

Nomenclatura, sistematització i determinació de les turmalines

Josep Lluís GARRIDO RUFASTE

Grup Mineralògic Català

Barcelona

tio2jl@gmail.com

RESUM

Aquest article ens acosta a la nomenclatura i la sistematització de les turmalines, important supergrup (o grup) de silicats. S'agafa com a punt de partida la fórmula general $AD_3E_6[Z|X_3|(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$, ja que la nomenclatura i la sistematització depenen de les posicions dels ions en aquesta fórmula.

Després de fer un repàs a les principals característiques de les turmalines es detalla la nomenclatura. Els noms es construeixen mitjançant uns noms arrel (dravita, elbaïta, schorl, etc.) als quals s'anteposen o no certs prefixos en funció de l'anió (OH, F, O) predominant en la posició Z i dels cations mitjans (Al, Cr^{3+} , V^{3+} , etc.) predominants en les posicions D i E.

Pel que fa a la sistematització, es detallen els dos tipus de classificacions possibles. Primer la recomanada per la CNMNC-IMA, segons la qual les turmalines formen un supergrup que es divideix en tres grups, en funció de quin sigui el catió gran predominant en la posició A: alcalituralines (Na, K), calcioturalines (Ca) i vacuoturalines (vacant). Després les classificacions més clàssiques, tipus Strunz, en les quals les espècies de turmalines formen un grup.

També es fa una aproximació a la seva determinació, que és força difícil, degut a la complexa composició i a la semblança en les característiques externes. Es recomana que, sempre que sigui possible, es combinin diverses tècniques analítiques: microsonda electrònica (EPMA) i SEM-EDS, espectroscòpia Raman, difracció de raigs X (XRD/DRX), etc.

Finalment, i a manera d'annex, es fa un recull dels principals jaciments de turmalines de Catalunya i la resta d'Espanya.

PARAULES CLAU

Turmalina, nomenclatura, sistematització, alcalituralines, calcioturalines, vacuoturalines, Catalunya, Espanya.

ABSTRACT

This article reviews the nomenclature and systematization of tourmaline, an important supergroup (or group) of silicates. The general formula $AD_3E_6[Z|X_3|(BO_3)_3|Si_6O_{18}]$ is taken as a starting point, since nomenclature and systematization depend on the ions position.

Nomenclature is discussed after a brief review of tourmaline main features. Currently valid nomenclature is built from certain root names (e.g. dravite, elbaite, schorl...) those can be (or not) prefixed by the Z position prevailing anion (OH, F, O) and the predominant medium cations in D and E positions (e.g. Al, Cr^{3+} , V^{3+}).

In terms of systematization, two types of valid classifications are outlined. Firstly, the classification recommended by the CNMNC-IMA, which considers that tourmaline forms a supergroup that can be divided into three different groups, depending on the predominant A position large cation: alkali-group tourmaline (Na, K), calcic-group tourmaline (Ca) and vacant-group tourmaline (vacancy). On the other hand, tourmaline classic classifications are reported, especially those related with the Strunz type, those considered that tourmaline species form a sole group.

Due to their complex composition and similar external features, tourmaline classification is quite difficult and combination of analytical techniques is essential (e.g. scanning electron microscope and coupled energy dispersive X-rays spectroscopy [SEM-EDS], electron probe micro-analyser [EPMA], Raman spectroscopy, X-ray diffraction [XRD], etc.). At the end, an appendix list of main tourmaline sites reported in Catalonia and the rest of Spain is also attached.

KEYWORDS

Tourmaline, nomenclature, systematization, alkali-group, calcic-group, vacant-group, Catalonia, Spain.

GARRIDO RUFASTE, Josep Lluís (2020): "Nomenclatura, sistematització i determinació de les turmalines". *Mineralogistes de Catalunya* (2020-1), vol. 13, núm. 3, pp. 49-84.

Introducció

Turmalina és un terme molt conegut en el món dels minerals, tant per a experts com per a aficionats. Entre aquests últims n'hi ha que pensen que turmalina és el nom d'una espècie mineral i que termes com schorl, elbaïta o dravita són varietats de turmalina. No és així: turmalina no és un terme vàlid com a nom

d'espècie. Tanmateix, schorl, elbaïta i dravita sí són noms d'espècie.

L'origen del nom el trobem en el terme singalès *turamali* o *turmali*, nom donat a inicis del s. XVIII a les gemmes de diferents colors o de colors barrejats de l'illa de Ceilan (ara, Sri Lanka), quan fou importada a Europa per comerciants neerlandesos.

Turmalina (en anglès, *tourmaline*) és un nom genèric, com ho són amfíbol, granat, mica, piroxè, zeolita, etc. Estrictament parlant, i des del vessant de la mineralogia sistemàtica o taxonòmica, és el nom d'una família, d'un supergrup o d'un grup d'espècies minerals.

Químicament, les turmalines són borosilicats (o mil·lor, boratosilicats) complexos amb la fórmula general detallada en la figura 1, on:

- La posició *A* pot ser totalment o parcialment vacant. En aquests casos, o bé la resta de cations assumeixen el dèficit de càrrega positiva que es genera, o bé el total de càrrega negativa dels anions és proporcionalment menor. El símbol per a representar una vacant és □. Per a Henry *et al.* (2011) és la posició *X*.
- Els cations que poden ocupar la posició *D* solen ser divalents, però també poden ser monovalents i trivalents. Per a Henry *et al.* és la posició *Y*.
- Els cations de la posició *E* poden ser trivalents, quan n'hi ha un, o un de divalent i un de trivalent, quan n'hi ha dos. Per a Henry *et al.* és la posició *Z*.
- L'anió més habitual en la posició *X* és OH, però també pot ser O (mai F); per a Henry *et al.* és la posició *V*. En la posició *Z* pot haver-hi OH, F o O; per a Henry *et al.* és la posició *W*.

El silici pot ser parcialment substituït per alumini o, més rarament, per bor.

A l'hora de fixar els cations corresponents en aquesta fórmula general no se segueix una ordenació convencional dels mateixos (de més grans a més petits i de menys càrrega a més càrrega), sinó una ordenació

de caire estructural, que s'escriu en funció dels agrupaments necessaris per a omplir les posicions *D*, amb 3 àtoms en total, i *E*, amb 6 àtoms en total, com detallarem més endavant. Com hem vist en la fórmula general, les posicions *D* i *E* poden ser ocupades o bé per un únic catió o bé per dos de diferents. I el mateix passa amb els anions (posicions *X* i *Z*). Per tant, es tracta d'una fórmula general adaptada a les posicions dels ions en l'estructura. Per això podem dir que és un model de fórmula general estructural.

Com també veurem, la nomenclatura de les turmalines, segons Henry *et al.* (2011), depèn de les posicions *Y*, *Z* i *W* (en aquest article: *D*, *E* i *Z*) en la fórmula general, mentre que la sistematització, pel que fa a la definició de grups en el supergrup, depèn de la posició *X* (en aquest article: *A*).

Un cop ben definits els criteris que estableixen les diferenciacions entre les espècies de la família turmalina, la quantitat d'aquestes ha crescut molt els darrers anys. Així, s'ha passat de les 6 espècies existents els anys 80: schorl (1562), dravita (1884), elbaïta (1913), uvita (1929), buergerita (1966) i liddicoatita (1977), a les 32 aprovades i publicades a inicis del 2020. Aquest increment inclou, a més de les espècies noves, la redefinició d'algunes de les ja conegudes.

Estructura

Les turmalines cristal·litzen en el sistema trigonal: grup puntual $3m$ (piramidal ditrigonal) i grup espacial $R3m$, amb nombre $Z = 3$. Relació dels paràmetres axials $a:c = 1:0,45$ (aprox.), amb $a \sim 16,0$ i $c \sim 7,2$ Å.

En l'estructura trobem dues capes [figura 2]: en una hi ha els complexos $[\text{SiO}_4]^{4-}$ formant un anell polar sèxtuple, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$, mentre que en l'altra trobem tres illots planars de complexos $[\text{BO}_3]^{3-}$, units mitjançant grups de cations en coordinació octaèdrica, tres d'interiors (els de posició *D* en la fórmula general) i sis d'exterior (els de posició *E*), amb intercalació d'anions OH (o també F i/o O) i amb el catió gran (posició *A*) ocupant un lloc centrat entre un grup de dues capes i el següent. Aquest catió *A* va enllaçat amb els complexos SiO_4 per una banda i amb els complexos BO_3 per l'altra.

Observant l'alçat (figura 2, esquerra-sota), els anions de posició *X* estan en la base dels complexos octaèdrics, mentre que l'anió de posició *Z* apareix a dalt dels complexos octaèdrics definits pels cations de posició *D*. Aquesta ubicació dels anions de posició *Z* és important perquè serveix, com veurem, per a diferenciar espècies.

Un recent i detallat treball sobre aquesta estructura és "Tourmaline crystal chemistry", de F. Bosi (2018).

Altres importants ciclosilicats amb anells sèxtuples, d'estructura més senzilla, són el beril, la cordierita i la diopta.

Característiques generals

Els cristalls típics de turmalina són prismàtics, curts a allongats i prims a gruixuts, amb presència d'estries

Figura 1. Fórmula general de les turmalines.

Esquema: elaboració pròpia (fonts: Henry *et al.*, 2011; Weiss, 2018).

Fórmula general de les turmalines

Model tipus Weiss* -> $\text{AD}_3\text{E}_6[\text{Z}|\text{X}_3|(\text{BO}_3)_3|\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Model tipus Fleischer** -> $\text{AD}_3\text{E}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3\text{X}_3\text{Z}$

A = cations grans (monovalents o divalents): Na, K, Ca; o vacant (□).

D = cations mitjans o petits (monovalents, divalents o trivalents): Li, Fe^{2+} , Mg, Mn^{2+} , Al, Fe^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} .

E = cations mitjans (divalents o trivalents): Mg, Al, Cr^{3+} , Fe^{3+} , V^{3+} .

Z = anions: OH, F, O.

X = anions: OH, O.

* Stefan Weiss (Das grosse Lapis Mineralienverzeichnis)
 ** Michael Fleischer (Glossary of Mineral Species)

NOTA

En l'article d'Henry *et al.* (2011), i altres publicacions, apareix la fórmula general escrita: $\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{T}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3\text{V}_3\text{W}$

Aquesta grafia pot portar a confusió, ja que s'indiquen algunes de les posicions amb lletres que també són símbols químics. La lletra B no correspon a cap posició sinó a l'element bor (símbol químic B). En canvi, les lletres V, W i Y sí indiquen posicions, però el lector pot pensar que també són símbols químics (V = vanadi, W = wolframi, Y = itri). Per tal d'evitar possibles confusions la millor solució per a indicar les posicions en una fórmula general és fer servir lletres que no puguin correspondre a cap símbol químic (A, D, E, G, ..., T, X, Z), i millor encara si van en cursiva.

longitudinals en alguna de les cares. Les formes cristal·logràfiques predominants són:

- Prisma trigonal de primer ordre (cares verticals llisses): {100} i {010}.
- Prisma hexagonal de segon ordre (cares verticals estriades longitudinalment): {110}.
- Piràmides trigonals de primer ordre (cares terminals): per exemple {101}, {011} i {021}.
- També: piràmides ditrigonals, com {211} i {122}, i pedions, com {001}.

En la [figura 3](#) es poden veure uns quants exemples de cristalls de turmalina, amb els índexs de Miller de les cares corresponents a cada forma cristal·logràfica present. Cal dir que aquí apareixen aquests índexs segons *hkl* (amb tres valors), però per als sistemes trigonal i hexagonal és habitual fer servir *hkil* (amb quatre valors). En els índexs de la figura no apareix el valor \bar{i} (que sempre és negatiu).

Totes les turmalines tenen una duresa 7 (en l'escala Mohs), que és la mateixa que té, per exemple, el quarz. La densitat varia d'unes espècies a d'altres (en funció dels cations presents), entre 3,0 i 3,4 g/cm³ aprox.

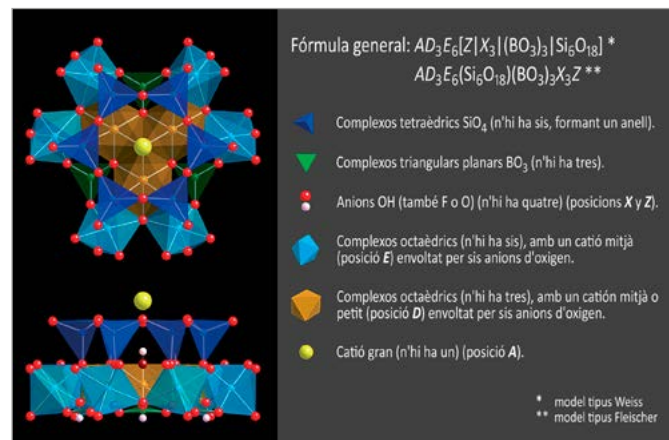
El color pot variar tant d'unes espècies a d'altres com en varietats d'una mateixa espècie (sobretot l'elbaïta), fins i tot en un mateix cristall, per coloració zonal. Com a extrems podríem citar la varietat d'elbaïta anomenada acroïta, incolora i totalment transparent, i el schorl, negre i opac. Entre un extrem i l'altre trobem coloracions com verd, blau, vermell, marró, groc. La ratlla és blanca a una mica acolorida (del color del mineral).

La llusor de les turmalines és vítria, amb un índex de refracció mitjà $n \sim 1,65$. Tenen una birefringència mitja a força alta i un pleocroisme generalment fort (més fort quant més intensa és la coloració). Són minerals fortament piroelèctrics (s'electritzen en ser escalfats).

Nomenclatura

La nomenclatura definitiva recomanada per al supergrup turmalina fou aprovada per la CNMNC-IMA

Figura 2. Estructura de les turmalines. Esquema: elaboració pròpia (fonts: Van Hinsberg *et al.*, 2011; Henry *et al.*, 2011).



(Comissió de Nous Minerals, Nomenclatura i Classificació, de la International Mineralogical Association) l'any 2011 i publicada per Henry *et al.* en la revista *American Mineralogist* (vol. 96) el mateix any.

En la taula de la [figura 4](#) podeu consultar l'autoria dels noms d'espècies de turmalines (de les 32 aprovades i publicades), incloent-hi la luinaïta-(OH), que de fet, en tant que monoclinica, és una clinoturmalina i no una turmalina pròpiament dita.

Com veurem, en aplicació de la nomenclatura publicada per Henry *et al.*, als noms originaris en anglès (noms IMA) es recomana fer servir guionets per a separar els prefixos entre si i respecte el nom arrel. En català no es fa així, donat que els termes constituïts per prefixos s'escriuen sense guionet, tant si hi ha un prefix com si n'hi ha més (per ex., exvicepresident; no ex-vicepresident ni ex-vice-president) (vegeu la fitxa 7644/3 d'optimot, a gencat.cat).

Noms arrel

Segons la nomenclatura recomanada per la CNMNC-IMA (Henry *et al.*, 2011), els antics termes que definien espècies (dravita, elbaïta, schorl, uvita, etc.) passen ara a ser els noms arrel (*root names*) amb els quals es construeixen els noms de les espècies de turmalines.

Per exemple, en les espècies amb Na, els noms arrel s'apliquen en funció dels cations mitjans predominants. Així, fent servir les fórmules convencionals, tenim:

- Són -*dravite* (dravita): si tenen Mg_3+Al_6 , amb $Z=OH/F$, o Mg_2+Al_7 , amb $Z=O$.
- Són -*elbaite* (elbaïta): si tenen $(Li_{1.5}Al_{1.5})+Al_6$, amb $Z=OH/F$. Amb $Z=O$ és nom arrel nou.
- Són -*schorl* (schorl): si tenen $Fe^{2+}_3+Al_6$, amb $Z=OH/F$, o $Fe^{2+}_2+Al_7$, amb $Z=O$.

Per tant, donat que les antigues espècies amb aquests tres noms tenen OH en la posició Z (en Henry *et al.*, és la posició W), es mantenen com a noms d'espècie i s'agafen com a noms arrel per a altres espècies, que s'anomenaran fent servir prefixos, com veurem. Per exemple, si $Z = OH$ es manté *dravite*, si $Z = F$ és *fluor-dravite* i si $Z = O$ és *oxy-dravite*.

En Henry *et al.* (2011) es recomana que les espècies que tinguin una mateixa composició arrel (*root composition*) tinguin el mateix nom arrel (*root name*).

