Figura 52. Fluorapatita, amb quars, siderita i latzulita. Rapid Creek. Cristall 6 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.





Figura 53. Fluorapatita, amb latzulita i siderita. Kulan Camp, Rapid Creek. 6,5 x 3 cm. Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto.

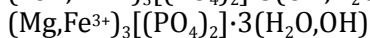
Principalment està associada amb latzulita, siderita, quars i goyazita.

La varietat carbonatofluorapatita és menys comuna, apareixent com a crostes botrioides i també en nòduls diminuts (Robertson, 1982).

Fosfats hidratats sense anions estranys

Tenim: kryzhanovskita-garyansellita, fosfosiderita, ludlamita, vivianita-bariçita, wicksita, collinsita i messelita.

Kryzhanovskita i garyansellita i (8.CC.05)



Cristal·litzen en el sistema ròmbic. Formen sèrie entre si i pertanyen al grup fosfoferrita. Els membres d'aquest grup constitueixen unes sèries complexes caracteritzades per un ordenament extensiu entre cations de mida i valència variables (Moore *et al.*, 1980). La presència de Fe^{3+} en aquestes dues espècies, a diferència del que passa amb la fosfoferrita, provoca un excés de càrrega catiònica, que queda equilibrada pels

Figura 55. Kryzhanovskita. Rapid Creek. C.V. 4 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

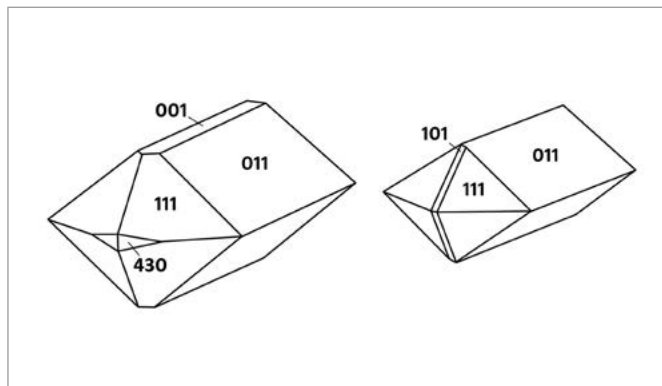
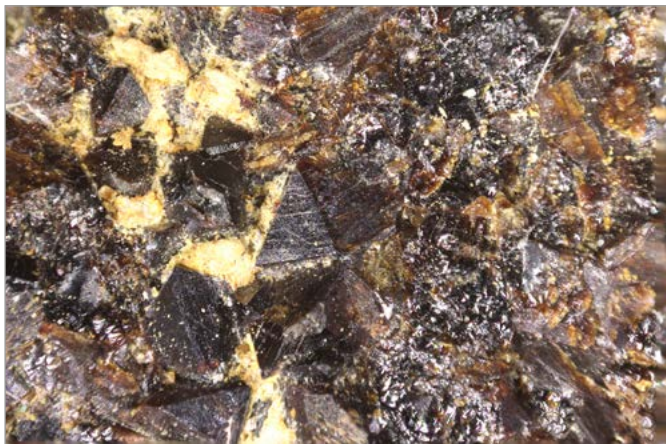


Figura 54. Formes cristal·logràfiques en un cristall de garyansellita (esquerra) i garyansellita-kryzhanovskita (dreta) de Rapid Creek: pinacoide {001}; prismes primer ordre {011} i {032}; prisma segon ordre {101}; prisma tercer ordre {430}; dipiràmide {111}. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

OH, que substitueixen parcialment els H_2O . La presència d'aquests grups OH fa que també puguin ser classificades entre els fosfats hidratats amb anions estranys (8.D...).

Tenen color marronós amb lluentor vítria. La garyansellita pot tenir tonalitat bronzejada en les superfícies d'exfoliació. La kryzhanovskita pot ser també vermell marronosa a quasi negra.

Els cristalls rars vegades tenen una grandària superior als 2 mm, encara que de kryzhanovskita s'han trobat de fins a 2 cm. Poden ser allargassats, pel predomini del prisma {011}, combinat amb la dipiràmide {111}, que també pot ser la forma predominant en cristalls més curts; mentre que altres formes observades, com la {001}, la {101}, la {032} i la {430}, són menys comunes (figures 54 i 55). Les macles són poc freqüents. La garyansellita és més habitual que es presenti en plaquetes.

Les vetes que contenen kryzhanovskita solen ser força estretes i inclouen sovint quars, metavivianita i arrojadites. Ambdues espècies s'han observat també com a laminetes, associades amb vivianita i bariçita en nòduls de wolfeïta alterada.

Figura 56. Vivianita, ludlamita i quars. Big Fish River. C.V. 5,5 cm. Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George W. Robinson (font: Canadian Museum of Nature).



