

ÍNDICE

| | <i>Página No.</i> |
|--|-------------------|
| CAPÍTULO 1.0 INTRODUCCIÓN | 01 |
| CAPÍTULO 2.0 SÍNTESIS DE LA GEOLOGÍA DE BOLIVIA | 05 |
| 2.1 El Escudo Precámbrico Boliviano | 07 |
| 2.2 Las Llanuras Chaco-Benianas | 08 |
| 2.3 El Orógeno Andino Boliviano | 09 |
| 2.3.1 La Zona Subandina | 10 |
| 2.3.2 La Cordillera Oriental | 10 |
| 2.3.3 El Altiplano | 12 |
| 2.3.4 La Cordillera Occidental | 13 |
| CAPÍTULO 3.0 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y LITOESTRATIGRÁFICA DE BOLIVIA | 15 |
| 3.1 Geología Estructural | 15 |
| 3.1.1 Precámbrico | 16 |
| 3.1.2 Subandino | 18 |
| 3.1.3 Cordillera Oriental | 19 |
| 3.1.4 Altiplano | 23 |
| 3.1.4.1 Faja Huarina | 24 |
| 3.1.4.2 Dominio Ulloma-Coipasa-Uyuni | 24 |
| 3.1.5 Cordillera Occidental | 26 |
| 3.2 Litoestratigrafía | 27 |
| 3.2.1 Paleoproterozoico. Superunidad del Complejo Granulítico Lomas Manechis, y rocas contemporáneas en el Orógeno | 29 |
| 3.2.2 Mesoproterozoico Inferior. Superunidad de los Complejos metamórficos Chiquitanía (Complejo La Bella), Santa Rita, Río Fortuna y Aventura, y rocas contemporáneas en el Orógeno | 30 |
| 3.2.3 Mesoproterozoico medio. Ciclo San Ignacio, Supergrupo de Esquistos San Ignacio, y rocas contemporáneas en el Orógeno | 32 |
| 3.2.4 Mesoproterozoico Superior. Ciclo Sunsás (1280 - 950 Ma), y Ciclo Brasiliano (950 - 570 Ma) | 34 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.2.5 | Cámbrico Superior-Ordovícico Medio (Llandeiliano): Supersecuencia Tacsara..... | 36 |
| 3.2.6 | Ordovícico Superior (Caradociano)-Devónico medio (Famenniano): Supersecuencia Chuquisaca, y rocas contemporáneas en otras regiones | 37 |
| 3.2.7 | Devónico Superior (Famenniano Superior) - Carbonífero Inferior (Mississippiano): Supersecuencia Villamontes, Faja de sobre-escurrimiento Huarina, y Cuenca Chaqueña | 39 |
| 3.2.8 | Carbonífero Medio/Superior (Pennsylvaniano) - Cretácico medio: Supersecuencia Cuevo, Supersecuencia Serere (Subandino), Supersecuencia Puca A+B (Cordillera Oriental), y rocas contemporáneas en otras regiones | 40 |
| 3.2.9 | Cretácico Superior (Senoniano) – Oligoceno: Supersecuencia Puca C (Cordillera Oriental y Altiplano) | 43 |
| 3.2.10 | Mioceno a Reciente. Supersecuencia Corocoro (Altiplano), Cordilleras Oriental y Occidental, y rocas contemporáneas en otras regiones..... | 44 |
| CAPÍTULO 4.0 MAGMATISMO Y OROGÉNESIS | | 49 |
| 4.1 | Orogenia San Ignacio | 49 |
| 4.2 | Orogenia Sunsás | 49 |
| 4.3 | Orogenia Brasiliana | 50 |
| 4.4 | Orogenia Oclóyica | 50 |
| 4.5 | Orogenia Hercínica | 51 |
| 4.6 | Magmatismo Mesozoico | 52 |
| 4.6.1 | Composición mineralógica de los plutones félsicos | 53 |
| 4.7 | Magmatismo del Paleógeno a Reciente | 54 |
| 4.7.1 | Faja Huarina | 55 |
| 4.7.2 | Campos volcánicos de Morococala y Los Frailes-Kari Kari | 58 |
| CAPÍTULO 5.0 ESTILOS DE MINERALIZACIÓN METALÍFERA Y PRINCIPALES YACIMIENTOS EN BOLIVIA | | 61 |
| 5.1 | Yacimientos Polimetálicos de tipo “Boliviano” | 63 |
| 5.1.1 | Pórfidos estanníferos | 66 |
| | <i>Mina Llallagua</i> | 67 |
| | <i>Mina Chorolque</i> | 70 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.1.2 | Yacimientos asociados con stocks subvolcánicos y/o domos volcanogénicos | 72 |
| | <i>Mina Cerro Rico de Potosí</i> | 73 |
| | <i>Mina San Bartolomé - "Pallacos" del Cerro Rico de Potosí</i> | 77 |
| | <i>Distrito Oruro - Mina San José</i> | 80 |
| | <i>Distrito Polimetálico (Sn-Zn-Pb-Ag) de Cañadón Antequera</i> | 84 |
| | <i>Mina Avicaya</i> | 85 |
| | <i>Distrito Japo-Santa Fe-Morococala</i> | 87 |
| | <i>Mina Colquechaca</i> | 90 |
| | <i>Mina Maragua</i> | 93 |
| | <i>Mina Porco</i> | 94 |
| | <i>Mina Huari Huari</i> | 97 |
| | <i>Distrito de Colavi</i> | 102 |
| | <i>Prospecto Silver Sand</i> | 103 |
| | <i>Prospecto Isca Isca</i> | 105 |
| | <i>Mina Tatasi</i> | 106 |
| | <i>Distrito Animas, Siete Suyos y Chocaya</i> | 109 |
| 5.1.3 | Yacimientos hospedados en rocas sedimentarias | 112 |
| | <i>Mina Huanuni</i> | 113 |
| | <i>Prospecto San Florencio</i> | 116 |
| | <i>Mina Bolívar</i> | 117 |
| | <i>Mina Tasna</i> | 118 |
| | <i>Mina San Vicente</i> | 118 |
| | <i>Prospecto Monserrat</i> | 120 |
| 5.1.4 | Características y modelo conceptual de los yacimientos polimetálicos de tipo "Boliviano" | 122 |
| 5.2 | Yacimientos Vetiformes Polimetálicos Asociados con Plutones Graníticos | 123 |
| | <i>Distrito Polimetálico de Illimani</i> | 126 |
| | <i>Mina Viloco</i> | 127 |
| | <i>Mina Himalaya</i> | 129 |
| | <i>Provincia Polimetálica de Rosario de Araca-Laramcota</i> | 130 |
| | <i>Prospecto Rosario de Araca</i> | 131 |
| | <i>Provincia Polimetálica de Cascabel-Muñecas</i> | 133 |
| | <i>Distrito Polimetálico Chacaltaya-Huayna Potosí</i> | 135 |
| | <i>Mina Kellhuani</i> | 136 |
| | <i>Mina La Solución</i> | 138 |
| | <i>Mina La Chojlla</i> | 139 |
| | <i>Mina Chambillaya</i> | 141 |
| | <i>Distrito de Colquiri</i> | 142 |
| | <i>Mina Colquiri</i> | 144 |
| | <i>Prospecto MallKu Khota</i> | 146 |
| 5.2.1 | Características y modelo conceptual de los yacimientos vetiformes asociados con plutones graníticos | 149 |