Hi ha tres excepcions que no tenen un nom arrel propi sinó format per un nom arrel preexistent amb un prefix. Són les ara anomenades *chromium-dravite* (dravita amb Cr^{3+}_6 en lloc d' Al_6) (cromodravita), *feruvite* ('uvita' amb Fe^{2+}_3 en lloc de Mg_3) (feruvita) i *magnesio-foitite* (foitita amb Mg_2 en lloc de Fe^{2+}_2) (magnesiofoitita). En el cas de la *feruvite*, el nom arrel és *uvite* amb el prefix *fer-* (apòcope de *ferro-*). En aquests tres casos es va decidir mantenir aquests noms perquè es tracta d'espècies anomenades abans del 2011, com a *chromdravite* (1983), *feruvite* (1989) i *magnesiofoitite* (1999), respectivament. El primer i el tercer

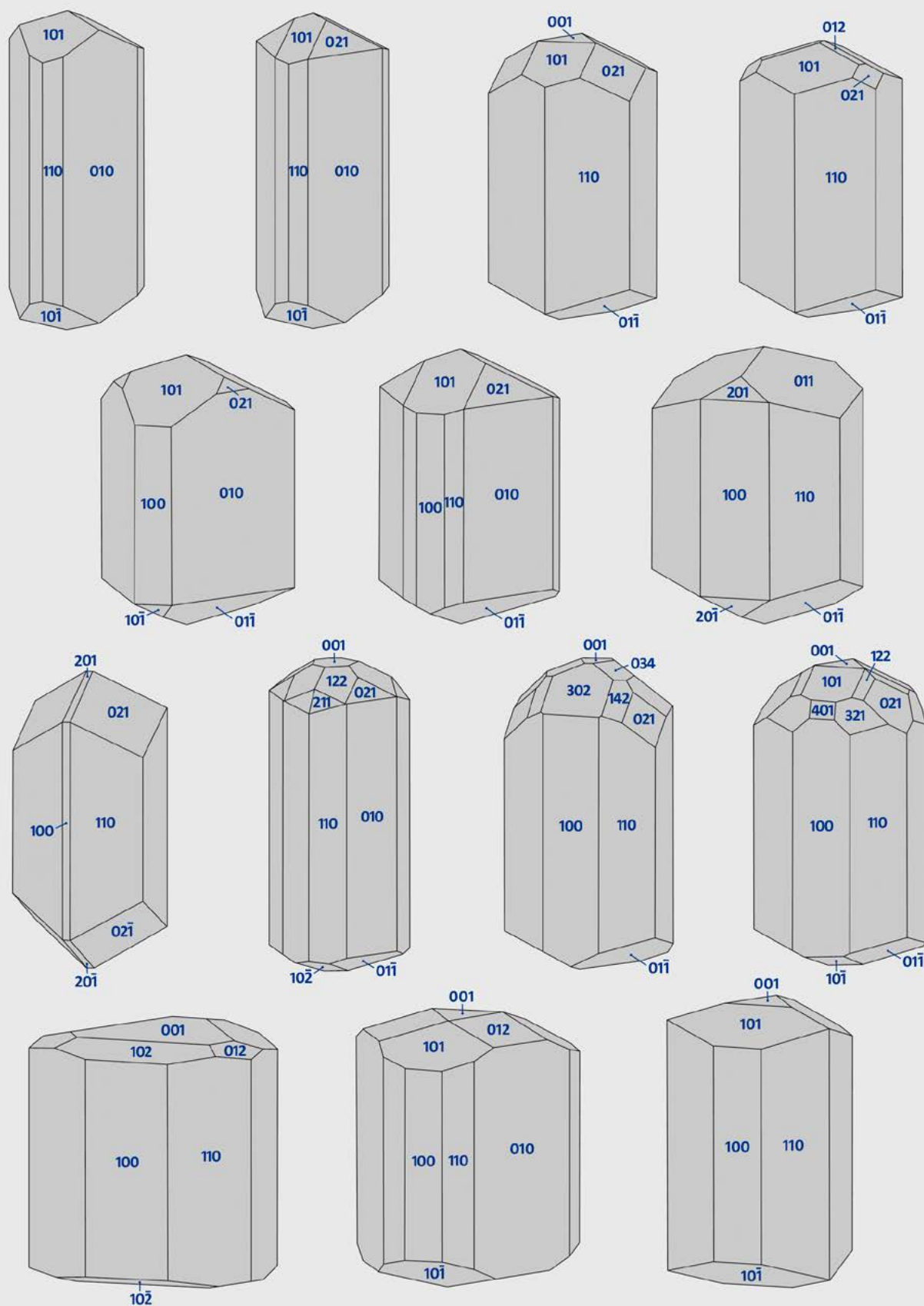


Figura 3. Mostra de cristalls de turmalina, amb les formes cristal·logràfiques següents: prisma trigonal 1r. ordre $\{100\}$ i $\{010\}$; prisma hexagonal 2n. ordre $\{110\}$; piràmides trigonals $\{101\}$, $\{201\}$, $\{021\}$, etc.; piràmides ditrigonals $\{211\}$, $\{122\}$, $\{321\}$, etc.; pediò $\{001\}$.
Dibuixos: elaboració pròpia (font: web mineralienatlas.de).

NOMS ESPÈCIES	AUTORIES
Adachiïta	Nishio-Hamane <i>et al.</i> , 2014 (<i>adachiïte</i>)
Bosiïta	Ertl <i>et al.</i> , 2016 (<i>bosiïte</i>)
Cromoaluminopovondraïta	Reznitskii <i>et al.</i> , 2014 (<i>chromo-alumino-povondraïte</i>)
Cromodravita	Rumantseva, 1983 (<i>chromdravite</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>chromium-dravite</i>)
Darrellhenryita	Novák <i>et al.</i> , 2013 (<i>darrellhenryite</i>)
Dravita	Tschermak, 1884 (<i>dravit</i>)
Elbaïta	Tschermak, 1884 (<i>achroit</i>) Vernadsky, 1913 (<i>elbait</i>)
Feruvita	Grice & Robinson, 1989 (<i>feruvite</i>)
Fluorbuergerita	Donnay <i>et al.</i> , 1966 (<i>buergerite</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>fluor-buergerite</i>)
Fluordravita	Clark <i>et al.</i> , 2011 (<i>fluor-dravite</i>)
Fluorelbaïta	Bosi <i>et al.</i> , 2013 (<i>fluor-elbait</i>)
Fluorliddicoatita	Dunn <i>et al.</i> , 1977 (<i>liddicoatite</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>fluor-liddicoatite</i>)
Fluorschorl	Ertl <i>et al.</i> , 2016 (<i>fluor-schorl</i>)
Fluortsilaisita	Bosi <i>et al.</i> , 2015 (<i>fluor-tsilaisite</i>)
Fluoruvita	Kunitz, 1930 (<i>uvit</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>fluor-uvite</i>)
Foitita	MacDonald & Hawthorne, 1993 (<i>foitite</i>)
Lucchesiïta	Bosi <i>et al.</i> , 2017 (<i>lucchesiïte</i>)
Luinaïta-(OH)	Kolitsch <i>et al.</i> (2011)
Magnesiofoitita	Hawthorne <i>et al.</i> , 1999 (<i>magnesiofoitite</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>magnesio-foitite</i>)
Maruyamaïta	Lussier <i>et al.</i> , 2016 (<i>maruyamaïte</i>)
Olenita	Sokolov <i>et al.</i> , 1986 (<i>olenite</i>)
Oxicromodravita	Bosi <i>et al.</i> , 2012 (<i>oxy-chromium-dravite</i>)
Oxidravita	Bosi <i>et al.</i> , 2013 (<i>oxy-dravite</i>)
Oxifoitita	Bosi <i>et al.</i> , 2017 (<i>oxy-foitite</i>)
Oxischorl	Bačík <i>et al.</i> , 2013 (<i>oxy-schorl</i>)
Oxivaniadodravita	Reznitskii <i>et al.</i> , 2001 (<i>vanadiumdravite</i>) Henry <i>et al.</i> , 2011 (<i>vanadium-dravite</i>) Bosi <i>et al.</i> , 2013 (<i>oxy-vanadium-dravite</i>)
Povondraïta	Walenta & Dunn, 1979 (<i>ferridravite</i>) Grice <i>et al.</i> , 1993 (<i>povondraïte</i>)
Rossmanita	Selway <i>et al.</i> , 1998 (<i>rossmanite</i>)
Schorl	Mathesius, 1562 (<i>schürl</i>) Wiebegg, 1785 (<i>schörl</i>)
Tsilaisita	Bosi <i>et al.</i> , 2012 (<i>tsilaisite</i>)
Vanadiooxicromodravita	Bosi <i>et al.</i> , 2014 (<i>vanadio-oxy-chromium-dravite</i>)
Vanadiooxidravita	Bosi <i>et al.</i> , 2014 (<i>vanadio-oxy-dravite</i>)

Figura 4. Autoria dels noms de les espècies de turmalina (aprovades i publicades). Taula: elaboració pròpia (fonts: web mindat.org; Garrido i Ybarra, 2010).

d'aquests noms es van canviar pels definitius en el propi article de Henry *et al.* (2011).

El mateix podem dir de l'espècie antigament anomenada *vanadiumdravite* (2001), que el 2011, com es va fer amb la *chromium-dravite*, va passar a anomenar-se *vanadium-dravite* (amb el guionet) nom que després es va canviar novament en aplicació del criteri sobre els prefixos que s'afegeixen en funció dels anions, que veurem seguidament.

Les terminacions dels prefixos derivats dels noms d'elements químics, que en anglès són amb *-ium* (per exemple, *chromium-* o *vanadium-*), en català normativament són amb *-o* (per exemple, *cromo-* o *vanadio-*), que en aquests casos provenen d'afegir una *-o* final al corresponent substantiu (nom de l'element químic): *cromo-*, de crom + o; *vanadio-*, de vanadi + o. Per això escrivim *cromodravita* i va-

nadiodravita, en lloc de 'cromiumdravita' i 'vanadiumdravita'.

Prefixos en funció dels anions

La primera diferenciació d'espècies pel que fa a nomenclatura depèn, com ja hem comentat, de l'anió predominant en la posició Z (en Henry *et al.*, posició W):

- Si Z és OH tenim les espècies anomenades sense prefix (són hidroxiturmalines).
- Si Z és F tenim les espècies anomenades amb el prefix *fluor-* = fluor- (són fluorturmalines).
- Si Z és O tenim les espècies anomenades amb el prefix *oxy-* = oxi- (són oxiturmalines).

Totes les fluorturmalines s'anomenen afegint el prefix *fluor-* al nom arrel, però totes les oxiturmalines no. Pel que fa a aquestes darreres es va decidir que s'utilitzaria el prefix *oxy-* només en les espècies que haguessin estat publicades amb el mateix prefix i nom arrel abans de l'any 2011, encara que no estiguessin llavors aprovades. Així tenim:

- *Oxy-dravite* (oxidravita): Žaček *et al.* (2000), aprovada el 2012.
- *Oxy-foitite* (oxifoitita): Medaris *et al.* (2003), aprovada el 2016.
- *Oxy-rossmanite* (oxirossmanita): Ertl *et al.* (2005), encara no aprovada.
- *Oxy-schorl* (oxischorl): Novák *et al.* (2004), aprovada el 2011.

El mateix es va fer amb el cas abans citat de la *vanadium-dravite*, que per ser de Z = O va passar a anomenar-se *oxy-vanadium-dravite* (oxivaniadodravita) en la redefinició del 2013 (Bosi *et al.*).

En canvi, si no existeix cap publicació anterior es recomana crear un nom arrel nou. Aquest ha estat el cas de l'equivalent de l'elbaïta amb Z = O, que no fou anomenada *oxy-elbait* sinó *darrellhenryite* (nom dedicat precisament a l'autor principal d'aquesta nomenclatura, Darrell Henry), l'any 2013 (Novák *et al.*).

Altres exemples d'oxiturmalines anomenades amb nou nom arrel són *bosiïte* (bosiïta), *lucchesiïte* (lucchesiïta) i *povondraïte* (povondraïta). Aquesta darrera de fet ja existia amb aquest nom des del 1993, en substitució de l'antic nom *ferridravite*.

La *lucchesiïte* (lucchesiïta) és una oxiturmalina (Z = O) aprovada el 2015 i publicada el 2017. El seu equivalent amb Z = OH és l'*adachiïte* (adachiïta), aprovada el 2013 i publicada el 2014. Si s'hagués aplicat el criteri dels prefixos segons l'anió predominant en la posició Z, l'*adachiïte* seria *adachiïte*, però la *lucchesiïte* s'anomenaria *oxy-adachiïte*.

En la figura 5 tenim totes les combinacions possibles derivades d'espècies anteriors al 2011, tant si són reals com hipotètiques, excepte les oxiturmalines amb nou nom arrel. Com es pot veure, ara mateix només existeixen dues sèries completes: *dravita* (*dravita-fluordravita-oxidravita*) i *schorl* (*schorl-fluorschorl-oxischorl*). Cal recordar que la

hipotètica *oxy-elbaite* és en realitat la *darrellhenryite* (darrellhenryita). A més, la hipotètica *oxy-uvite* seria molt propera a la *magnesio-lucchesiite*.

Un cas apart és el de la luinaïta-(OH), nom que no es regeix pels criteris abans comentats: es tracta d'una hidroxiturmalina (polimorfa del schorl) amb un nom que no inclou cap prefix sinó un modificador, (OH).

Prefixos en funció dels cations

En la nomenclatura de les turmalines d'Henry *et al.* s'estableix que, a més del prefix fixat en funció de l'anió que ocupa la posició Z, com hem vist, es puguin afegir davant prefixos en funció dels cations predominants en les posicions A, D i E, seguint l'ordre de la fórmula general (en Henry *et al.*, posicions X, Y i Z). Això pot complicar força la nomenclatura, com passa amb altres casos d'importants famílies de minerals (per exemple, els amfibols).

Però la veritat és que no sempre sembla que s'hagi aplicat aquest criteri amb les espècies noves aprovades des del 2011. Seria el cas, per exemple, de la *chromo-alumino-povondraite* (2014) (cromoaluminopovondraïta), en comparació amb la *povondraite* (1993) (povondraïta) i la *bosiite* (2016) (bosiïta), totes amb A = Na i, respectivament:

- Amb Cr^{3+}_3 (posició D) i Al_4Mg_2 (posició E).
- Amb Fe^{3+}_3 (posició D) i $\text{Fe}^{3+}_4\text{Mg}_2$ (posició E).
- Amb Fe^{3+}_3 (posició D) i Al_4Mg_2 (posició E).

Com veiem, si la *chromo-alumino-povondraite* s'anomena així per tenir Cr^{3+} en la posició D i Al en la posició E, la *bosiite* es podria haver anomenat *alumino-povondraite*, ja que comparteix la posició D amb la po-

vondraite però té Al en lloc de Fe^{3+} en la posició E.

Una altra solució possible hagués estat trobar un nom arrel nou per a la *chromo-alumino-povondraite* i després anomenar l'equivalent amb Cr^{3+} en la posició D afegint el prefix *chromo-*, com ja s'ha fet en altres casos. Així, per exemple, la *chromo-alumino-povondraite* es podria haver anomenat *bosiite*, mentre que l'actual *bosiite* s'hauria anomenat *chromo-bosiite*.

I per què no s'ha fet així? Doncs perquè la *chromo-alumino-povondraite* de fet ja era coneguda i apareixia amb aquest nom en l'article d'Henry *et al.* el 2011, tot i que no va ser aprovada fins al 2013 i publicada fins al 2014 (Reznitskii *et al.*).

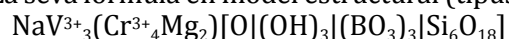
Pel que fa als prefixos en funció del catió predominant en la posició A (en Henry *et al.*, posició X), ara mateix no s'aplica en cap cas vàlid, però sí n'hi ha algun d'hipotètic amb el prefix *potassium-* (potassio-), com la *potassium-povondraite*, que és *povondraite* amb predomini de K en lloc de Na en la posició A.

A part de la *chromo-alumino-povondraite* (cromoaluminopovondraïta), el nom més complicat ara mateix és el de la *vanadio-oxy-chromium-dravite* (vanadiooxicromodravita), una *chromium-dravite* (recordem que és nom arrel) amb predomini d'O en la posició Z i de V^{3+} en la posició D, mentre que en la posició E hi predomina el Cr^{3+} , com en la *chromium-dravite*, tot i que no en la mateixa proporció (és $\text{Cr}^{3+}_4\text{Mg}_2$ en lloc de Cr^{3+}_6). Vegeu exemples en la figura 6.