La garyansellita és força més rara, però s'ha trobat ben cristal·litzada a Kulan Camp (Rapid Creek); també en una de les localitats de Big Fish River, en superfícies de fractura dins de nòduls de satterlyita. La kryzhanovskita és menys rara, tant a Rapid Creek com a Big Fish River.

La localitat tipus de la garyansellita és Rapid Creek. Codi IMA 1981-019. Holotip conservat en el Royal Ontario Museum, Toronto.

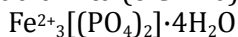
Fosfosiderita (8.CD.05)



Cristal·litza en el sistema monoclínic. Pertany al grup metavariscita i és dimorfa de la strengita.

És rara a les zones d'estudi. Els únics exemplars destacables provenen d'un lloc amb fractures irregulars que contenen siderita, souzalita-gormanita i brasilianita, en una localitat de Stoneman Camp. També ha aparegut en Kulan Camp, com una mena de masses cèries i petites vetes, rosades a blanquinoses, en la perifèria de nòduls de wolfeïta, mariçita i piritita (Robinson *et al.*, 1992).

Ludlamita (8.CD.20)



Cristal·litza en el sistema monoclínic. Pertany al grup homònim.

Els cristalls són tabulars, amb predomini del pinacoide $\{001\}$, combinat amb prismes, com $\{110\}$, $\{11\bar{1}\}$ i $\{51\bar{1}\}$, i pinacoides, com $\{100\}$ i $\{10\bar{1}\}$ (Robinson *et al.* 1992).

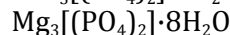
El seu color pot tenir diversos matisos de verd; rarament és blava o incolora. La lluentor és vítria o resinosa.

És poc freqüent, encara que en alguns indrets pot aparèixer en abundància com a exfoliacions de fins a

2 cm o bé en masses granulars meteoritzades, reomplint algunes fractures.

Malauradament, sol està afectada pel permafrost, que fa que la majoria de mostres es trenquin fàcilment en extreure-les. Per aquesta raó, els bons exemplars són escassos. Els més destacables s'han obtingut en una localitat de Big Fish River, on s'han trobat cristalls de color verd pàl·lid de fins a 1 cm, associats amb vivianita i quars (figura 56).

Vivianita i bariçita (8.CE.40)



Cristal·litzen en el sistema monoclínic. Formen sèrie entre si i pertanyen al grup vivianita. En les àrees d'estudi, la successió de composicions vivianita-bariçita, amb intercanvi Fe^{2+} -Mg, és contínua i fins i tot es pot donar en diferents zones d'un mateix exemplar. De fet, pràcticament totes les bariçites contenen Fe^{2+} , fins i tot en proporcions molt properes al límit; així mateix, la majoria de vivianites contenen Mg (Gramaccioli, 1986).

Ambdues tenen color blau a verd blavós o blau grisenc, amb lluentor vítria. Els cristalls més grans de vivianita poden ser blaus amb tonalitat molt fosca, mentre que les fines crostes que recobreixen les pissarres són de color blau pàl·lid.

Els cristalls són molt semblants, tabulars, pel predomini del pinacoide lateral $\{010\}$, i sovint allargats, pel pinacoide frontal $\{100\}$ i els prismes de tercer ordre; en la vivianita és típic el $\{540\}$, en les cares verticals, combinat amb el pinacoide $\{501\}$ i el prisma de quart ordre $\{531\}$, en les cares obliqües, amb altres pinacoides i prismes en les petites cares terminals (figures 57 i 58).

Els cristalls de vivianita poden superar fàcilment el centímetre i apareixen aïllats o, més habitualment,

Figura 57. Vivianita. Big Fish River. Cristall 9 mm. Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George W. Robinson (font: Canadian Museum of Nature).

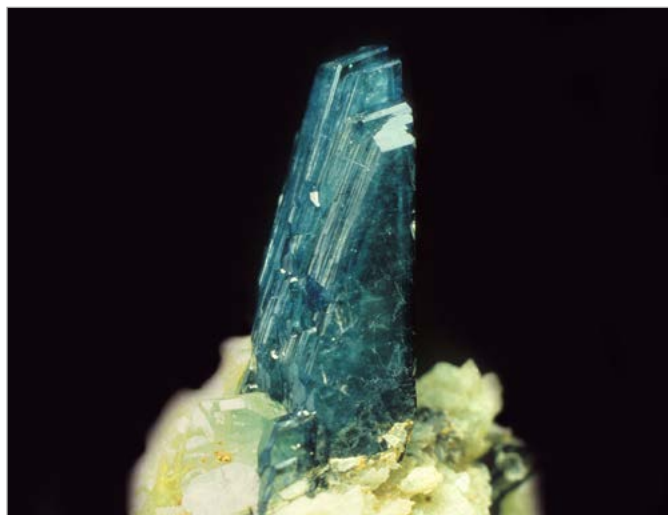


Figura 58. Formes cristal·logràfiques presents en dos cristalls de vivianita de Big Fish River: pinacoides $\{010\}$, $\{100\}$, $\{001\}$, $\{101\}$ i $\{501\}$; prisma de primer ordre $\{021\}$; prisma de tercer ordre $\{540\}$; prismes de quart ordre $\{531\}$ i $\{221\}$. Dibuixos: Josep Lluís Garrido (font: Robinson *et al.*, 1992).