| | |
|---|-----|
| 5.3 Yacimientos de Oro Orogénico | 150 |
| 5.3.1 Yacimientos de oro (antimonio) orogénico hospedados en Fajas de Pizarras..... | 151 |
| <i>Distrito Aurífero de Yani-Aucapata</i> | 155 |
| <i>Distrito Aurífero de Apolobamba</i> | 156 |
| <i>Mina Lipichi</i> | 158 |
| <i>Distrito Aurífero Oruro – Challapata</i> | 159 |
| <i>Prospecto San Bernardino (Achachucani)</i> | 160 |
| <i>Mina Iroco (Kori Chaca)</i> | 163 |
| <i>Prospecto Vinto</i> | 165 |
| <i>Distrito Auro-Antimonífero de Amayapampa</i> | 165 |
| <i>Distrito de Cajuata</i> | 167 |
| <i>Mina Los Machos</i> | 169 |
| <i>Distrito Aurífero de Cocapata</i> | 169 |
| <i>Prospecto El Molino-Choquecamata</i> | 170 |
| <i>Prospecto Carma</i> | 170 |
| <i>Distrito de Caracota</i> | 173 |
| <i>Distrito Antimonífero de Chilcobija - Candelaria</i> | 174 |
| <i>Prospecto Copacabana</i> | 176 |
| 5.3.1.1 Características y modelo conceptual de los yacimientos de Au (Sb) orogénico hospedados en fajas de pizarras | 177 |
| 5.3.2 Depósitos de Oro Orogénico relacionados con Formaciones de Hierro Bandeado (BIF) | 179 |
| <i>Prospecto Puquio Norte</i> | 181 |
| <i>Mina La Escarcha</i> | 184 |
| 5.3.2.1 Características de los yacimientos orogénicos relacionados con BIF | 185 |
| 5.3.3 Yacimientos de Oro Orogénico relacionados con zonas de cizalla | 186 |
| <i>Prospecto Medio Monte</i> | 186 |
| <i>Mina Guapurutú</i> | 187 |
| <i>Mina San Simón</i> | 188 |
| 5.3.3.1 Características de los yacimientos de oro orogénico relacionados con zonas de cizalla. | 190 |
| 5.4 Depósitos Epitermales | 191 |
| 5.4.1 Depósitos epitermales de Baja Sulfuración | 194 |
| <i>Distrito Polimetálico de Berenguela</i> | 194 |
| 5.4.2 Depósitos epitermales de Sulfuración Intermedia | 196 |
| <i>Prospecto Orkho Piña</i> | 196 |
| <i>Distrito Argentífero de Carangas</i> | 196 |
| <i>Distrito de Salinas de Garci-Mendoza</i> | 198 |
| <i>Mina Choroma</i> | 200 |