Formulació

En el cas de les turmalines, nomenclatura i formulació estan íntimament lligades, com ja hem vist.

Tornem a l'exemple de la vanadiooxicromodravita. La seva fórmula en model estructural (tipus Weiss), és:



Aquesta mateixa fórmula en model estructural tipus Fleischer és:

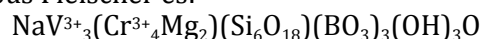


Figura 5. Termes segons l'anió predominant a la posició Z (en Henry *et al.*, posició V): amb OH (hidroxiturmalines), amb F (fluorturmalines) i amb O (oxiturmalines). En negreta, espècies aprovades i publicades. Taula: elaboració pròpia (fonts: Henry *et al.*, 2011; web mindat.org).

Z =		
OH	F	O
<i>buergerite</i> buergerita	<i>fluor-buergerite</i> fluorbuergerita	<i>oxy-buergerite</i> oxibuergerita
<i>chromium-dravite</i> cromodravita	<i>fluor-chromium-dravite</i> fluorcromodravita	<i>oxy-chromium-dravite</i> oxicromodravita
<i>dravite</i> dravita	<i>fluor-dravite</i> fluordravita	<i>oxy-dravite</i> oxidravita
<i>elbaite</i> elbaïta	<i>fluor-elbaite</i> fluorelbaïta	<i>oxy-elbaite</i> oxielbaïta
<i>feruvite</i> feruvita	<i>fluor-feruvite</i> fluorferuvita	<i>oxy-feruvite</i> oxiferuvita
<i>foitite</i> foitita	<i>fluor-foitite</i> fluorfoitita	<i>oxy-foitite</i> oxifoitita
<i>liddicoatite</i> liddicoatita	<i>fluor-liddicoatite</i> fluorliddicoatita	<i>oxy-liddicoatite</i> oxiliddicoatita
<i>magnesio-foitite</i> magnesiofoitita	<i>fluor-magnesio-foitite</i> fluormagnesiofoitita	<i>oxy-magnesio-foitite</i> oximagnesiofoitita
<i>rossmanite</i> rossmanita	<i>fluor-rossmanite</i> fluorrossmanita	<i>oxy-rossmanite</i> oxirossmanita
<i>schorl</i> schorl	<i>fluor-schorl</i> fluorschorl	<i>oxy-schorl</i> oxischorl
<i>uvite</i> uvita	<i>fluor-uvite</i> fluoruvita	<i>oxy-uvite</i> oxiuvita

Figura 6. Exemples de components dels noms (prefixos i nom arrel o només nom arrel) d'espècies de turmalina. Taula: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

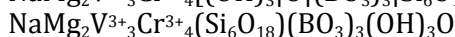
Prefixos per posició en la fórmula general			nom arrel	nom (espècie)
D Y	E Z	Z W		
			<i>schorl</i> schorl	<i>schorl</i> schorl
			<i>dravite</i> dravita	<i>dravite</i> dravita
		<i>fluor-</i> fluor-	<i>schorl</i> schorl	<i>fluor-schorl</i> fluorschorl
		<i>oxy-</i> oxi-	<i>dravite</i> dravita	<i>oxy-dravite</i> oxidravita
		<i>oxy-</i> oxi-	<i>chromium-dravite</i> cromodravita	<i>oxy-chromium-dravite</i> oxicromodravita
<i>chromo-</i> cromo-	<i>alumino-</i> alumino-		<i>povondraite</i> povondraïta	<i>chromo-alumino-povondraite</i> cromoaluminopovondraïta
<i>vanadio-</i> vanadio-		<i>oxy-</i> oxi-	<i>dravite</i> dravita	<i>vanadio-oxy-dravite</i> vanadiooxidravita
<i>vanadio-</i> vanadio-		<i>oxy-</i> oxi-	<i>chromium-dravite</i> cromodravita	<i>vanadio-oxy-chromium-dravite</i> vanadiooxicromodravita

En aquest exemple tenim: vanadi (V^{3+}), dominant en posició *D* (prefix vanadio-), + oxigen (O), dominant en posició *Z* (prefix oxi-), + cromodravita (nom arrel).

Com veiem, en la posició *E*, per arribar als 6 àtoms totals de la fórmula general de la vanadioxicromodravita, a més dels 4 de Cr^{3+} (catió trivalent) hi ha 2 de Mg (catió divalent). Per tant, és un exemple de posició *E* ocupada per àtoms de dos elements químics diferents.

La càrrega total catiònica és +26: +1 pel Na, +9 pel V^{3+}_3 i +16 pel $Cr^{3+}_4Mg_2$, equilibrada per la càrrega total negativa (-26) del grup aniònic: -2 per l'O, -3 per l'(OH)₃, -9 pel (BO₃)₃ i -12 pel Si₆O₁₈.

Si fem servir l'ordre convencional de cations i anions, amb els mateixos models tipus Weiss i Fleischer, la fórmula és:



Tot i que, com ja sabem, la fórmula de les turmalines s'escriu segons el model estructural, és a dir, amb els ions ordenats i agrupats segons una fórmula general fixada amb criteris estructurals, les fórmules escrites segons un model convencional són igualment correctes.

En la figura 7 apareixen altres exemples de fórmules d'espècies de turmalines (en model estructural, tipus Weiss), amb les càrregues parcials i totals.

Sistematització

Primer veurem la sistematització establerta per Henry *et al.* (2011), on les turmalines formen un supergrup, i seguidament detallarem com es classifiquen en sistematitzacions generals molt conegudes, sobretot de tipus Strunz, on formen un grup.

Després es veuran les sèries i, finalment, les espècies i varietats.

El supergrup turmalina i els seus grups

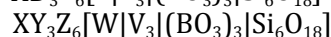
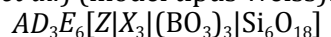
Segons Henry *et al.* (2011), les turmalines, globalment, no formen un grup sinó un supergrup, com ja vam dir en la introducció. El supergrup és un tàxon o subdivisió taxonòmica de categoria superior al grup i de vegades coincideix amb el tàxon que clàssicament anomenem família.

En general, en un mateix supergrup trobarem totes les espècies que tenen la mateixa fórmula general i la mateixa estructura o molt semblant, independentment de la classe a la qual pertanyin sistemàticament. En el cas de les turmalines, totes les espècies de tots els grups del supergrup pertanyen a la mateixa classe: els silicats. Però hi ha supergrups que tenen els grups distribuïts sistemàticament en diferents classes; per exemple, el supergrup granat, amb les espècies del grup granat en la classe dels silicats i les del grup bitikleïta en la classe dels òxids. Per tant, podem entendre el supergrup com un tàxon transversal, a diferència de la família, que inclou les espècies del grup o grups que pertanyen només a la mateixa clas-

se: grups de classes diferents que pertanyen al mateix supergrup, pertanyen a famílies diferents.

En canvi, en les sistematitzacions basades en Strunz (Strunz-Nickel i Strunz-Weiss), com veurem, no es defineix cap supergrup sinó només un grup, el grup turmalina.

Segons Henry *et al.* (2011), la definició de grups en el supergrup turmalina depèn del catió que ocupa predominantment la posició *X* (aquí, posició *A*) en la fórmula general, que recordem és (a sota, segons Henry *et al.*) (model tipus Weiss):



Així, en funció del catió que predomina en la posició *A* (gran, monovalent o divalent) es fixen els prefixos alcali- (anglès, *alkali*-), i calcio- o calcico- (anglès *calcic*-) i es poden definir els tres grups següents [figura 8]:

- Grup d'alcaliturmalines: en *A* hi predomina el catió Na (o Na+K o K).
- Grup de calcioturmalines (o calcicoturmalines): en *A* hi predomina el catió Ca.
- Grup de turmalines amb *A* vacant: en *A* hi predomina la vacant □.

Per a les turmalines amb *A* vacant podem emprar el prefix vacuo-, del llatí *vacuus* (*vacu-us/-a/-um*, = vacant), així tenim les vacuoturmalines.

Com se sol fer en altres casos, a més d'aquestes denominacions, podem utilitzar com a nom de grup el

Figura 7. Alguns exemples de fórmules d'espècies de turmalina (en model tipus Weiss), amb les càrregues catiòniques, aniòniques i totals. Taula: elaboració pròpia.

ESPÈCIE	Part catiònica			Part aniònica			
	<i>A</i>	<i>D</i> ₃	<i>E</i> ₆	<i>Z</i>	<i>X</i> ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Elbaïta	Na	Li _{1.5} Al _{1.5}	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+1	+6	+18	-1	-3	-9	-12
	+25			-25			
Fluorbuergerita	Na	Fe ³⁺ ₃	Al ₆	F	O ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+1	+9	+18	-1	-6	-9	-12
	+28			-28			
Fluorliddicoatita	Ca	Li ₂ Al	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+2	+5	+18	-1	-3	-9	-12
	+25			-25			
Foïtita	□	Fe ²⁺ ₂ Al	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	x	+7	+18	-1	-3	-9	-12
	+25			-25			
Lucchesiïta	Ca	Fe ²⁺ ₃	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+2	+6	+18	-2	-3	-9	-12
	+26			-26			
Maruyamaïta	K	MgAl ₂	Al ₃ Mg	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+1	+8	+17	-2	-3	-9	-12
	+26			-26			
Oxischorl	Na	Fe ²⁺ ₂ Al	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
	+1	+7	+18	-2	-3	-9	-12
	+26			-26			

del mineral més antic. Així tindríem:

- Grup schorl (alcalituralines).
- Grup uvita (calcioturalines).
- Grup foitita (vacuoturalines).

El grup turmalina i els seus subgrups

Hi ha una altra opció de sistematització també vàlida (la més emprada abans del 2011): donat que totes les espècies del supergrup tenen exactament la mateixa estructura i responen a la mateixa fórmula general, podem no parlar de supergrup i dir que la família turmalina només té un grup, que és el grup turmalina. A aquest tipus correspondrien les sistematitzacions basades en Strunz i definides abans del 2011.

Les turmalines són silicats. Com a tals, s'inclouen en:

- La classe 9 de la classificació Strunz-Nickel (9a. ed., 2001) i Nickel-Strunz (10a. ed., no publicada).
- La classe VIII de la classificació Strunz clàssica (fins a 8a. ed.), que es manté activa gràcies a Stefan Weiss (a *Das grosse Lapis Mineralienverzeichnis*).

En aquesta classe, les turmalines pertanyen a la subclasse dels ciclosilicats: silicats amb anells plans i tancats de tres, quatre o sis tetraedres SiO_4 units de manera que cadascun comparteix dos oxígens amb els dos tetraedres veïns, donant així els complexos aniònics $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ (anells triples), $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$ (anells quàdruples) i $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ (anells sèxtuples, que és el cas de les turmalines).

El codi sistemàtic Strunz-Nickel (i Nickel-Strunz) per al grup turmalina és 9.CK.05 [figura 9, dalt]. Totes les espècies de turmalina tenen aquest codi sistemàtic, però sense codi específic (espècie a espècie).

El codi sistemàtic Strunz-Weiss per al grup turmalina és VIII/E.19 [figura 9, sota]. En aquesta sistematització sí hi ha codi específic, és a dir, un codi propi per a cadascuna de les espècies. Per exemple, el codi de l'elbaïta és VIII/E.19-10.

Cap d'aquestes dues sistematitzacions (i els seus

respectius codis) considera que les turmalines formen un supergrup i que aquest es divideixi en tres grups.

Per tant, tenim un sol grup (grup turmalina) i les tres subdivisions establertes per Henry *et al.* (2011) podrien ser considerades com a subgrups d'aquest grup: subgrup alcalituralines, subgrup calcioturalines i subgrup vacuoturalines.

Tot i que a Mindat aparegui la luinaïta-(OH) dintre d'aquest grup, estrictament parlant no hi pertany, en aplicació de la recomanació de la CNMNC-IMA sobre la definició de grups i la jerarquitització de les diverses subdivisions taxonòmiques (Mills *et al.*, 2009), ja que no té la mateixa estructura: és monoclinica (polimorfa del schorl). Això sí, en tant que polimorfa, sí pertany a la família turmalina.

En altres classificacions, on trobem les turmalines?:

- Successors de Dana (8a. ed.): codi 61.3 = 61 (ciclosilicats amb anells sèxtuples) + 3 (amb grups borat).
- Hey's: codi 17.5 = 17 (silicats que contenen altres anions) + 5 (borosilicats).

Les sèries

Les sèries no constitueixen cap tàxon, és a dir, cap subdivisió sistemàtica, però donat que són fonamentals pel que fa a la sistematització, sí estan regulades per la CNMNC-IMA; en el cas de les turmalines, pel treball de Henry *et al.* (2011).

Atenent a la fórmula general de les turmalines, i com hem vist en parlar de la nomenclatura, podem establir dos tipus de sèries:

- Sèries en funció dels anions (posició Z; en Henry *et al.*, W).
- Sèries en funció dels cations (posicions A, D i E; en Henry *et al.*, X, Y i Z).

Les sèries que més habitualment coneixem són de dos termes o membres extrems. Són sèries 'simples'. Les anomenem en singular, 'sèrie', amb els noms dels

Figura 8. Els tres grups del supergrup turmalina, que a més formen sèries, per intercanvi del catió de la posició A. Esquema: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

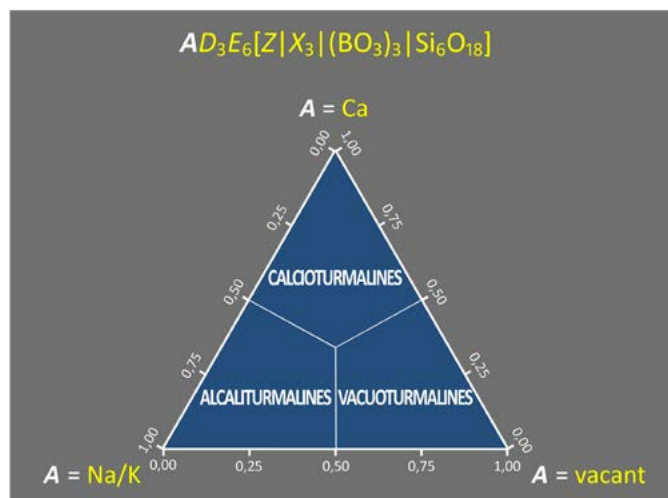


Figura 9. Codis sistemàtics basats en la classificació d'Strunz. Taula: elaboració pròpia (font: web mindat.org).

Codi sistemàtic Strunz-Nickel	9	per ser un silicat (és la novena classe sistemàtica)
	C	per ser un ciclosilicat (una de les subclasse de silicats)
	K	per ser un ciclosilicat amb anells sèxtuples i complexos aniònics insulars
	05	per ser el grup turmalina no n'hi ha codi específic
Codi sistemàtic Strunz-Weiss	VIII	per ser un silicat (és la vuitena classe sistemàtica)
	E	per ser un ciclosilicat (una de les subclasse de silicats)
	19	per ser el grup turmalina
	10	per ser elbaïta (sí hi ha codi específic)

dos termes extrems, o de vegades també amb un únic nom. Així tenim, per exemple, la sèrie forsterita-faialita (o sèrie olivina).

Les sèries de tres o més termes extrems, que podem considerar 'múltiples', tenen tantes sèries com termes extrems. Per això és millor anomenar-les en plural, 'sèries', i escriure els termes corresponents (per exemple, per ordre d'antiguitat): sèries schorl-oxischorl-fluorschorl, sèries schorl-dravita-elbaïta, etc.

Sèries en funció dels anions

Com ha passat en altres casos (per ex., apatita i apofil·lita), la CNMNC-IMA va aprovar la diferenciació d'espècies de turmalina en funció dels anions (OH/F/O), segons Henry *et al.* (2011). Però en el cas de les turmalines s'ha afinat més, ja que la diferenciació no depèn de l'anió globalment predominant sinó del predominant en una posició estructural concreta, la posició Z (en Henry *et al.*, W).

En la figura 10 apareix el cas de les sèries fluor-schorl-oxischorl-schorl, representada amb un triangle, per ser tres els termes extrems. En aquests tipus de sèries podem fer servir un nom únic, el de l'espècie "clàssica", millor amb 'sèries' (plural) davant. Així, podem escriure 'sèries schorl' com a equivalent a escriure 'sèries schorl-oxischorl-fluorschorl', quan vulguem referir-nos a qualsevol de les tres sèries possibles i, per extensió, a qualsevol de les tres espècies, sobretot quan no sabem de quina en concret es tracta.