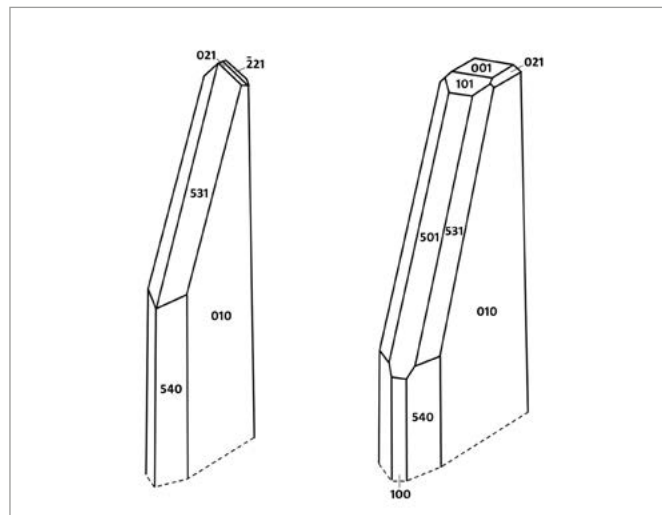




Figura 59. Vivianita. Big Fish River. 10 x 4,5 cm. Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.

Figura 60. Vivianita, amb quars. Big Fish River. 4 x 2,5 cm.
Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: George W. Robinson (font: Canadian Museum of Nature).



Figura 61. Bariçita. Kulan Camp, Rapid Creek. 5 x 1,6 cm.
Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



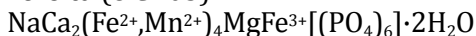
en grups paral·lels a divergents (figures 59 i 60). Els millors surten en una localitat de Big Fish River, amb grandàries de fins a 5 cm, associats amb quars, ludlamita, arrojadita-(KFe) i fluorapatita (Robinson *et al.*, 1992).

Els cristalls ben diferenciats de bariçita són, en canvi, rars i petits, tot i que en el Canadian Museum of Nature, Ottawa, preserven excel·lents exemplars trobats a Crosscut Creek (Kulan Camp, Rapid Creek). Un dels més representatius mostra un cristall molt ben format, de color blau grisenc pàl·lid, d'uns 5 cm de llargada. És més habitual que aparegui en agregats radials centimètrics, de color blau pàl·lid o gris blavós a verd blavós (figura 61), de vegades micacis, per la superposició de fines làmines, sovint pseudo-hexagonals.

La bariçita es va descriure per primera vegada gràcies a les recerques efectuades a Crosscut Creek (Kulan Camp), on es presenta associada amb siderita, quars, vivianita i latzulita (Sturman i Mandarino, 1976). També s'ha trobat associada amb whiteïta-(CaFeMg), collinsita, childrenita-eosforita i kryzhanovskita.

Les colocalitats tipus de la bariçita són Big Fish River i Rapid Creek. Codi IMA 1975-027. Holotips conservats en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Wicksita (8.CF.05)



Cristal·litza en el sistema ortoròmbic. Pertany al grup homònim.

Normalment apareix dins dels nòduls fosfatats, com agregats radials de color verd fosc o blau fosc a quasi negre, amb lluentor entre nacrada i submetàl·lica (figura 62). També forma inclusions de fins a 1 cm dins de la wolfeïta.

Entre els minerals associats que s'han observat hi ha pirita, vivianita i espècies del grup alluaudita (Robinson *et al.*, 1992). En l'àrea de Big Fish River, on s'han trobat les millors mostres, també surt associada amb satterlyita.

Big Fish River és la localitat tipus. Codi IMA 1979-

Figura 62. Wicksita, amb pirita. Big Fish River. C.V. 1,3 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



019. Holotip conservat en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Collinsita (8.CG.05)



Cristal·litza en el sistema triclínic. Pertany al grup fairfieldita. Sovint conté Fe^{2+} en substitució parcial del Mg.

Els cristalls són prismàtics, normalment amb les cares planes o una mica arrodonides i amb terminacions apuntades (figura 63). Són característics els grups radials, fullosos o fibrosos (figures 64, 65 i 66). Habitualment són incolors a blanquinosos o blanc groguencs i la lluentor és nacrada a sedosa. També poden tenir color grisenc, groguenc a verdós.