| | |
|--|-----|
| <i>Prospecto Pulacayo</i> | 202 |
| <i>Mina San Cristóbal</i> | 204 |
| <i>Distrito de San Antonio de Lípez</i> | 207 |
| <i>Prospecto Jaquegua</i> | 210 |
| <i>Distrito Esmoraca - Galán</i> | 211 |
| 5.4.3 Depósitos Epitermales de Alta Sulfuración | 212 |
| <i>Prospecto Laurani</i> | 212 |
| <i>Prospecto La Española</i> | 214 |
| <i>Prospecto Cachi Laguna</i> | 215 |
| 5.4.4 Fases epitermales en los yacimientos polimetálicos de tipo “boliviano” | 216 |
| 5.4.5 Depósitos Transicionales | 217 |
| <i>Mina Kori Kollo</i> | 217 |
| <i>Prospecto Lipeña-Lamosa</i> | 220 |
| 5.4.6 Características y modelo conceptual de los yacimientos epitermales | 223 |
| 5.5 Depósito Vetiformes Estratoligados de cobre en “estratos rojos” | 225 |
| <i>Mina Corocoro</i> | 226 |
| <i>Prospecto Antaquira</i> | 229 |
| <i>Mina Cuprita</i> | 231 |
| <i>Mina Avaroa</i> | 231 |
| 5.5.1 Depósitos de cobre en basaltos | 233 |
| 5.5.2 Características de los depósitos vetiformes estratoligados de cobre hospedados en “estratos rojos” | 234 |
| 5.6 Depósitos Vetiformes de Zn-Pb (Ag) en Faja de pizarras | 234 |
| 5.6.1 Franja Norte | 237 |
| <i>Mina Matilde</i> | 237 |
| <i>Distrito de Independencia</i> | 237 |
| 5.6.2 Franja Sud | 238 |
| <i>Distrito de Toropalca-Cornaca</i> | 238 |
| <i>Distrito de Tupiza-Suipacha</i> | 238 |
| <i>Distrito Mojo-Villazón</i> | 240 |
| <i>Distrito San Lucas</i> | 240 |
| <i>Distrito Huara Huara</i> | 240 |
| 5.6.3 Características de los depósitos vetiformes de Zn-Pb (Ag) en faja de pizarras | 242 |