Diferenciar les espècies en funció de l'anió Z és impossible a simple vista (a ull nu, amb lupa o amb un estereomicroscopi). Per exemple, tenim un schorl pròpiament dit?, o és un fluorschorl?, o potser un oxischorl? El jaciment pot ser útil per a esbrinar-ho, i la consulta a certs webs d'internet pot ajudar, però la major certesa només la tindrem si fem les pertinents anàlisis.

És per això que convé fer servir noms de sèries. En aquest cas com a 'sèries schorl', donant a entendre que

es pot tractar de schorl pròpiament dit (posició Z = OH), de fluorschorl (posició Z = F) o d'oxischorl (posició Z = O), és a dir, de qualsevol membre de les sèries schorl-oxischorl-fluorschorl, o el que és el mateix, de la sèrie schorl-oxischorl, de la sèrie schorl-fluorschorl i de la sèrie oxischorl-fluorschorl. En tots els casos d'aquestes sèries múltiples de tres membres segons la posició Z tindrem triangles com el de la figura 10.

Respecte a la "desaparició" d'espècies degut a la redefinició basada en la posició aniónica Z, cal parlar de tres casos que abans del 2011 sí eren reconeguts com a espècies: uvita, liddicoatita i buergerita.

La uvita determinada per Kunitz (1929) responia a una fórmula general on apareixia (OH,F)₄, amb OH>F. Amb la redefinició de les fórmules, aquella uvita originària responia a una fórmula amb F en la posició Z (en Henry *et al.*, W) i OH en la posició X (en Henry *et al.*, V), o sigui F(OH)₃. Com sabem, segons la nomenclatura de les turmalines, els noms arrel originaris (sense prefixos) es reserven per a les espècies amb OH predominant en la posició Z, a més d'OH també en la posició X, o sigui OH(OH)₃. Per tant, el que abans era uvita ara és fluoruvita.

I què passa amb la uvita pròpiament dita?, o sigui, amb les uvites amb predomini d'OH tant en la posició Z com en la posició X? Que mantenen aquest nom, uvita, però ara mateix no com a espècie vàlida sinó hipotètica. La CNMNC-IMA va retirar l'aprovació com a espècie de la uvita (Hålenius *et al.*, 2018), definida per Clark *et al.* l'any 2010 i inclosa com a espècie per Henry *et al.* al 2011, amb localitat tipus a Brumado (Bahia, Brasil), ja que també pot contenir tant F com O, per la qual cosa pot ser tant fluoruvita (habitual en aquell jaciment) com una nova uvita amb prefix oxi- (una 'oxiuvita', encara inexistente), o fins i tot magnesiolucchesiïta (aprovada però encara no publicada), i s'han d'estudiar amb més detall. Per tant, en el cas d'exemplars procedents de Brumado (i d'altres en què no estem segurs) és millor parlar de 'sèries uvita', sense especificar.

Figura 10. Sèries schorl (schorl-oxischorl-fluorschorl). Esquema: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

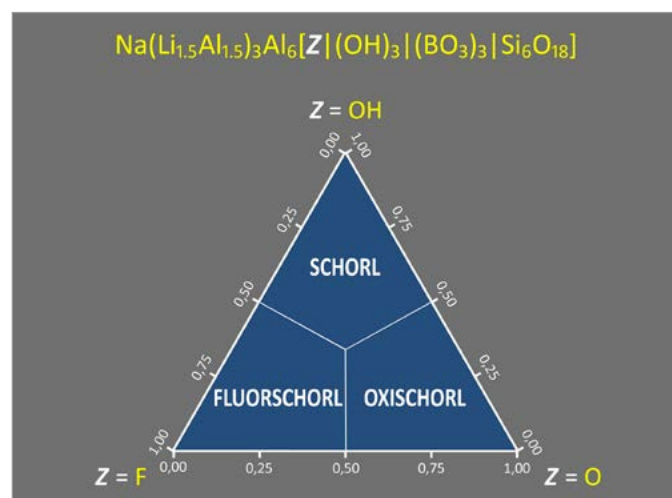
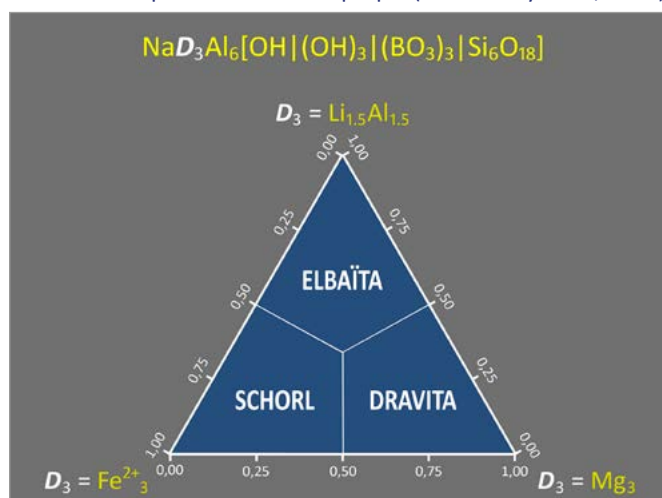


Figura 11. Sèries schorl-dravita-elbaïta. Esquema: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).



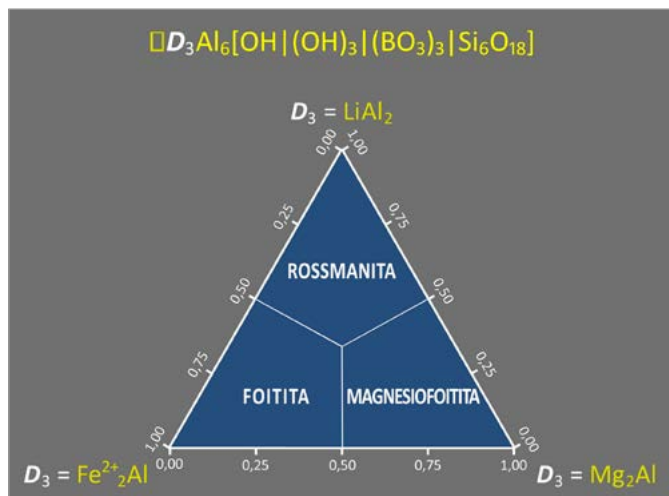


Figura 12. Sèries foitita-rossmanita-magnesiofoitita. Esquema: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

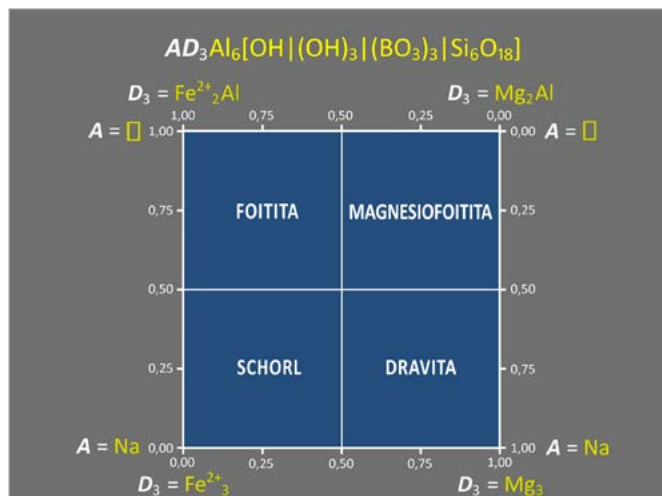


Figura 13. Sèries schorl-dravita-foitita-magnesiofoitita. Esquema: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

El mateix va passar amb les originàries buergerita i liddicoatita, que també responen a una fórmula amb predomini de F en la posició Z, essent ara respectivament fluorbuergerita i fluorliddicoatita, mentre que tant la buergerita com la liddicoatita pròpiament dites (ambdues amb predomini d'OH en la posició Z) són hipotètiques, i encara no estan reconegudes com a espècies. Per tant, si tenim exemplars que no hem analitzat, o procedeixen d'un jaciment on no han estat analitzats, hem de parlar igualment de sèries (sèries buergerita i sèries liddicoatita).

Sèries en funció dels cations

Sabem que el catió predominant en la posició A (Na/K o Ca, o vacant) serveix per a diferenciar els tres grups de turmalines (segons Henry *et al.*, 2011), que anomenem alcalituralines, calcioturalines i vacuoturalines. L'intercanvi d'aquests cations grans també es pot representar amb un triangle, com es va veure en la figura 8.

La distinció d'espècies en funció dels cations predominants en les posicions D i E (en Henry *et al.*, Y i Z) és força complicada, ja que un mateix catió pot

ocupar una posició o l'altra o totes dues. Així, si fruit d'unes anàlisis tenim els percentatges atòmics dels cations presents i, a partir d'aquí obtenim les proporcions atòmiques, aquestes s'hauran de "repartir" en funció de l'aplicació de la fórmula general, com veurem més endavant, en tractar la determinació de turmalines.

Figura 15. Espècies d'alcalituralines. Taula: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

ESPÈCIES	Ions predominants en cada posició de la fórmula general						
	A X	D ₃ Y ₃	E ₆ Z ₆	Z V	X ₃ W ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Bosiïta	Na	Fe ³⁺ ₃	Al ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Buergerite	Na	Fe ³⁺ ₃	Al ₆	OH	O ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Cromoaluminopovondraïta	Na	Cr ³⁺ ₃	Al ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Cromodravita	Na	Mg ₃	Cr ³⁺ ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Darrellhenryita	Na	LiAl ₂	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Dravita	Na	Mg ₃	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Dutrowita *	Na	Fe ²⁺ _{2.5} Ti _{0.5}	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Elbaïta	Na	Li _{1.5} Al _{1.5}	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluorbuergerita	Na	Fe ³⁺ ₃	Al ₆	F	O ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluodravita	Na	Mg ₃	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluorelbaïta	Na	Li _{1.5} Al _{1.5}	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluorschorl	Na	Fe ²⁺ ₃	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluorsilaisita	Na	Mn ²⁺ ₃	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Maruyamaïta	K	MgAl ₂	Al ₅ Mg	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Olenita	Na	Al ₃	Al ₆	OH	O ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxicromodravita	Na	Cr ³⁺ ₃	Cr ³⁺ ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxidravita	Na	MgAl ₂	Al ₅ Mg	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxischorl	Na	Fe ²⁺ ₂ Al	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxivaniodravita	Na	V ³⁺ ₃	V ³⁺ ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Potassium-dravite	K	Mg ₃	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Potassium-povondraïta	K	Fe ³⁺ ₃	Fe ³⁺ ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Povondraïta	Na	Fe ³⁺ ₃	Fe ³⁺ ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Schorl	Na	Fe ²⁺ ₃	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Tsilaisita	Na	Mn ²⁺ ₃	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Vanadiooxicromodravita	Na	V ³⁺ ₃	Cr ³⁺ ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Vanadiooxidravita	Na	V ³⁺ ₃	Al ₄ Mg ₂	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈

En cursiva (noms IMA) = principals espècies hipotètiques. Amb * = aprovada però no publicada.

Figura 14. Les sèries amb quatre i amb sis termes extrems es poden representar esquemàticament amb un tetraedre i un octaedre, respectivament. Dibuixos: elaboració pròpia.

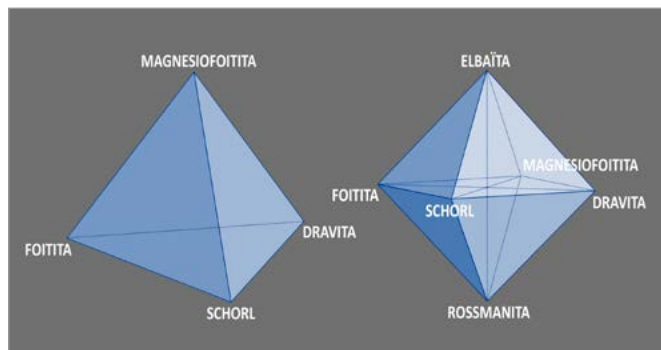




Figura 16. Schorl. A) Amb albita i feldespat, de Shengus, monts Haramosh, Skardu, Gilgit-Baltistan, Pakistan; 3,8 x 2,5 cm. B) De Chhappu, vall Braldu, Shigar, Gilgit-Baltistan, Pakistan; 9 x 3 cm. C) Amb quars, d'Usakos, Karibib, Erongo, Namíbia; 6 x 4,3 cm. Exemplars i fotos: fabreminerals.com.



Figura 17. Dravita. A) De St. Lawrence Co., Nova York, EUA; 2 x 1,7 cm; exemplar i foto: fabreminerals.com. B) De les mines Tomkap, Yinnietharra, Austràlia Occ., Austràlia; 5,5 x 3,2 cm; col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido. C) Del turons Merelani, Simanjoro, Manyara, Tanzània; 4,7 x 1,7 cm; exemplar i foto: fabreminerals.com.

La principal sèrie múltiple per intercanvi de cations *D*, amb *E* = Al, establerta entre espècies anteriors al 2011, és la de tres membres extrems schorl-dravita-elbaïta (per ordre d'antiguitat), que apareix representada en la figura 11.

Un altre exemple, aquest cas de vacuoturmalines, és el de les sèries foitita-rossmanita-magnesiofoitita [figura 12].

I si parlem de sèries per intercanvi tant de cations *A* com de cations *D*, és un bon exemple el cas representat en la figura 13, ara amb un quadrat, donat que són quatre els termes extrems. Aquests tipus de sèries amb quatre termes extrems també es poden representar amb un tetraedre (un terme en cada vèrtex), i encara podríem afegir també els termes de la sèrie elbaïta-rossmanita, ambdues amb Li+Al en la posició *D*, i llavors caldria representar-ho amb un octaedre [figura 14].

Finalment, podem afegir els intercanvis de cations en la posició *E*, obtenint així una gran quantitat de sèries possibles.

Exemples de sèries simples de turmalines, reals o hipotètiques, amb intercanvi de cations són:

- Intercanvi en la posició *A*:
 - Elbaïta-rossmanita (intercanvi $\text{Na} \leftrightarrow \square$).
 - Fluorliddicoatita-fluorelbaïta (intercanvi $\text{Ca} \leftrightarrow \text{Na}$).
 - Oxidravita-maruyamaïta (intercanvi $\text{Na} \leftrightarrow \text{K}$).
- Intercanvi en la posició *D*:
 - Cromoaluminopovondraïta-bosiïta (intercanvi $\text{Cr}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$).
 - Foitita-magnesiofoitita (intercanvi $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}$).
 - Schorl-tsilaisita (intercanvi $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mn}^{2+}$).
- Intercanvi en la posició *E*:
 - Povondraïta-bosiïta (intercanvi $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Al}$).



Figura 18. Elbaïta. A) Var. rubel·lita, amb quars i mica, de Malkhan, Krasnyi Chikoy, Transbaikai, Rússia; 7 x 4,1 cm. B) Var. indicolita, amb quars i mica, de Gilgit, Gilgit-Baltistan, Pakistan; 4,4 x 2,7 cm. C) De la mina Himalaya, Gem Hill, Mesa Grande, San Diego Co., Califòrnia, EUA; 4,7 x 2,2 cm. D) Sobre quars, dels monts Altai, Xinjiang, Xina; 9 x 6 cm. E) Var. "sindria", de la mina Santa Rosa, Itambacuri, Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil; 4,5 x 0,7 cm. Exemplars i fotos: fabreminerals.com.

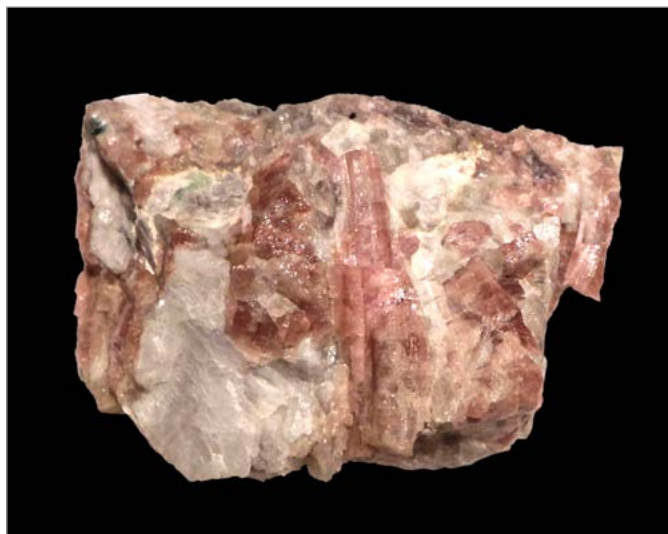


Figura 19. Darellhenryita, amb albita (var. cleavelandita). Nová Ves, Český Krumlov, Bohèmia Sud, Rep. Txeca. 7 x 5 cm. Col·lecció i foto: Petr Gadas (font: web.ca.wikipedia.org) (modificada).