L'any 1983 es van trobar en Young's Creek (Stoneman Camp, Rapid Creek) alguns dels potser millors exemplars de collinsita mai recollits: agregats en estrella formats per cristalls de color blanc crema, de fins a 2 cm de grandària, amb quars i petites quantitats de siderita, fluorapatita, metavivianita i gorceixita (figura 64). També a Rapid Creek, s'han recollit exemplars notables en una localitat de Kulan Camp i en Grizzly Bear Creek (Stoneman Camp); finalment, també apareix en les dues de Big Fish River (Robinson *et al.*, 1992).

Actualment segueix trobant-se tant a Rapid Creek com a Big Fish River, com a cristalls de no gaire més d'1 cm i en agrupacions radials que arriben als 2 cm. També apareix associada amb latzulita i quars, en diverses fissures.

Messelita (8.CG.05)



Cristal·litza en el sistema triclínic. Pertany al grup fairfieldita. Quasi sempre conté Mn^{2+} en substitució parcial del Fe^{2+} .

Els cristalls aïllats són rars. Generalment es presenten agrupats en agregats globulars; també radials i en feixos. El color és blanc a groguenc o marronós pàl·lid, amb lluentor resinosa o greixosa, rares vegades vítria.

Els millors exemplars s'han trobat a Crosscut Creek (Kulan Camp) i en una localitat de Stoneman Camp,

Figura 63. Collinsita. Rapid Creek. C.V. 3,3 mm. Col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido.





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

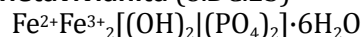
en agregats globulars de fins a 2 cm de diàmetre. Acostuma a estar associada amb siderita, quars, latzulita, gordonita i whiteïta-(CaFeMg) i probablement sigui una de les darreres espècies en formar-se. (Robinson *et al.*, 1992)

Fosfats hidratats amb anions estranys

Tenim: metavivianita, gordonita, souzalita-gormanita,

childrenita-eosforita, whiteïta-(CaFeMg), xantoxenita i wardita.

Metavivianita (8.DC.25)



Cristal·litza en el sistema triclínic. Tot i el nom, la seva relació amb la vivianita és només per l'aspecte.

És més aviat rara. Apareix com agregats exfoliables

Figura 65. Collinsita. Rapid Creek. C.V. 6 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



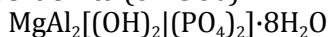
Figura 66. Collinsita. Rapid Creek. 9 x 6 cm. Col·lecció i foto: Royal Ontario Museum, Toronto.



que reomplen les fractures, allà on ho permet l'espai. Té color verd oliva a verd marronós o marró grisenc, amb lluentor greixosa.

Es poden trobar exemplars raonablement bons en alguns indrets de Kulan Camp i Stoneman Camp. La majoria d'aquests són molt trencadissos, la qual cosa dificulta la seva extracció i conservació (Robinson *et al.*, 1992).

Gordonita (8.DC.30)



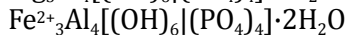
Cristal·litza en el sistema triclínic. Pertany al grup laueïta.

És un mineral poc comú a les diferents localitats de Rapid Creek i Big Fish River. Els cristalls individuals són prismàtics, més o menys aplanats i de vegades fortament estriats, de fins a 1 mm o poc més. Sovint s'agrupen en agregats fullosos, de fins a 5 mm, constituïts per individus tots ells amb la mateixa terminació (figura 67). Són incolors a blanquinosos, també groguencs a marronosos o grisencs, de vegades amb terminacions de color rosat pàl·lid o verd pàl·lid.

Les millors mostres s'han trobat en una localitat de Kulan Camp (Rapid Creek), amb cristalls blanquinosos a groguencs de fins a 2 mm, que apareixen recobrint petits agregats de wardita (Robinson *et al.*, 1992).

Està generalment associada amb siderita, arrojadita, latzulita i wardita.

Souzalita i gormanita (8.DC.45)



Cristal·litzen en el sistema triclínic. Fan sèrie entre si. L'íntima associació souzalita-gormanita justifica la dificultat en classificar els exemplars sense analitzar-los: fins i tot cristalls individuals mostren relacions variables Mg:Fe²⁺, proporcionant composicions que provenen que ambdues espècies estan presents (Sturmann *et al.*, 1981).

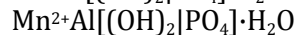
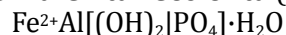
Pel fet que no hi ha diferències remarcables en color i morfologia, tot i que sembla ser que la gormanita és el terme més abundant a les àrees d'estudi, és recomanable que els exemplars no analitzats es cataloguin com souzalita-gormanita (per antiguitat) o gormanita-souzalita (per ordre alfabètic).

Tant a Big Fish River com a Rapid Creek es localitzen en superfícies de fractura i també com a inclusions en quars. Els cristalls són aciculars, amb gruix variable, de fins a poc més d'1 cm de llargada, i apareixen generalment formant grups paral·lels a divergents, feixos i agregats radials (figures 68, 69 i 70). El seu color té tonalitats que van del blau verdós al verd fosc. La lluentor és subvíttria a greixosa.