Figura 20. Fluorbuengerita. Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Mèxic. 6,5 x 5 cm. Exemplar i foto: fabreminerals.com.



Figura 21. Fluordravita, amb beril (var. maragda) i quars. Mina Crabtree, Spruce Pine, Mitchell Co., Carolina Nord, EUA. 5 x 3,5 cm. Col·lecció i foto: Harold Moritz.

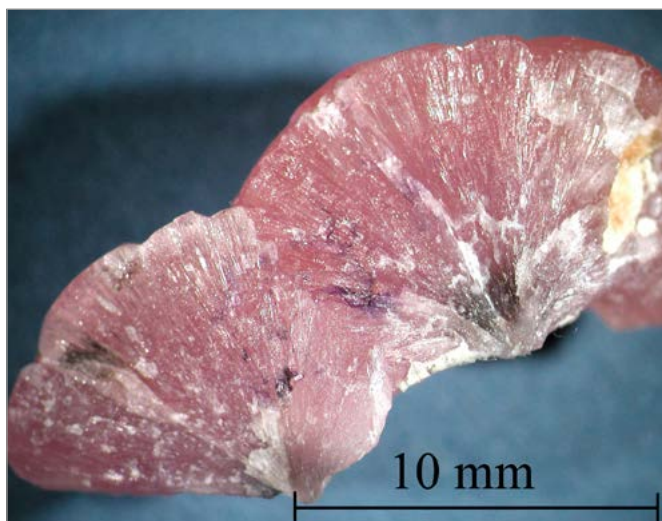


Figura 22. Olenita. Mina Palelni, Momeik, Kyaukme, Shan, Myanmar. Col·lecció i foto: Andreas Ertl - Universität Wien (font: *The Canadian Mineralogist*, 2007).

Figura 23. Oxischorl. Přibyslavice, Kutná Hora, Bohèmia Central, Rep. Txeca. C.V. 2,4 cm. Col·lecció i foto: Rolf Luetcke.



Figura 24. Povondraïta, amb microclina i magnesita. Vall Cristallmayu, distr. miner Alto Chapare, Chapare, Cochabamba, Bolívia. 3,7 x 3,2 cm. Exemplar i foto: fabreminerals.com.





Figura 25. Tsilaisita. Grotta d'Oggi, San Piero in Campo, Campo nell'Elba, illa Elba, Livorno, Toscana, Itàlia. C.V. 3,5 mm. Col·lecció i foto: Sun Yi.

- Dravita-cromodravita (intercanvi $\text{Al} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+}$).
- Oxivanadodravita-vanadioxicromodravita (intercanvi $\text{V}^{3+} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+}$).

Les espècies i les varietats

Manca parlar del tàxon fonamental en la sistematització de les turmalines, com en qualsevol altra: les espècies. I finalment, de les varietats que podem definir en algunes de les espècies.

Espècies

Com ja hem vist, la distribució de les espècies es pot fer en tres grups (alcaliturmalines, calcioturmalines i vacuoturmalines) del supergrup turmalina (segons Henry *et al.*, 2011) o bé, sense parlar de supergrup, en el grup turmalina (aquí es poden subagrupar segons les tres subdivisions anteriors).

Entre les alcaliturmalines [figura 15], les principals espècies són:

- Schorl [figura 16]: negre o de colors molt foscos.
- Dravita [figura 17]: groga mel, marró a negra; també groguenca, verdosa a blavosa.
- Elbaïta [figura 18]: de molts colors (verda, blava, vermella, rosada, violàcia, groguenca); també incolora.

Figura 27. Espècies de calcioturmalines.

Taula: elaboració pròpia (font: Henry *et al.*, 2011).

ESPÈCIES	Ions predominants en cada posició de la fórmula general						
	A X	D ₃ Y ₃	E ₆ Z ₆	Z V	X ₃ W ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Adachiïta	Ca	Fe ²⁺ ₃	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	AlSi ₅ O ₁₈
Feruvita	Ca	Fe ²⁺ ₃	Al ₅ Mg	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluor-feruvite	Ca	Fe ²⁺ ₃	Al ₅ Mg	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluorliddicoatita	Ca	Li ₂ Al	Al ₆	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Fluoruvita	Ca	Mg ₃	Al ₅ Mg	F	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Liddicoatite	Ca	Li ₂ Al	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Lucchesiïta	Ca	Fe ²⁺ ₃	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Magnesiolucchesiïta *	Ca	Mg ₃	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Uvite	Ca	Mg ₃	Al ₅ Mg	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈

En cursiva (noms IMA) = principals espècies hipotètiques. Amb * = aprovada però no publicada.



Figura 26. Luinaïta-(OH). Langangen, Porsgrunn, Telemark, Noruega. C.V. 5 mm. Col·lecció i foto: Harald Schillhammer.

La resta són: bosiïta (marró fosca a negra), cromodravita (verda a verda fosca), cromocaluminipovondraïta (verda), darellhenryita (rosada) [figura 19], fluorbuengerita (marró bronze a marró fosca o quasi negra) [figura 20], fluordravita (marró a negra) [figura 21], fluorelbaïta (verdosa a blavosa), fluorschorl (negre), fluortsilaisita (groc verdosa), maruyamaïta (marró groguenca a marró), olenita (rosada, blau cel a verda pàl·lida, incolora) [figura 22], oxicromodravita (verda), oxidravita (marró pàl·lida, marró vermellós a marró fosca), oxischorl (negre) [figura 23], oxivanadodravita (verdosa a marró groguenca o quasi negra), povondraïta (negra a negra marronosa) [figura 24], tsilaisita (verdosa a groguenca) [figura 25], vanadioxicromodravita (verda) i vanadioxidravita (verda).

La luinaïta-(OH) (grisa verdosa fosca a negra marro-nosa) [figura 26], que estrictament parlant pertany a la mateixa família però no al mateix grup turmalina, també és una alcaliturmalina, polimorfa del schorl. En tant que monocònica (pseudotrigonal), s'hauria de classificar apart.

Entre les calcioturmalines [figura 27], les principals espècies són:

- Fluorliddicoatita [figura 28]: rosada a vermellós o violàcia, verda, groga a marró, també blava; rarament incolora; habitualment policromada.
- Fluoruvita [figura 29]: groga, marró a quasi negra, verda, vermella; rarament incolora.

Recordem que l'uvita pròpiament dita, que fou redefinida amb localitat tipus a Brumado (Bahia, Brasil), encara no és espècie vàlida. Les suposades uvites d'aquesta localitat, com la de la figura 29B, semblen ser majoritàriament també fluoruvites. En tot cas, ara mateix sembla millor catalogar-les com 'sèries uvita'.

La resta (només publicades) són: adachiïta (blau violaci fosc, marró violaci fosc a negre blavós) [figura 30], feruvita (negra a marró fosca) i lucchesiïta (negra) [figura 31].



Figura 28. Fluorididicoatita. Vall Sahatany, Ibity, Antsirabe II, Vakinankaratra, Madagascar. 7,5 x 5,5 cm.
Exemplar i foto: fabreminerals.com.

Figura 29. A) Fluoruvita de Franklin, dist. miner Franklin, Sussex Co., Nova Jersey, EUA; 2,2 x 1,6 cm; col·lecció i foto: Robert Lavinsky (font: web commons.wikimedia.org). B) Possible fluoruvita (sèries uvita), sobre magnesita, de Brumado, Bahia, Brasil; 3,4 x 2,2 cm; exemplar i foto: fabreminerals.com.





Figura 30. Adachiïta. Mina Kiura, Saiki, Oita, Japó. C.V. 3 cm. Col·lecció: Tomio Adachi; foto: Nishio-Hamane (font: web flickr.com).



Figura 31. Lucchesiïta, amb quars i allanita-(Ce). Mirošov, Žďár nad Sázavou, Vysočina, Rep. Txeca. 12 x 9,5 cm. Col·lecció i foto: Petr Gadas.

ESPÈCIES	Ions predominants en cada posició de la fórmula general						
	A X	D ₃ Y ₃	E ₆ Z ₆	Z V	X ₃ W ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Celleriïta *	□	Mn ²⁺ , Al	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Foitita	□	Fe ²⁺ , Al	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Magnesiofoitita	□	Mg, Al	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxifoitita	□	Fe ²⁺ , Al ₂	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Rossmanita	□	LiAl ₂	Al ₆	OH	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈
Oxy-rossmanite	□	Li _{0,5} Al _{2,5}	Al ₆	O	(OH) ₃	(BO ₃) ₃	Si ₆ O ₁₈

En cursiva (noms IMA) = principals espècies hipotètiques. Amb * = espècie aprovada però no publicada.

Figura 32. Espècies de vacuoturmalines. Taula: elaboració pròpia (font: Henry et al., 2011).

Entre les vacuoturmalines [figura 32], les principals espècies són:

- Foitita [figura 33]: blava fosca, blava rosada fosca, blava verdosa, grisa verdosa a negra.
- Rossmanita [figura 34]: rosada a blanc rosada; també violàcia, verdosa o incolora.

La resta (només publicades) són: magnesiofoitita

[figura 35] (blava grisenc a verd grisenc o marro-nosa) i oxifoitita (negra).

Cal dir que entre les turmalines es dona que dos o més espècies diferents poden compartir un mateix cristall, ja sigui perquè formen un intercreixement o perquè ocupen diferents zones al llarg del cristall [figura 36].

En la taula de la figura 37 apareixen les localitats tipus, per espècies i grups.

Varietats

Les varietats de les espècies no constitueixen cap tàxon, és a dir, cap subdivisió sistemàtica, i no estan regulades per la CNMNC-IMA. Normalment responen a denominacions populars més o menys antigues, ja sigui com a noms de minerals o com a noms de pedres precioses o semiprecioses.

Les varietats es poden establir en funció de diferents característiques dels minerals, sent el color la més habitual. Aquest és el cas de les varietats aplicables a les espècies de turmalines.

Figura 33. Foitita. San Piero in Campo, Campo nell'Elba, illa Elba, Livorno, Toscana, Itàlia. C.V. 3 mm (ambdues). Col·lecció i fotos: Stephan Wolfsried.



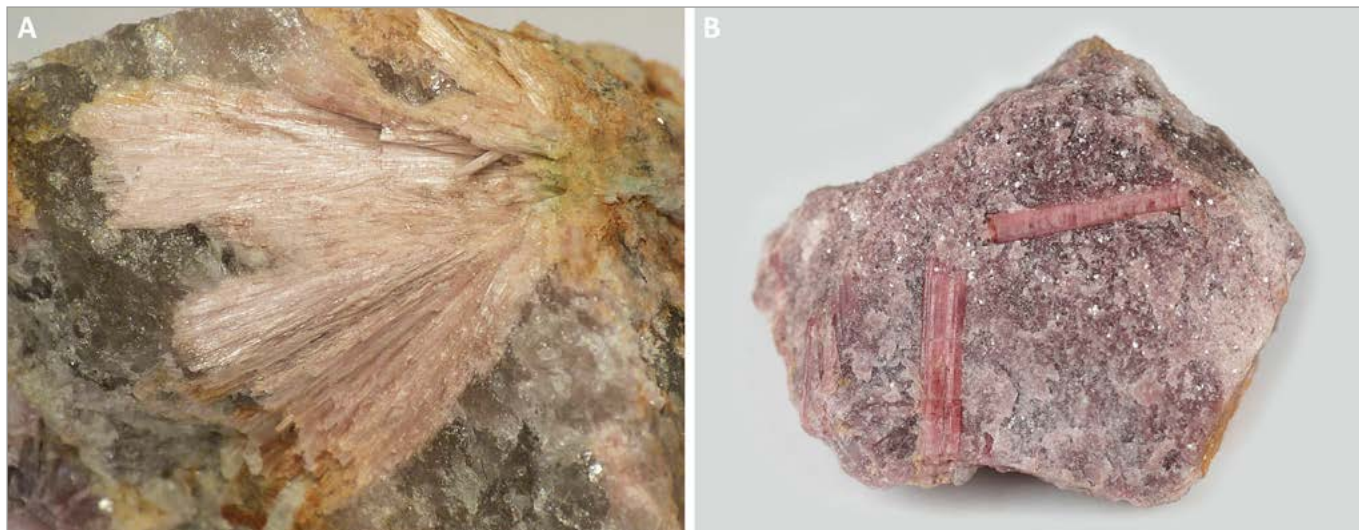


Figura 34. Rossmanita. A) De Dobrá Voda, Křižanov, Žďár nad Sázavou, Vysočina, Rep. Txeca; C.V. 1,8 cm; col·lecció i foto: Leon Hupperichs. B) Amb lepidolita, de la pedrera Hradisko, Rožná, Žďár nad Sázavou, Vysočina, Rep. Txeca; 7 x 5,5 cm; col·lecció: Moravské Zemské Muzeum (Museu de Moràvia, Brno), foto: Jan Cempířek.

Com veiem en la taula de la [figura 38](#), alguns dels noms que es donen a les diferents varietats en funció d'un color no corresponen a una espècie concreta sinó a vàries. Així, usualment es diu que els noms indicolita (color blau), verdelita (color verd) i rubel·lita (color vermell) corresponen a varietats de les sèries elbaïta o elbaïta-schorl [[figura 39](#)]; és cert, però aquests noms també es poden donar a les varietats que tenen aquests colors d'altres espècies o sèries (per ex., de les sèries liddicoatita).

En la varietat coneguda com “cap de moro” [[figura 40](#)] és habitual que l'extrem més fosc correspongui a una espècie diferent (per ex., sèries schorl o foitita) respecte a la part més pàl·lida (generalment de les sèries elbaïta o liddicoatita).

Determinació analítica de les turmalines

Ja s'ha comentat diverses vegades que la diferenciació d'espècies establerta per la CNMNC-IMA des de l'any

2011 (Henry *et al.*) fa que sigui impossible o molt complicat catalogar un exemplar de turmalina com a tal o qual espècie sense analitzar-lo convenientment. Només el jaciment ens pot servir de referència, sempre que les espècies que s'hi han descrit hagin estat prèviament ben analitzades, i tot i així amb dubtes si, com és habitual, en el jaciment en qüestió apareixen espècies semblants.

La millor solució és poder combinar diferents tècniques analítiques, si és possible: espectroscòpia EDS (SEM-EDS), microsonda electrònica (EPMA), espectroscòpies IR, Mössbauer i Raman, espectrometria SIMS i refinament de l'estructura a partir de difracció de raigs X (XRD/DRX).

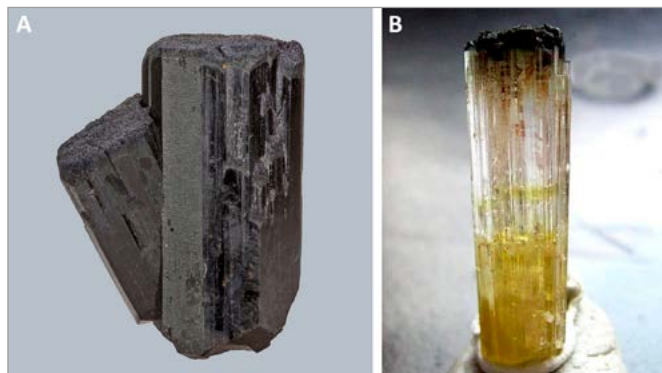
Aquí només faré alguns comentaris respecte l'anàlisi amb microsonda electrònica (EPMA), o amb SEM-EDS, i també una mica sobre l'espectroscòpia Raman i la difracció de raigs X (en pols).

Si per a la catalogació com a espècies els resultats obtinguts analíticament no són suficientment clars,

Figura 35. Magnesiofoitita. Kyonasawa, Yamanashi, Yamanashi, Japó. C.V. 5 mm. Col·lecció i foto: Nishio-Hamane (font: web flickr.com).



Figura 36. A) Intercreixement de foitita i schorl, de les muntanyes Erongo, Namíbia; 6,5 x 5 cm; col·lecció i foto: Rob Lavinsky. B) Cristall amb elbaïta (base, groga), rossmanita (centre, incolora) i foitita (extrem, negra), de Campo nell'Elba, illa Elba, Itàlia; 2,1 x 0,6 cm; col·lecció i foto: Peter Kohorst.



	ESPÈCIES	LOCALITATS TIPUS
AT	Bosiïta	Dipòsit Darasun, Vershino-Darasunskiy, Chita, Transbaykàlia, Rússia.
	Cromodravita	Dipòsit Velikaya Guba, pen. Zaonezhie, Karèlia, Rússia.
	Cromoaluminopovondraïta	Pedrerà Pereval, Slyudyanka, Irkutsk, Rússia.
	Darrellhenryita	Nová Ves, Český Krumlov, Bohèmia Sud, Rep. Txeca.
	Dravita	Dobrova, Dravograd, Caríntia, Eslovènia.
	Elbaïta	San Piero in Campo, Campo nell'Elba, illa Elba, Livorno, Toscana, Itàlia.
	Fluorbuergerita	Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Mèxic.
	Fuordravita	Mina Crabtree, Spruce Pine, Mitchell Co., Carolina Nord, EUA.
	Fluorelbaïta	Mina Urubu, Monte Belo, Itinga, Minas Gerais, Brasil / mina Cruzeiro, São José da Safira, Minas Gerais, Brasil.
	Fluorschorl	Zschorlau, Erzgebirgs, Saxònia, Alemanya / Le Cave, Fortezza, Trentino-Alto Adige, Itàlia.
	Fuortsilaisita	Grotta d'Oggi, San Piero in Campo, Campo nell'Elba, illa Elba, Livorno, Toscana, Itàlia.
	Maruyamaïta	Kumdy-Kol, massís Kokchetav, Akmola, Kazakhstan.
	Olenita	Monts Olenii, tundra Voron'i, Murmansk, Rússia.
	Oxicromodravita	Pedrerà Pereval, Slyudyanka, Irkutsk, Rússia.
	Oxidravita	Osarara, Narok, Kènia.
	Oxischorl	Přibyslavice, Kutná Hora, Bohèmia Central, Rep. Txeca / Zlatá Idka, Košice-okolie, Košice, Eslovàquia.
	Oxivandiodravita	Slyudyanka, Irkutsk, Rússia.
	Povondraïta	Cristal Mayu, Tunari, Chapare, Cochabamba, Bolívia.
	Schorl	Zschorlau, Erzgebirgs, Saxònia, Alemanya.
	Tsilaisita	Grotta d'Oggi, San Piero in Campo, Campo nell'Elba, illa Elba, Livorno, Toscana, Itàlia.
CT	Vanadiooxicromodravita	Pedrerà Pereval, Slyudyanka, Irkutsk, Rússia.
	Vanadiooxidravita	Pedrerà Pereval, Slyudyanka, Irkutsk, Rússia.
	Adachiïta	Mina Kiura, Saiki, Oita, Kyushu, Japó.
	Feruvita	Illa Repanga, Thames-Coromandel, Waikato, Illa Nord, Nova Zelanda.
	Fluorliddicoatita	Antsirabé, Vakinankaratra, Madagascar.
	Fluoruvita	Franklin, Sussex Co., Nova Jersey, EUA.
VT	Lucchesiïta	Mirošov, Žďár nad Sázavou, Vysočina, Rep. Txeca / Ratnapura, Ratnapura, Sabaragamuwa, Sri Lanka.
	Foitita	Califòrnia, EUA.
	Magnesiofoitita	Kyonosawa, Mitomi-mura, Yamanashi, Chubu, Japó.
	Oxifoitita	Complex Cooma, monts Snowy, Beresford, Nova Gal·les Sud, Austràlia.
	Rossmánita	Rožná, Žďár nad Sázavou, Vysočina, Rep. Txeca.
	Luinaïta-(OH)	Mina Cleveland, Luina, Waratah-Wynyard, Tasmània, Austràlia

Figura 37. Localitats tipus de les espècies de turmalina, per grups: alcaliturmalines (AT), calcioturmalines (CT) i vacuoturmalines (VT), a més de la luinaïta-(OH). Taula: elaboració pròpia (fonts: webs mindat.org i mineralienatlas.de).

és millor fer servir noms de sèries, en funció del que s'ha dit amb anterioritat.

Anàlisis EPMA i SEM-EDS

La microsonda electrònica (EPMA) ens permet obtenir els percentatges atòmics presents en un mineral, i d'aquí poder extreure les proporcions atòmiques. Les turmalines són silicats i aquests són "cossos iònics", ja que els àtoms presents ho estan com a ions, és a dir, amb càrrega, ja sigui positiva (cations) o nega-

Acroïta	incolora, especialment elbaïtes i rossmanites
Camaleonita	amb canvis de color en funció de la il·luminació
Crisolita de Ceilan	groc verdosa
Crisolita del Brasil	groc verdosa
Emeralita	subvarietat de verdelita, verd maragda pàl·lid
En "cap de moro"	de qualsevol color pàl·lid amb terminacions negres o quasi negres
En "cap de turc"	de qualsevol color pàl·lid amb terminacions vermelles
En "sindria"	amb interior vermell a rosa i vores verdes, especialment elbaïtes i liddicoatites
Indicolita/indigolita	blava, especialment elbaïtes
Maragda del Brasil	subvarietat de verdelita, transparent i brillant
Peridot de Ceilan	groc mel a verdosa
Peridot del Brasil	groc mel a verdosa
Robí del Brasil	subvarietat de rubel·lita, transparent i brillant
Rubel·lita	vermella a rosa, especialment elbaïtes i liddicoatites
Safir del Brasil	subvarietat d'indicolita, transparent i brillant
Siberita	violàcia a vermell violàcia, especialment elbaïtes
Verdelita	verda, especialment elbaïtes i liddicoatites

Figura 38. Varietats de les espècies de turmalina. Taula: elaboració pròpia (fonts: Henry *et al.*, 2011; Díaz G.-Mauriño, 1991).

tiva (anions). Per tant, les proporcions atòmiques obtingudes correspondran als diferents ions presents. Amb menor precisió (però pot ser suficient) podem obtenir resultats adequats amb SEM-EDS (Microscopi Electrònic d'Escaneig amb Espectroscopi per Dispersió d'Energia).

Hem de pensar que les fórmules que s'han fixat per a les diferents espècies són simplificades i ideals (teòriques): per a cada posició en la fórmula s'indica només el catió o anió predominant. En la pràctica, si observem les fórmules analítiques (les que s'obtenen directament de les anàlisis de les mostres) veurem que la variabilitat de proporcions atòmiques dels diferents ions pot ser força important i això afegeix complicació a la determinació dels exemplars de turmalina, i més si, com hem vist, un mateix catió o anió pot ocupar posicions diferents [figura 41].

Amb EPMA (també amb SEM-EDS) podem saber els percentatges atòmics dels diferents ions presents en una mostra de turmalina. Després, amb els càlculs pertinents, obtindrem les proporcions atòmiques, que podrem comparar amb les de les fórmules analítiques que hi ha a la literatura especialitzada.

Pel que respecta als anions (posició Z), podem saber si conté fluor o no i en quin percentatge. Si es tracta d'una turmalina que contingui calci, el fluor també es detecta amb LIBS (espectroscòpia de plasma induït per làser), però sense els percentatges atòmics.

En les fluorturmalines (amb F en la posició Z), la relació F:Si teòrica és igual a 1:6, o sigui que la proporció atòmica teòrica del fluor ha de ser propera a una sisena part de la del silici. En la pràctica, la proporció de silici no sempre arriba als 6 àtoms per fórmula que li corresponen teòricament, sent sovint necessari sumar-li una molt petita proporció de l'alumini. Respecte

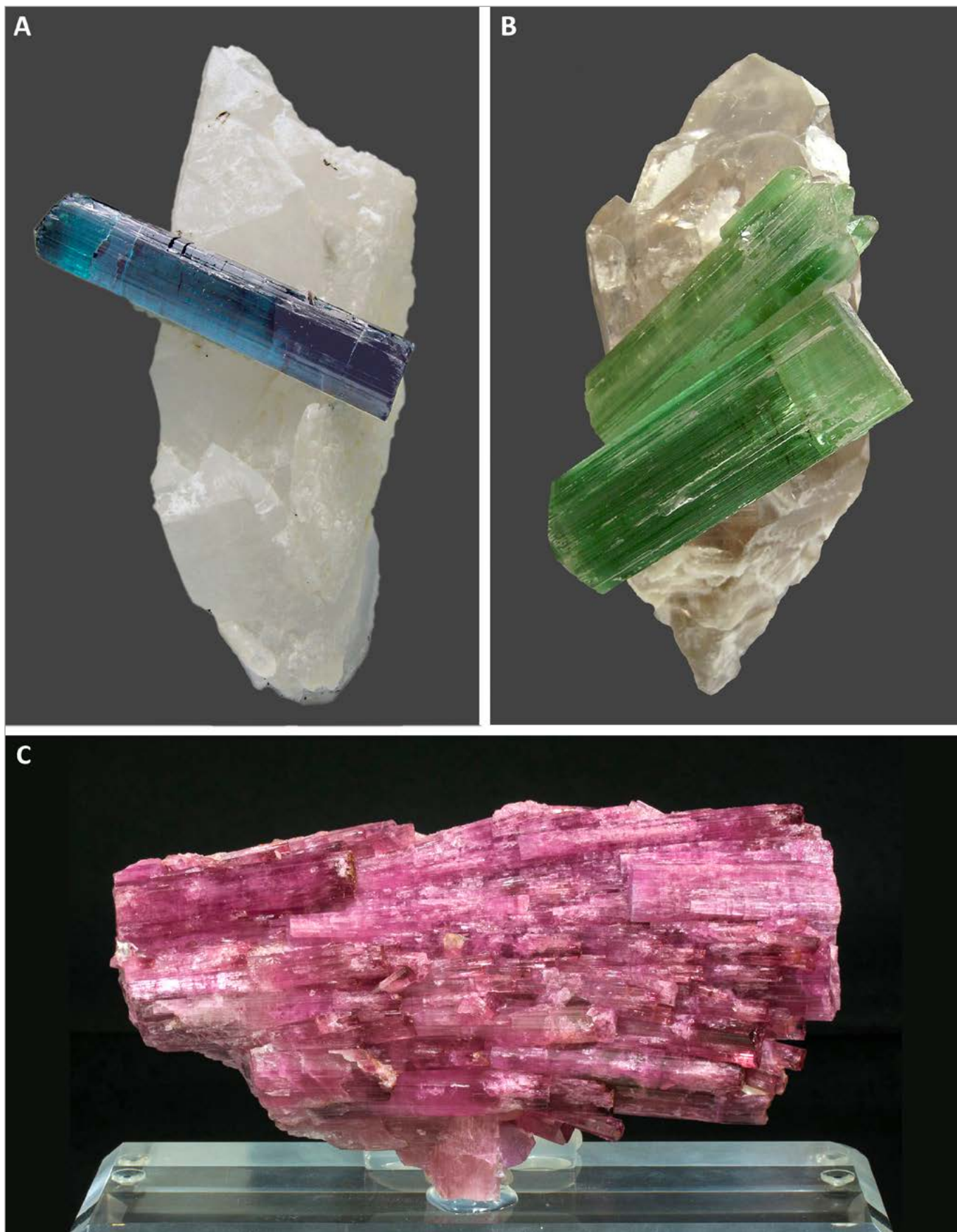


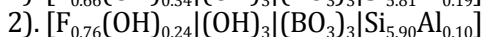
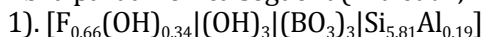
Figura 39. Principals varietats cromàtiques d'elbaïta. A) Var. indicolita, sobre quars, de la mina Santa Rosa, Itambacuri, Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil; 8 x 4,5 cm. B) Var. verdelita, sobre quars, de Barra de Salinas, Coronel Murta, Araçuaí, Minas Gerais, Brasil; 4,7 x 2,2 cm. C) Var. rubel·lita, de la mina Jonas, Itatiaia, Conselheiro Pena, Aimorés, Minas Gerais, Brasil; 13 x 7 cm. Exemplars i fotos: fabreminerals.com.



Figura 40. Elbaïta (var. "cap de moro"). Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. C.V. 7 mm.
Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.

al fluor, donat que part de la posició Z pot ser ocupada per altres anions (OH/O), fins a com a màxim el 50% del total, les relacions F:Si (o F:Si+Al) poden trobar-se entre 0,5:6 i 1:6. El fluor no pot ocupar la posició X, per tant, tot el que aparegui a les anàlisis serà fluor en la posició Z.

De les dades analítiques emprades per a la determinació del fluorschorl (de les colocalitats tipus: 1 = Zschorlau, Saxònia, Alemanya; 2 = Le Cave/Grasstein, Trentino-Alt Adige, Itàlia) resulten unes fórmules amb la part aniónica següent (Ertl *et al.*, 2016):



Per tant, tenim unes relacions F:Si (en realitat és Si+Al) = 0,66:6 i 0,76:6, respectivament. Veiem que en la posició Z tenim F>OH; si fos F<OH no es tractaria de fluorschorl sinó de schorl pròpiament dit.

Pel que fa a la fluordravit, té una relació F:Si = 0,75:6 en la localitat tipus, la mina Crabtree, Spruce Pine, Mitchell Co., Carolina Nord, EUA (Clark *et al.*, 2011).

Finalment menciono la fluorelbaïta, amb una relació F:Si = 0,76:6 en la colocalitat tipus, la mina Cruzeiro, São José da Safira, Minas Gerais, Brasil (Bosi *et al.*, 2013). En aquesta localitat és abundantíssima l'elbaïta pròpiament dita, que també pot ser de color blau-verd com la fluorelbaïta, per la qual cosa si tenim algun exemplar no sempre podrem estar segurs de què realment es tracta d'aquesta espècie, excepte que s'hagi analitzat. I el ma-

teix es pot dir de l'altra colocalitat tipus, la mina Urubu, Monte Belo, Itinga, Minas Gerais, Brasil.

Amb la resta de fluorturmalines tindrem relacions F:Si (o F:Si+Al) semblants, sempre entre 0,5:6 i 1:6.

Així podrem almenys distingir analíticament les fluorturmalines respecte de les hidroxiturmalines i les oxi-turmalines.

Pel que fa als cations, cal començar per comprovar amb EPMA o SEM-EDS si hi ha cations grans (posició A) i en quina proporció. El sodi és el més habitual, però també pot ser calci i fins i tot potassi. Si la relació de proporcions entre aquests cations de radis iònics més grans i el silici no està per sobre de 0,5:6 tindrem una vacuo-turmalina, amb predomini de la vacant en la posició A.

Per exemple, si analitzem una suposada mostra d'elbaïta, amb Li (poc) i Al (molt) i amb Na>Ca, i obtenim una proporció que dona una relació Na+Ca:Si per sota de 0,5:6, conclouríem que en realitat la mostra és de rossmanita. Si la relació Na+Ca:Si està per sobre de 0,5:6 i té Ca>Na, a més de F, seria una fluorliddicoatita. Finalment, si està per sobre de 0,5:6 i té Na>Ca, amb poc o sense F, a més d'elbaïta podria ser darrellhenryita (amb O en la posició Z) i llavors caldria fer anàlisis més acurats.