Els millors exemplars provenen d'una localitat de Stoneman Camp (Rapid Creek) i, sobretot, d'una altra de Big Fish River. Les espècies associades més freqüents són quars i siderita. (Robinson *et al.*, 1992)

Big Fish River i Rapid Creek són les colocalitats típus. Codi IMA 1977-030. Holotips conservats en el Royal Ontario Museum, Toronto.

Childrenita i eosforita (8.DD.20)



Cristal·litzen en el sistema ortoròmbic. Formen sèrie entre si. Amb l'anàlisi de mostres provinents de Rapid Creek es va comprovar que se situen entre childrenita i eosforita, la qual cosa fa gairebé impossible diferenciar-les *de visu* com a espècies. Per exemple, en mostres de dues localitats veïnes de Stoneman Camp, mentre en les d'una tenim predomini del Fe²⁺, en les de l'altre el predomini és del Mn²⁺ (Robinson *et al.*, 1992). Per això en aquest cas també es recomana que, si els exemplars no estan analitzats, es cataloguin com childrenita-eosforita.

Els cristalls són prismàtics, de vegades aplanats, amb acabaments piramidals. Apareixen aïllats o en grups paral·lels, divergents a radials (figures 71 i

Figura 67. Gordonita, amb arrojadita-(KFe). Rapid Creek. C.V. 3 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

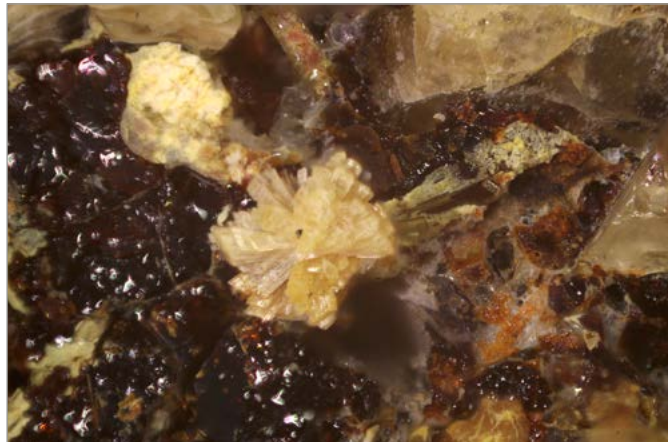


Figura 68. Souzalita-gormanita, amb quars i siderita. Big Fish River. 4,2 x 3,1 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.





Figura 69. Souzalita-gormanita, amb childrenita-eosforita i siderita. Big Fish River. C.V. 5,5 mm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

72). En algunes localitats, sobretot de Rapid Creek, es troben, en superfícies de fractura, agrupacions radials amb cristalls de fins a 1,5 cm de llargada. Cristalls isolats, més petits, apareixen en algunes de les vetes de quars. Els millors exemplars, amb cristalls petits però ben formats i molt lluent, provenen d'una localitat de Stoneman Camp (Rapid

Creek), on l'eosforita és el terme majoritari (Robinson *et al.*, 1992).

Els cristalls tenen color marronós, marró ataronjat a marró groguenc, també groc melat i inclús blanquinós a grisenc, de vegades amb terminacions verdeses. Molts cristalls, especialment els més petits, són força transparents, amb lluentor vítria.

Figura 70. Souzalita-gormanita, amb quars i siderita. Big Fish River. C.V. 3,2 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 71. Childrenita-eosforita, amb quars, siderita i latzulita. Rapid Creek. C.V. 1,2 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.





Figura 72. Childrenita-eosforita, amb quars. Rapid Creek. C.V. 4 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

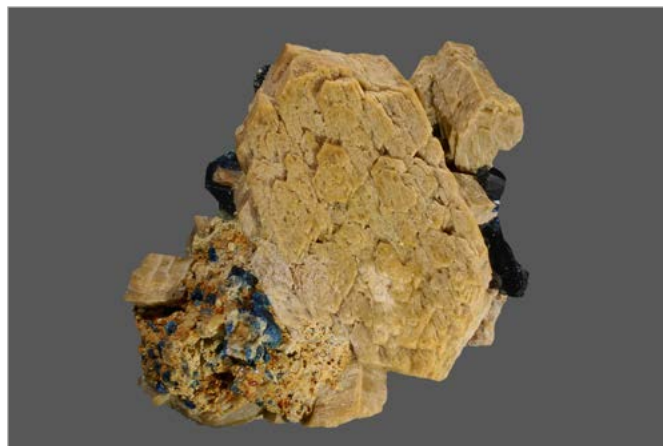
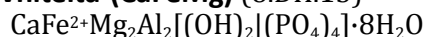


Figura 73. Whiteïta-(CaFeMg), amb latzulita. Rapid Creek. 2,7 x 2,3 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

La childrenita-eosforita se sol trobar associada a quars, siderita, latzulita, souzalita-gormanita i wardita.