Respecte als cations de les posicions D i E, amb EPMA o SEM-EDS podem arribar a obtenir les proporcions atòmiques totals, però no el seu repartiment en funció de les dues posicions possibles de cada ca-

Cromodravita	A		D					E			Z		X	B		Si		O
	Na	Ca	Mg	V ³⁺	Al	Mn ²⁺	Ti	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Al	OH	O	OH	B	Al	Si	Al	
	0.97	0.03	2.57	0.22	0.16	0.03	0.02	4,71	1.08	0.21	0.77	0.23	3	2.91	0.09	5.81	0.19	
	1		3					6			1		3	3		6		
Fluorbuergerita	A			D						E	Z	X		B	Si		O	
	Na	Ca	K	Fe ³⁺	Al	Fe ²⁺	Ti	Mg	Mn ²⁺	Al	F	O	OH		Si	B		
	0.82	0.16	0.02	2.42	0.27	0.19	0.07	0.03	0.02	6.00	1.02	2.54	0.46	3.09	5.85	0.15		
	1			3						6	1	3		3	6			
Oxischorl	A			D				E			Z		X	B	Si		O	
	Na	□	Ca	Fe ²⁺	Al	Ti	Mn ²⁺	Al	Mg	Fe ³⁺	O	F	OH		OH	Si		Al
	0.59	0.39	0.02	1.88	1.01	0.09	0.02	5.73	0.19	0.08	0.58	0.31	0.11	3	3	5.94	0.06	
	1			3				6			1		3	3	6			
Oxivanadiodravita	A			D			E				Z		X	B	Si		O	
	Na	K	□	V ³⁺	Mg	Ti	V ³⁺	Mg	Al	Cr ³⁺	O	OH	F		OH	Si		Al
	0.88	0.07	0.05	2.46	0.48	0.06	3.14	1.74	0.91	0.21	0.78	0.14	0.08	3	3	5.99	0.01	
	1			3			6				1		3	3	6			
Fluorliddicoatita	A			D						E	Z		X		B	Si	O	
	Ca	Na	□	Li	Al	Fe ²⁺	Ti	□	Mn ²⁺	Mg	Al	F	OH	OH				O
	0.72	0.27	0.01	1.59	1.13	0.11	0.05	0.05	0.04	0.03	6.00	0.87	0.13	2.73	0.23	3	6.02	
	1			3						6	1		3		3	6		
Foitita	A		D					E	Z	X	B	Si	O					
	□	Na	Fe ²⁺	Al	Mn ²⁺	Li	Mg	Al	OH	OH								
	0.75	0.25	1.60	0.89	0.24	0.22	0.05	6.00	1.00	3	3	6.01						
	1		3					6	1	3	3	6						

Figura 41. Composició analítica i composició simplificada (de la fórmula ideal) en sis espècies de turmalina. Els ions predominants en cada posició apareixen subratllats. Taula: elaboració pròpia.

tió. Així, per exemple, podrem conèixer la proporció total de magnesi o d'alumini, però sense saber quant d'aquest magnesi o alumini correspon a la posició *D* i quant a la posició *E*.

Sí podem comparar els resultats amb les fórmules convencionals i així, en funció de la càrrega dels cations predominants, acotar força l'espècie que pugui ser. Per exemple, sabent que el catió gran predominant és Na, si els cations mitjans predominants són Mg (divalent) i Al (trivalent), tindrem alguna espècie de les sèries dravita ($Z=OH/F$) o una bosüita ($Z=O$).

En les alcaliturmalines, de catió mitjà divalent predominant només pot haver-n'hi un (Mg, Fe²⁺, Mn²⁺), amb un total de càrrega de +4 o +6, o cap (fluorbuergerita i olenita); de trivalent, un o dos, amb un total de càrrega de +18, +21 o +24. Per a diferenciar Fe³⁺ de Fe²⁺ cal recórrer a l'espectroscòpia Mössbauer. En les calcioturmalines i vacuoturmalines l'únic catió trivalent predominant pot ser l'Al i, a efectes analítics, tot el ferro present és Fe²⁺.

Espectroscòpia Raman i difracció de raigs X

Pel que fa a l'espectroscòpia Raman, els espectres parcials (els que van de 0 a 1.600 cm⁻¹) de totes les turmalines són molt semblants pel que fa a la distribució dels senyals més destacables, els quals, amb una longitud d'ona de 532 nm, se situen:

- Just per sobre dels 200 cm⁻¹.

- Just per sota dels 400 cm⁻¹.
- Entre els 650 i els 800 cm⁻¹ (d'un a tres senyals).
- Just per sota dels 1.100 cm⁻¹.

Cal remarcar que els espectres obtinguts depenen de l'orientació de la mostra respecte a la direcció de polarització del raig làser incident i que la intensitat pot variar molt d'una espècie a una altra. Per tant, en general aquests espectres ens serveixen de poc per a diferenciar les espècies entre si.

Si disposem d'espectres Raman complets, amb els senyals fins als 4.000 cm⁻¹, amb les mostres sense orientar o amb el làser orientat en paral·lel a l'eix *c*, podrem comprovar si es veuen senyals intensos cap als 3.500 cm⁻¹ o poc després (a 532 nm), que corresponen a vibracions d'elongació dels diferents grups OH. Si aquests senyals són febles podria tractar-se d'una oxiturmalina, però per estar-ne segurs caldria recórrer a anàlisis estructurals. En tot cas, si disposem d'espectres Raman, els podem comparar amb els que surten al web del projecte RRUFF [figura 42].

Respecte a la difracció de raigs X (XRD/DRX), en pols, totes les turmalines donen uns senyals distribuïts més o menys de la mateixa manera al llarg de l'eix horitzontal (2 Theta) dels patrons de difracció, amb els sis principals pics de senyal (reflexions) aproximadament a les següents posicions angulars: 14, 21, 22.5, 26, 30.5 i 35 graus (utilitzant radiació K α del Cu). D'aquests sis, el d'aproximadament 14 sol ser

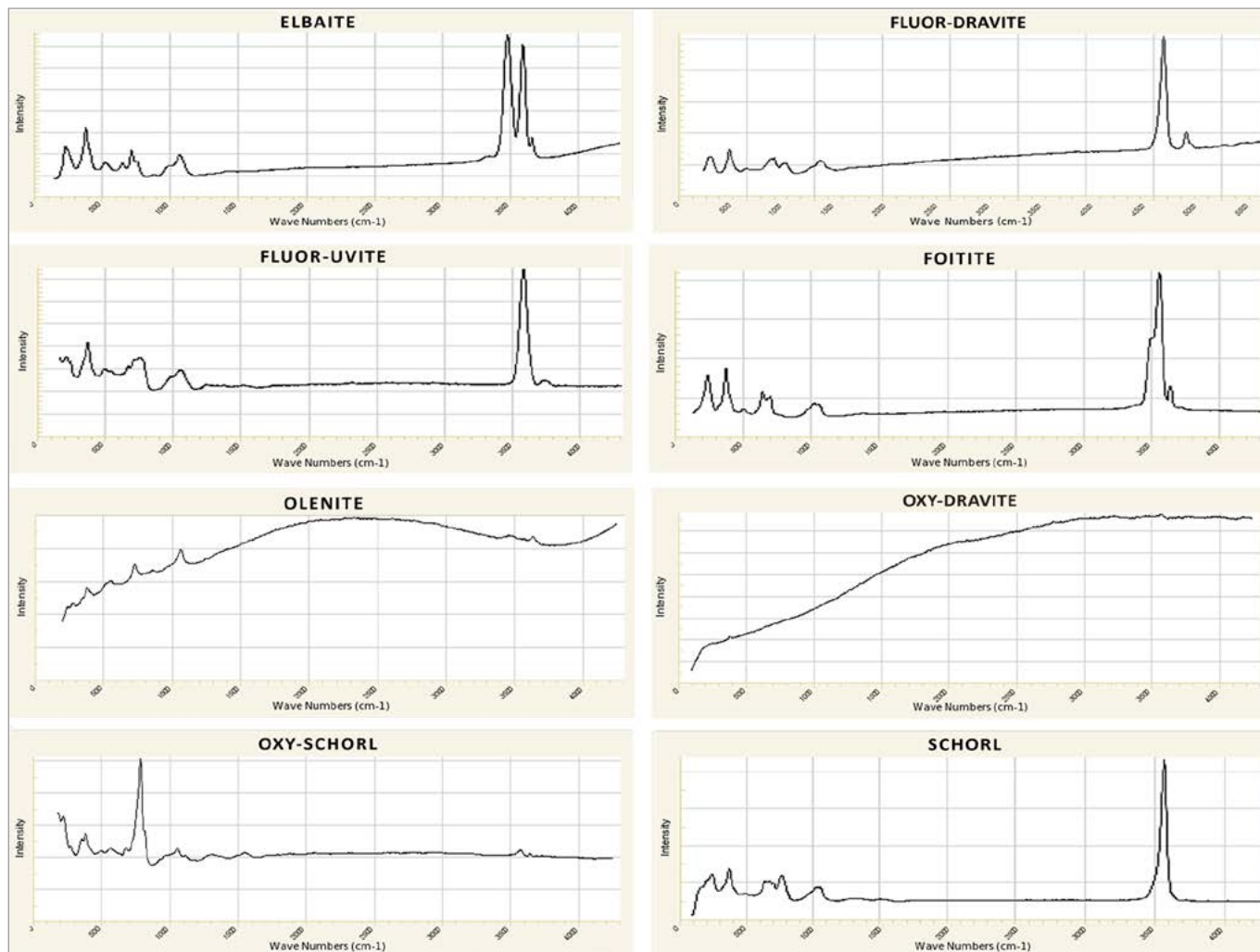


Figura 42. Exemples d'espectres Raman d'algunes espècies de turmalina. Font: web projecte RRUFF (modificat).

el de menor intensitat excepte en el cas de moltes foitites i d'alguns schorls. Les diferències d'intensitat als senyals, de vegades notables, són degudes a la gran variabilitat en la composició, com ja s'ha comentat diverses vegades.

En difracció en pols és molt probable que efectes d'orientacions preferencials a les mostres compliquin encara més la seva identificació. La solució definitiva la tindrem amb anàlisis de monocristall i amb refinament de l'estructura cristal·lina.

Turmalines a Catalunya i Espanya

Aquí exposo una breu llista dels principals jaciments de turmalines a Catalunya i a la resta d'Espanya, en funció de la procedència dels exemplars fotografiats [figures 43 a 80] i del volum IX de *Minerales y Minas de España* (Calvo, 2018).

Quan apareix només un nom s'ha d'entendre que pot ser tant l'espècie en qüestió com algun membre de les seves sèries; per exemple, schorl es pot referir tant al schorl pròpiament dit (que és el més probable) com al fluorschorl o a l'oxischorl. Quan apareixen dos o més noms, escrits separats amb guionets (ordenats

segons l'antiguitat), s'ha d'entendre que pot ser tant qualsevol dels dos termes extrems citats com termes intermedis de les corresponents sèries.

A Espanya només s'han citat: dravita (pocs llocs), elbaïta (pocs llocs), foitita (molt pocs llocs) i schorl (molts llocs).

Andalusia

- Còrdova, Hornachuelos, distr. miner El Cabril-Sierra Albarrana, del pantà d'El Cabril al Cerro de Reopiedra: schorl-dravita.
- Màlaga, Alhaurín de la Torre, Llanos de la Plata: dravita.
- Màlaga, Carratraca, Arroyo de las Cañas: schorl.
- Màlaga, Càrtama, serra de Càrtama, de Trascastillo a Los Remedios: schorl-elbaïta.
- Màlaga, Estepona, vall riu Padrón, Puerto Mancilla i Loma de Portezuela: schorl-elbaïta.
- Màlaga, Marbella, Elviria i Las Chapas: schorl.

Aragó

- Osca, Benasc, massís de la Maladeta, Pic d'Alba: schorl.



Figura 43. Schorl. Mina "La Coma", Reopiedra-Las Tinajillas, distr. miner El Cabril-Sierra Albarrana, Hornachuelos, Còrdova, Andalusia. 2,3 x 2,2 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 44. Schorl. Mina "La Coma", Reopiedra-Las Tinajillas, distr. miner El Cabril-Sierra Albarrana, Hornachuelos, Còrdova, Andalusia. 7 x 6,5 cm. Col·lecció i foto: Jordi Gil.

- Osca, Panticosa, Bachimana i Baños de Panticosa: schorl.

Castella i Lleó

- Àvila, Burgohondo, Puerto de Mijares: schorl.
- Àvila, Cardeñosa, Los Perdigueros: schorl.
- Burgos, Fuentenebro, La Aguilera: schorl.
- Lleó, Ponferrada, Montearenas: schorl.
- Salamanca, Juzbado, Las Mangas: schorl.
- Salamanca, La Alameda de Gardón: schorl.
- Salamanca, Ledesma: schorl.
- Salamanca, Morille, mines "Alegría" i "Mundaca": schorl.
- Salamanca, Mozárbez, Santo Tomé de Rozados: schorl-dravita.
- Salamanca, San Pedro de Rozados, Dehesa de Barciaejo: schorl-dravita.
- Salamanca, Villar de Samaniego, Covahonda: schorl.
- Salamanca, Yecla de Yeltes: schorl-dravita.
- Zamora, Villalcampo, Carbajosa: schorl.

Figura 45. Schorl. Arroyo de las Cañas, Carratraca, Màlaga, Andalusia. 4 x 2,4 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.



- Zamora, Villar del Buey, Pinilla de Fermoselle, Teso de la Calera: elbaïta.

Catalunya

- Barcelona, Barcelonès, Barcelona, Tibidabo, Bellesguard: schorl.
- Barcelona, Barcelonès, Barcelona, ctra. Sant Pere Màrtir, Coll del Portell: schorl-dravita-elbaïta.
- Barcelona, Vallès Occ., Castellar del Vallès, el Maiol, Turó del Llop: schorl.
- Girona, Alt Empordà, Cadaquès, Cap de Creus: schorl-dravita, schorl-foitita.
- Girona, Alt Empordà, Cadaquès, Tudela: schorl.
- Girona, Alt Empordà, el Port de la Selva, la Tamariua: schorl.
- Girona, Alt Empordà, Rabós, Camps de la Closa: schorl.
- Lleida, Alta Ribagorça, la Vall de Boí, pantà de Cavallers, Riumalo: schorl.
- Lleida, Alt Urgell, Alàs i Cerc, Vilanova de Banat, Cortals del Riu: schorl.

Figura 46. Elbaïta (var. rubel·lita). Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. Cristalls 0,9 i 0,6 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.





Figura 47. Elbaïta, amb quars. Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. Cristall 1,1 cm.
Col·lecció i foto: Diego Navarro.

Figura 48. Elbaïta, amb quars. Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. Cristalls 1,2 cm.
Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.





Figura 49. Schorl. Puerto Mancilla, Piedras Recias, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. 3,7 x 2,5 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.



Figura 50. Elbaïta (var. rubel-lita), amb quars. Puerto Mancilla, Piedras Recias, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. Cristall 3 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.

- Lleida, Aran, Arres, Portièro, mina "Solitaria": schorl.
- Lleida, Aran, Les, Es Paliàs, pedrera Azul Aran: schorl.
- Lleida, Pallars Jussà, Tremp, Casterner de les Olles, Barranc des Collades: schorl-dravita.

Extremadura

- Càceres, Belvís de Monroy, La Planta: schorl-foitita.
- Càceres, Bohonal de Ibor, La Calera: schorl.
- Càceres, Càceres, Las Capellanías i Los Arenales: schorl.

Figura 51. Schorl. Puerto Mancilla, Piedras Recias, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. Cristall 1 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.



- Càceres, Càceres, serra de la Mosca: schorl-dravita.
- Càceres, Logrosán, serra de San Cristóbal: schorl.

Galícia

- A Coruña, Lousame, Portobravo: schorl.
- A Coruña, Lousame, Vilacova, mines de San Finx: schorl-dravita.
- Lugo, Muras, Silán, Escoiras: schorl.
- Lugo, Viveiro, Boimente, O Riaño i O Lombo: schorl.
- Ourense, Beariz, mont Marcofán, mines de Marcofán: schorl-dravita.

Figura 52. Elbaïta, amb quars. Puerto Mancilla, Piedras Recias, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. Cristall 1,2 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.





Figura 53. Schorl. Loma de Portezuela, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. C.V. 7 mm.
Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.

Figura 54. Schorl. Loma de Portezuela, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. C.V. 9 mm.
Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.





Figura 55. Schorl. Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. C.V. 13 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.



Figura 56. Schorl, amb quars. Loma de Portezuela, vall riu Padrón, Estepona, Màlaga, Andalusia. C.V. 5 mm. Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.

- Ourense, Villamartín de Valdeorras, O Robledo: dravita.
- Pontevedra, O Grove: schorl-foitita.
- Pontevedra, O Rosal, Serra de Argallo, Cachada de Pedro: schorl.
- Pontevedra, Pontearreas, Linar da Raina, pedrera "Cillarga": schorl.

- Pontevedra, Porriño, pedreres "Buraco" i "Arcade-Alfonso": schorl.
- Pontevedra, Redondela, A Eira Pedriña: schorl.
- Pontevedra, A Cañiza, A Franqueira: schorl-dravita.

Madrid

- Madrid, El Berrueco, pedrera de Los Taberneros: schorl-foitita.

Figura 57. Schorl. Elviria, Marbella, Màlaga, Andalusia. Cristall 4 cm. Col·lecció i foto: Diego Navarro.



Figura 58. Schorl. Los Perdigueros, Cardeñosa, Àvila, Castella i Lleó. 10,5 x 4 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.





Figura 59. Schorl-dravita. Yecla de Yeltes, Salamanca, Castella i Lleó. 7 x 4 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 60. Elbaïta. Teso de la Calera, Pinilla de Fermoselle, Villar del Buey, Zamora, Castella i Lleó. 6 x 4,3 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.

- Madrid, Guadalix de la Sierra, El Verdugal: schorl.
- Madrid, Horcajo de la Sierra, Cabeza del Rullueco: schorl-dravita.
- Madrid, La Cabrera, serra de la Cabrera: schorl-foitita.
- Madrid, Piñuécar, Gandullas, Loma del Molino: schorl.
- Madrid, Robregordo, Somosierra: schorl.

Navarra

- Navarra, Goizueta, Peñas de Aya: schorl-dravita.

Figura 61. Schorl. Puerto de Mijares, Burgohondo, Àvila, Castella i Lleó. 7,5 x 3,7 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 62. Dravita. Coll del Portell, ctra. Sant Pere Màrtir, Barcelona, Barcelonès, Barcelona, Catalunya. C.V. 5,5 mm. Col·lecció: Xavier Tomás; foto: Josep Lluís Garrido.





Figura 63. Schorl. Bellesguard, Tibidabo, Barcelona, Barcelonès, Barcelona, Catalunya. 4,5 x 2,4 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 64. Schorl. La Tamaruia, el Port de la Selva, Alt Empordà, Girona, Catalunya. 5 x 3 cm. Col·lecció i foto: Frederic Varela.

Figura 65. Schorl. Puig del Llop, el Maiol, Castellar del Vallès, Vallès Occ., Barcelona, Catalunya. 15 x 11 cm. Col·lecció i foto: Frederic Varela.



Figura 66. Schorl. Camps de la Closa, Rabós, Alt Empordà, Girona, Catalunya. Cristall 2 cm. Col·lecció i foto: Frederic Varela.



Figura 67. Schorl. Cap de Creus, Cadaqués, Alt Empordà, Girona, Catalunya. 8 x 5,5 cm. Col·lecció i foto: Jordi Gil.



Figura 68. Schorl. Cap de Creus, Cadaqués, Alt Empordà, Girona, Catalunya. 3,8 x 2 cm. Col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido.





Figura 69. Schorl. Tudela, Cadaqués, Alt Empordà, Girona, Catalunya. 4,2 x 2 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.

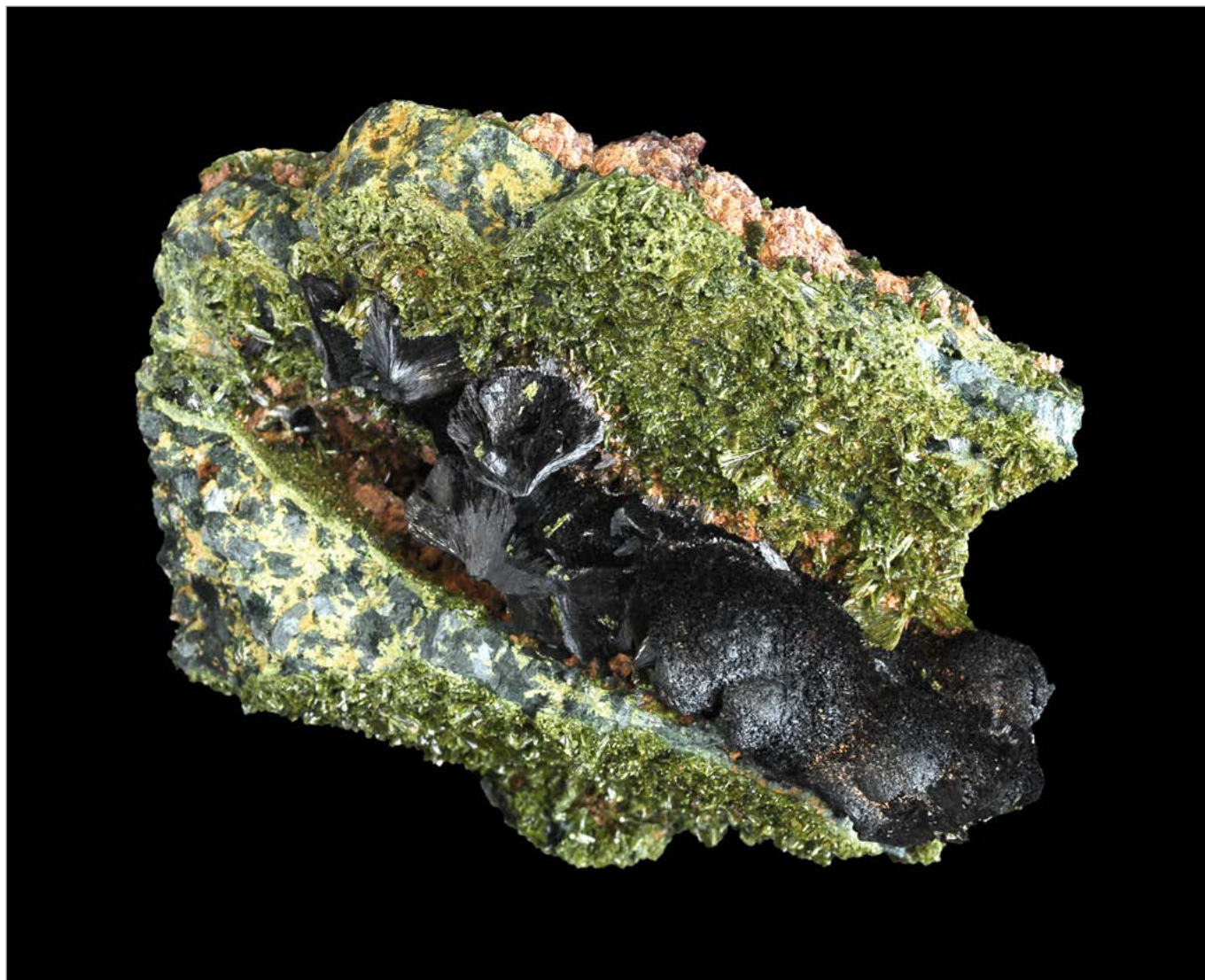


Figura 70. Schorl-dravita, amb epidota. Barranc des Collades, Castner de les Olles, Tremp, Pallars Jussà, Lleida, Catalunya. 13 x 8,5 cm. Col·lecció: Jordi Gil; foto: Martí Rafel.

Figura 71. Schorl. Pedrera Azul Aran, Es Paliàs, Les, Aran, Lleida, Catalunya. 8,5 x 6 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 72. Schorl, amb beril. Mina "Solitaria", Portièro, Arres, Aran, Lleida, Catalunya. C.V. 1,3 cm. Col·lecció i foto: Josep Lluís Garrido.





Figura 73. Schorl, amb quars. Mina "Gamonita", La Gamonita, Castuera, Badajoz, Extremadura. 7,5 x 4,2 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 74. Schorl, amb quars. Cerro de las Minas, Mérida, Badajoz, Extremadura. 9 x 6 cm. Col·lecció i foto: Juan Espino.



Figura 75. Schorl, amb quars. Pedrera "Buraco", Devesa do Rei, Porriño, Pontevedra, Galícia. 5 x 2,9 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 76. Schorl. Cachada de Pedro, Serra de Argallo, O Rosal, Pontevedra, Galícia. 6 x 3,2 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.

Figura 77. Schorl. Escoiras, Silán, Muras, Lugo, Galícia. 9,5 x 6,5 cm. Col·lecció i foto: Joaquín Gar.



Figura 78. Schorl-foitita. Pedrera de Los Taberneros, El Berrueco, Madrid. C.V. 4 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.





Figura 79. Schorl-dravita. Cabeza de Rullueco, Horcajo de la Sierra, Madrid. 9,5 x 2,5 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.



Figura 80. Schorl. Somosierra, Robregordo, Madrid. 6 x 4,4 cm. Col·lecció i foto: Martí Rafel.

Agraïments

A tots aquells que han deixat fotos per a il·lustrar aquest article (els noms apareixen als peus de figura), especialment a Jordi Fabre (Fabre Minerals), Diego Navarro i Martí Rafel. A Jesús Alonso, per facilitar les fotos de peces del Museo de Ciencias Naturales de Álava. A Jordi Ibáñez i Adolf Cortel, per la revisió de l'apartat sobre la determinació de les turmalines. A Joan Manuel Ybarra, per demanar part de les fotos als seus autors. A Marc Campeny, per la traducció del resum.

Referències bibliogràfiques

- BOSI, F.; ANDREOZZI, G.B.; SKOGBY, H.; LUSSIER, A.J.; ABDU, Y.; HAWTHORNE, F.C. (2013): "Fluor-elbaite, $\text{Na}(\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{1.5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{F}$, a new mineral species of the tourmaline supergroup". *American Mineralogist*; vol. 98, pp. 297-303. Disponible a <https://rruff.info/rruff_1.0/uploads/AM98_297.pdf>.
- BOSI, F.; REZNITSKII, L.Z.; SKLYAROV, E.V. (2013): "Oxy-vanadium-dravite, $\text{NaV}_3(\text{V}_4\text{Mg}_2)(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{O}$: Crystal structure and redefinition of the 'vanadium-dravite' tourmaline". *American Mineralogist*; vol. 98, pp. 501-505. Disponible a <https://rruff.info/rruff_1.0/uploads/AM98_501.pdf>.
- BOSI, Ferdinando (2018): "Tourmaline crystal chemistry". *American Mineralogist*; vol. 103, pp. 298-306.
- CALVO REBOLLAR, Miguel (2018): *Minerales y Minas de España. Volumen IX: Silicatos*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas / Fundación Gómez Pardo; pp. 246-265.
- CLARK, C.; HAWTHORNE, F.C.; OTTOLINI, L. (2011): "Fuor-dravite, a new mineral species of the tourmaline group". *The Canadian Mineralogist*; vol. 49, pp. 57-62. Disponible a <https://rruff.info/rruff_1.0/uploads/CM49_57.pdf>.
- DÍAZ G.-MAURIÑO, Carlos (1991): *Diccionario de términos mineralógicos y cristalográficos*. Madrid: Alianza Editorial.
- ERTL, A., HUGHES, J.M., PROWATKE, S., LUDWIG, T., BRANDSTÄTTER, F., KÖRNER, W. & DYAR, M.D. (2007): "Tetrahedrally-coordinated boron in Li-bearing olenite from 'mushroom' tourmaline from Momeik, Myanmar". *The Canadian Mineralogist*; vol. 45, pp. 891-899.
- ERTL, A.; KOLITSCH, U.; DYAR, M.D.; MEYER, H.-P.; ROSSMAN, G.R.; HENRY, D.J.; PREM, M.; LUDWIG, T.; NASDALA, L.; LENGAUER, C.L.; TILLMANN, E.; NIEDERMAYR, G. (2016): "Fluor-schorl, a new member of the tourmaline supergroup, and

- new data on schorl from the cotyple localities". *European Journal of Mineralogy*; vol. 28, pp. 163-177. Disponible a <<https://www.semanticscholar.org/paper/Fluor-schorl%2C-a-new-member-of-the-tourmaline-and-on-Ertl-Kolitsch/343b3c12371f8d55c2abd3109d22e970863dc26c>>.
- GARRIDO RUFASTE, Josep Lluís; YBARRA GRANDE, Joan Manuel (2010). *Nomenclàtor de les espècies minerals*. Barcelona: autors-editors; 376 pp.
 - HÅLENIUS, U.; HATERT, F.; PASERO, M.; MILLS, S.J. (2018): "New minerals and nomenclature modifications approved in 2017 and 2018". *CNMNC Newsletter 41*, a *Mineralogical Magazine*, vol. 82-1, pp. 229-233. Disponible a <https://www.researchgate.net/publication/323481293_IMA_Commission_on_New_Minerals_Nomenclature_and_Classification_CNMNC_NEWSLETTER_41_New_minerals_and_nomenclature_modifications_approved_in_2017_and_2018>.
 - HENRY, D.J.; NOVÁK, M.; HAWTHORNE, F.C.; ERTL, A.; DUTROW, B.L.; UHER, P.; PEZZOTTA, F. (2011): "Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals". *American Mineralogist*; vol. 96, pp. 895-913. Disponible a <https://www.researchgate.net/publication/233530665_Nomenclature_of_the_tourmaline-supergroup_minerals>.
 - MILLS, S.J.; HATERT, F.; NICKEL, E.H.; FERRARIS, G. (2009): "The standardisation of mineral group hierarchies: application to recent nomenclature proposals". *European Journal of Mineralogy*; vol. 21, pp. 1073-1080. Disponible a <<http://cnmnc.main.jp/Mills%20et%20al%202009%20Groups%20EJM%20October.pdf>>.
 - NOVÁK, M.; ERTL, A.; POVONDRA, P.; GALIOVÁ, M.V.; ROSSMAN, G.R.; PRISTACZ, H.; PREM, M.; GIESTER, G.; GADAS, P.; ŠKODA, R. (2013): "Darrellhenryite, Na(LiAl₂)Al₆(BO₃)₃Si₆O₁₈(OH)₃O, a new mineral from the tourmaline supergroup". *American Mineralogist*; vol. 98, pp. 1886-1892. Disponible a <https://rruff.info/rruff_1.0/uploads/AM98_1886.pdf>.
 - REZNITSKII, L.; CLARK, C.M.; HAWTHORNE, F.C.; GRICE, J.D.; SKOGBY, H.; HÅLENIUS, U.; BOSI, F. (2014): "Chromo-alumino-povondraite, NaCr₃(Al₄Mg₂)(Si₆O₁₈)(BO₃)₃(OH)₃O, a new mineral species of the tourmaline supergroup". *American Mineralogist*; vol. 99, pp. 1767-1773. Disponible a <https://www.researchgate.net/publication/273674019_Chromo-alumino-povondraite_NaCr3Al4Mg2Si6O18BO33OH3O_a_new_mineral_species_of_the_tourmaline_supergroup>.
 - RIBA I ARDERIU, Oriol (dir.) (1997): *Diccionari de Geologia*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans / Enciclopèdia Catalana.
 - VAN HINSBERG, V.J., HENRY, D.J., MARSCHALL, H.R. (2001): "Tourmaline: an ideal indicator of its host environment". *The Canadian Mineralogist*; vol. 49, pp. 1-16. A <https://www.researchgate.net/publication/51986050_Tourmaline_An_ideal_indicator_of_its_host_environment>.
 - Web de la base de dades Mindat. Consulta: febrer i març 2020. Disponible a <<https://www.mindat.org>>.
 - Web de la base de dades Mineralienatlas. Consulta: març 2020. Disponible a <<https://www.mineralienatlas.de>>.
 - Web del projecte RRUFF. Original a: LAFUENTE, B.; DOWNS, R. T.; YANG, H.; STONE, N. (2015): *Highlights in Mineralogical Crystallography*. T. Ambruster i R.M. Danisi (eds.). Berlín: Walter de Gruyter. Consulta: febrer i març 2020. Disponible a <<https://rruff.info>>.
 - WEISS, Stefan (2018): *Das grosse Lapis Mineralienverzeichnis*. 7a edició. München: Weise Verlag.

Adreces URL (figures)

- http://minerals.gps.caltech.edu/rossmanite/Czech_Republic_Rozna/Rozna-index.html
- <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uvite-37893.jpg>
- <https://rruff.info/elbaite/display=default/R060003>
- <https://rruff.info/fluor-dravite/display=default/>
- <https://rruff.info/fluor-uvite/display=default/R050172>
- <https://rruff.info/foitite/display=default/R050356>
- <https://rruff.info/olenite/display=default/R120012>
- <https://rruff.info/oxy-dravite/display=default/>
- <https://rruff.info/oxy-schorl/display=default/>
- <https://rruff.info/schorl/names/asc/R050304>
- <https://www.flickr.com/photos/dnishiohamane/23034694055/>
- <https://www.flickr.com/photos/dnishiohamane/23088654241/>

DATA RECEPCIÓ: 21-02-19. DATA ACCEPTACIÓ: 25-02-19. DATA INICI EDICIÓ: 26-02-20.



Elbaïta (possible elbaïta-schorl). Trascastillo, serra de Càrtama, Càrtama, Màlaga, Andalusia. C.V. 1,3 cm.
Col·lecció: Museo de Ciencias Naturales de Álava; foto: Enrique Ortiz de Zárate.