Whiteïta-(CaFeMg) (8.DH.15)



Cristal·litza en el sistema monocínic. Les whiteïtes conformen un complex subgrup d'espècies, totes amb el nom arrel whiteïta seguit de tres sufixos (modificadors), dins del mateix grup que les jahnsites, que són

les equivalents amb Fe^{3+} en lloc d'Al. Fins ara l'única whiteïta determinada amb seguretat a les àrees d'estudi és la de CaFeMg. Pot contenir Mn^{2+} substituït parcialment al Fe^{2+} i també al Ca.

Els cristalls són tabulars i estan generalment macclats per reflexió segons {001} (figures 73 i 74). La repetició de les macles dóna lloc a les arestes corbades que s'observen en la majoria d'exemplars, degut a la lleugera incompatibilitat entre els plans compar-

Figura 74. Whiteïta-(CaFeMg), amb latzulita. Rapid Creek. 3 x 2,6 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.





Figura 75. Whiteïta-(CaFeMg). Rapid Creek. 3,1 x 2,8 cm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

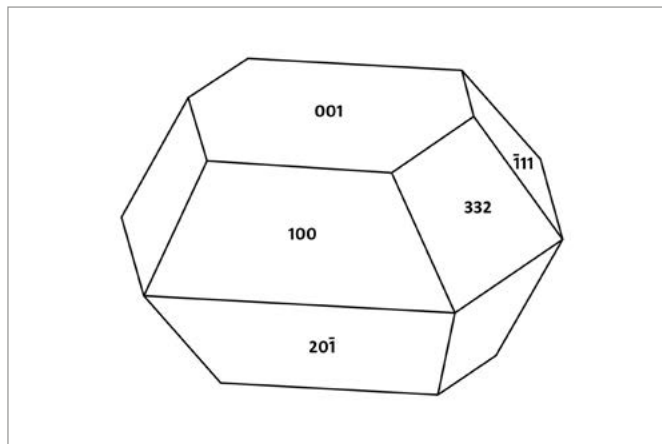


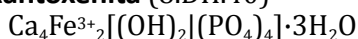
Figura 76. Formes cristal·logràfiques presents en un cristall de whiteïta-(CaFeMg) de Rapid Creek: pinacoides {001}, {100} i {201}; prismes de quart ordre {111} i {332}. Dibuix: Josep Lluís Garrido (font: web mineralienatlas.de).

tits en els cristalls individuals (figura 75). La figura 76 mostra una combinació de formes cristal·logràfiques comuna en els cristalls de les whiteïtes, amb predomini del pinacoide {001} combinat amb els pinacoides {100} i {201} i els prismes {111} i {332}. El color varia del groc marronós al marró pàl·lid i al blanc groguenc, amb lluentor vítria a greixosa.

A Rapid Creek, els millors exemplars s'han trobat a Crosscut Creek (Kulan Camp) i en una localitat de Stoneman Camp. A Big Fish River no ha estat trobada.

Les principals espècies associades amb la whiteïta-(CaFeMg) són siderita, quars, latzulita i arrojadita-(KFe).

Xantoxenita (8.DH.40)



Cristal·litza en el sistema triclínic.

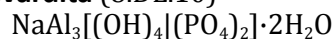
Només ha estat trobada a Rapid Creek, on apareix com a agregats formats per cristalls lenticulars a tabulars de fins a 3 mm (figura 77). Alguns s'assemblen a les macles de guix en 'punta de llança'. Tenen color

Figura 77. Xantoxenita, amb kulanita i arrojadita-(KFe). Rapid Creek. C.V. 8 mm. Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



blanquinós a groguenc o marró pàl·lid, mat o amb llüissor cèria. Els principals minerals associats són l'arrojadita-(KFe), la kulanita i la whitlockita.

Wardita (8.DL.10)



Cristal·litza en el sistema tetragonal. Pertany al grup homònim. És l'equivalent de la cyrilovita, amb Al en lloc de Fe^{3+} .

Després de la latzulita, la wardita procedent de les àrees de Rapid Creek i Big Fish River és el mineral més apreciat pels col·leccionistes, doncs cap altre lloc al món ha produït tanta abundància de magnífics exemplars.

Té una presència generalitzada. La majoria de les millors mostres s'han trobat a Rapid Creek (figures 78, 79, 80 i 81): en una localitat de Kulan Camp, acostumen a tenir un accentuat color groc melat a groc marronós, i en una altra de Stoneman Camp, sent aquí de color blanc a verd clar (Robinson *et al.*, 1992).

Els cristalls mostren un marcat hàbit pseudooctaèdric, degut al predomini de dipiràmides tetragonals

Figura 78. Wardita. Kulan Camp, Rapid Creek. C.V. 1,7 cm. Col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido.





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

{101} o {102}, amb cares força regulars, sovint amb estriació paral·lela a {001}, de vegades molt marcada (amb esglaons). La presència del prisma {001} és rara i més encara la d'altres prismes, com el {100} o el {110}. S'han trobat cristalls de fins a 3 cm, però la majoria són més petits. La lluentor és vítria.

Els cristalls són blanquinosos a groguencs, també incoloros, ataronjats a marronosos i verds a verd blavosos. Diferents anàlisis han mostrat que aquestes wardites són essencialment pures i que la coloració d'algunes es deu a inclusions d'altres minerals, com latzulita o souzalita-gormanita, finament disperses. Les cares dels cristalls poden estar entapissades per cristalls més petits també de wardita o bé d'altres minerals, com siderita o childrenita-eosforita.

Nòduls fosfatats

Les segregacions de fosfats nodulars estan restringides a la zona de Big Fish River i al Boundary Creek. Contenen significants quantitats de minerals fosfatats macroscòpics, els quals poden aparèixer dins de nòduls més o menys esferulítics.

Malgrat les seves diferències externes, els nòduls són mineralògicament similars. Els minerals dominants són: piritita, wolfeïta, satterlyita, mariçita i vivianita-bariçita. El quars és un constituent rar.

La major part d'aquests fosfats apareixen com a típics agregats subparal·lels formats per cristalls allargats, podent ser diferenciables pel seu color i exfoliació (Robinson *et al.*, 1992). Malauradament, molts interiors dels nòduls estan massa meteoritzats per a poder identificar correctament els minerals (Robertson, 1982).

Altres espècies

En parlar dels minerals que surten associats als que s'han detallat s'han citat espècies que no són fosfats, com la siderita o el quars. Però hi ha una que cal mencionar: la **rapidcreekita**, encara que només sigui perquè és l'única amb un nom lligat a una de les zones d'estudi, Rapid Creek, que òbviamment és la localitat tipus. També s'ha trobat a Big Fish River.

És un carbonatosulfat, $\text{Ca}_2[\text{CO}_3|\text{SO}_4]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, que cristal·litza en el sistema ròmbic. Apareix en grups divergents a radials formats per cristalls aciculars, de color blanc o incoloros, de fins a 3 mm; també en crostes. Els millors exemplars són de Crosscut Creek (Kulan Camp).



Figura 80. Wardita. Stoneman Camp, Rapid Creek. 2,8 x 2,4 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.



Figura 81. Wardita. Rapid Creek. C.V. 2,6 cm.
Col·lecció: Paulí Gispert; foto: Agustí i Màrius Asensi.

Agraïments

Del Canadian Museum of Nature (CMN/MCN), a Erika Anderson (Conservadora de Mineralogia), a Christina Jenness (Tècnica d'Informació de Col·leccions) i a Sean Tudor (Cap dels Serveis de Col·leccions), per facilitar-nos informació i les fotografies de George W. Robinson.

Del Royal Ontario Museum (ROM), a Kimberly Tait (Conservadora de Mineralogia) i a Nicola Woods (Coordinadora de Drets i Reproduccions), per facilitar-nos informació i diverses fotografies.

Pel mateix motiu, també a Sam Holloway (Editor de *The Yukoner Magazine*, Whitehorse, Yukon), a Bill Mann (Director de *The Yukon Prospectors Association*, Whitehorse, Yukon) i a Ronald Peterson (Professor de Geologia de la Queen's University, Kingston, Ontàrio).

Al fotògraf Michael Bainbridge (Ottawa, Ontàrio), per algunes de les fotos d'exemplars del Canadian Museum of Nature.

A Agustí Asensi i Màrius Asensi, companys del Grup Mineralògic Català, per fotografiar la major part dels exemplars que apareixen en aquest article. A Marc Campeny, per la traducció del resum i per la revisió de la síntesi geològica.

Les fotos citades amb autoria de George W. Robinson i font del Canadian Museum of Nature apareixen en aquest article per cortesia d'aquest museu. *Copyright*: George W. Robinson & Canadian Museum of Nature (Ottawa, Ontàrio, Canadà).

Les fotos citades amb autoria del Royal Ontario Museum apareixen en aquest article per cortesia d'aquest museu. *Copyright*: Royal Ontario Museum (Toronto, Ontàrio, Canadà).

Referències bibliogràfiques

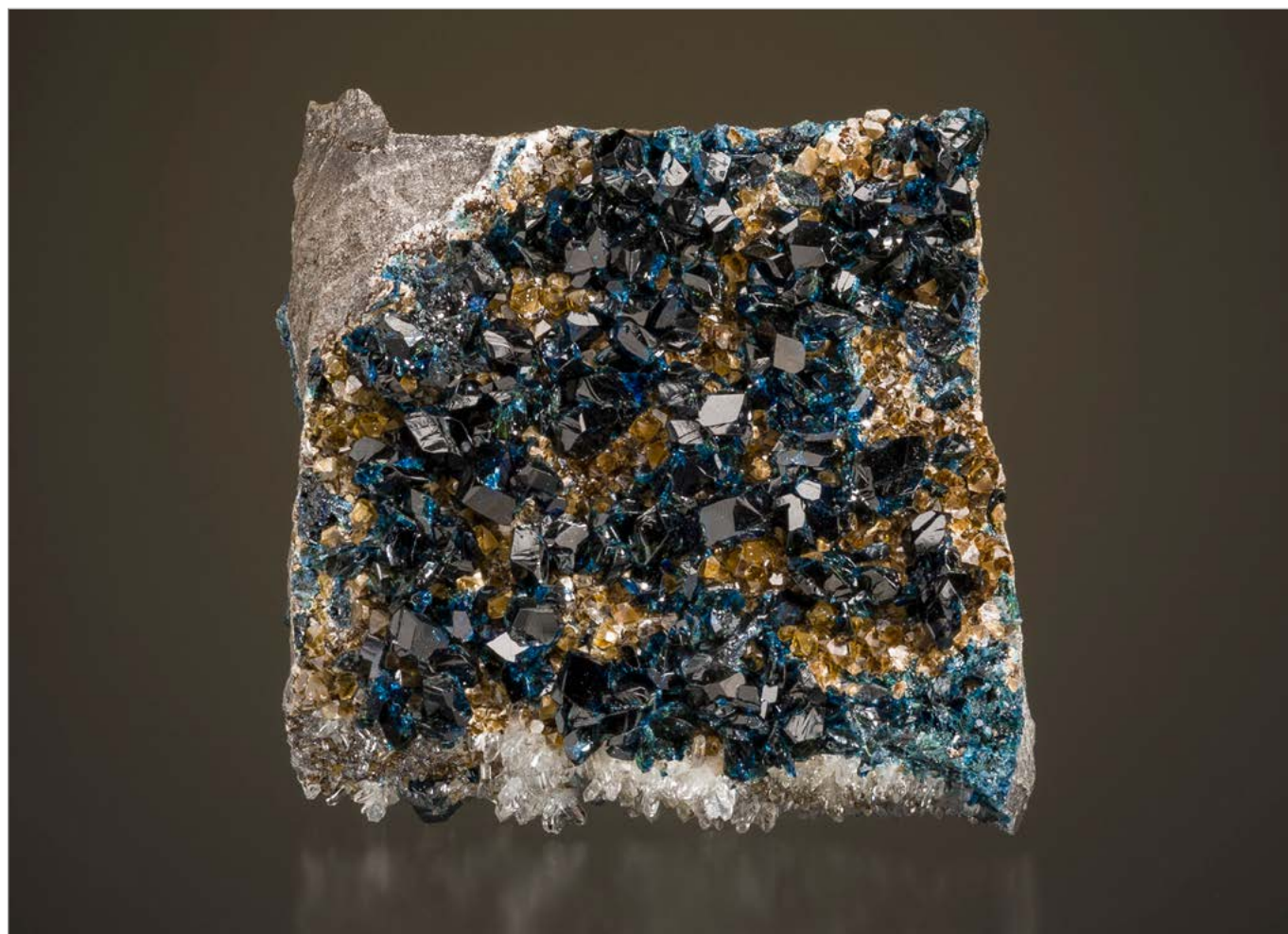
- CANAL-SOLER, J. (2016): *Tierras del Norte. Viaje por Alaska y el Yukón*. Barcelona: Nova Casa Editorial.
- CÁMARA, F.; OBERTI, R.; CHOPIN, C.; MEDENBACH, O. (2006): "The arrojadite enigma: I. A new formula and a new model for arrojadite structure". *American Mineralogist*; vol. 91, pp. 1249-1259.
- 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 (Itàlia): 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 edició. Richmond (Colúmbia Britànica, Canadà): 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". A: K.E. MacFarlane, M.G. Nordling i 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". A: Smith, D.F. i Glass, D.J. [eds.], *The Mesozoic of Middle North America*; memòria 9, pp. 361-372.

Webs consultades

- Web de la base de dades Mindat. Consulta: setembre a desembre 2019. Disponible a <<https://www.mindat.org>>.
- Web de la base de dades Mineralienatlas. Consulta: setembre a desembre 2019. Disponible a <<https://www.mineralienatlas.de>>.
- Web del *Handbook of Mineralogy*. Consulta: gener a febrer 2019. Disponible a <<http://www.handbookofmineralogy.com>>.

DATA RECEPCIÓ: 20-10-19. DATA ACCEPTACIÓ: 09-11-19. DATA INICI EDICIÓ: 31-01-20



Latzulita, amb siderita i quars. Kulan Camp, Rapid Creek. 9 x 8,5 cm.
Col·lecció: Canadian Museum of Nature, Ottawa; foto: Michael Bainbridge.