| | |
|--|-----|
| 5.7 Yacimientos de Estilo Óxidos de Hierro, Cobre y Oro (IOCG) | 242 |
| <i>Mina Don Mario</i> | 245 |
| 5.7.1 Características de los yacimientos de tipo IOCG..... | 249 |
| 5.8 Ocurrencias Afines a Mineralizaciones Sedimentario-Exhalativas (SEDEX) | 249 |
| <i>Provincia Cuenca de Tucavaca</i> | 251 |
| 5.8.1 Características y Modelo Conceptual de los Yacimientos de Pb-Zn Sedimentarios Exhalativos “SEDEX” | 252 |
| 5.9 Depósitos de hierro y manganeso en Formaciones de Hierro Bandeado (BIF) | 253 |
| <i>Distrito de El Mutún</i> | 254 |
| 5.9.1 Características y modelo conceptual de los yacimientos de hierro y manganeso en Formaciones de Hierro Bandeado (BIF) de tipo Rapitan | 257 |
| 5.10 Yacimientos de Sulfuros Masivos de Cu-Zn-Au-(Pb) Volcanogénicos (VMS o VHMS) | 257 |
| <i>Prospecto Miguela</i> | 258 |
| 5.10.1 Características y modelo conceptual de los yacimientos de sulfuros masivos de Cu-Zn-Au (Pb) volcanogénicos (VMS o VHMS) | 262 |
| 5.11 Yacimientos de Elementos del Grupo del Platino (y Ni) (EGP) en Intrusiones Ultramáficas y Máficas | 263 |
| <i>Distrito del Complejo Rincón del Tigre</i> | 263 |
| 5.11.1 Características y modelo conceptual de los yacimientos en intrusiones máficas/ultramáficas | 265 |
| 5.12 Ocurrencias Mineralizadas afines a Estilo Mississippi Valley (MVT) | 266 |
| <i>Provincia Cuenca de Tucavaca</i> | 267 |
| <i>Distrito Cuenca de Cuevo, Subandino</i> | 268 |
| 5.12.1 Características y modelo conceptual de los yacimientos de Zn-Pb de estilo Mississippi Valley (MVT)..... | 269 |
| 5.13 Yacimientos Aluvionales y Fluvioglaciales de Oro | 270 |
| Yacimientos Aluvionales..... | 270 |
| 5.13.1 Características de los yacimientos aluvionales de oro..... | 273 |
| Yacimientos Fluvioglaciales | 274 |

| | |
|--|-----|
| 5.14 Otros estilos de mineralización | 274 |
| 5.14.1 Potencial del metal Indio en Bolivia..... | 274 |
| 5.14.2 Estaño en granitos rapakivi en el Precámbrico | 276 |
| 5.14.3 Yacimientos y ocurrencias de tantalio/niobio | 277 |
| 5.14.4 Tierras Raras en Bolivia | 280 |
| Cerro Manomó y Complejo Alcalino de Velasco..... | 280 |
| Elementos de Tierras Raras (ETR) en Cerro Manomó..... | 281 |
| Provincia Alcalina de Ayopaya | 281 |
| Monacita en el yacimiento de Llallagua | 282 |
| Tierras Raras en los Yacimientos de Hierro-Manganeso | 283 |
| Metales críticos en yacimientos epitermales | 284 |
| 5.14.5 Yacimientos de Selenio | 284 |
| 5.14.6 Yacimientos Evaporíticos | 286 |
| 5.14.7 Yacimientos de piedras semi-preciosas | 288 |
| 5.14.8 Ocurrencia de diamantes en Bolivia | 289 |
| 5.14.9 Yacimientos y Ocurrencias de Uranio | 291 |
| 5.14.10 Yacimientos de hierro oolítico..... | 294 |
| 5.14.11 Yacimientos Solfatáricos - Azufre | 295 |
| | |
| CAPÍTULO 6.0 METALOGENIA GENERAL | 296 |
| 6.1 Escudo Precámbrico (Cratón de Guaporé) | 298 |
| 6.1.1 Faja Auro-Manganesífera del Cratón de Paraguá | 299 |
| 6.1.2 Faja Polimetálica de Sunsás | 300 |
| 6.1.3 Faja Ferro-Manganesífera de Mutún-Tucavaca | 302 |
| | |
| 6.2 Llanura Chaco Beniana | 303 |
| 6.2.1 Cuenca Aurífera Amazónica | 303 |
| | |
| 6.3 Andes Centrales | 305 |
| 6.3.1 Faja Polimetálica del Altiplano y de la Cordillera Occidental | 308 |
| 6.3.1.1 Oligoceno Superior - Mioceno Inferior | 308 |
| 6.3.1.2 Mioceno Medio/Superior - Plioceno inferior | 309 |
| 6.3.2 Faja Estannífera | 310 |
| 6.3.2.1 Depósitos estanníferos relacionados con plutones graníticos | 311 |
| 6.3.2.2 Yacimientos polimetálicos de tipo boliviano | 313 |
| 6.3.2.3 Clasificación de los depósitos de estaño relacionados con plutones graníticos | 317 |
| 6.3.2.4 Marcos tectónicos de los depósitos de estaño relacionados con plutones graníticos | 318 |
| 6.3.3 Faja Auro-Antimonífera | 319 |
| 6.3.3.1 El cinturón de oro orogénico de Circum-Gondwana | 323 |
| 6.3.4 Faja Plumbo-Zinquífera | 324 |

| | |
|--|-----|
| 6.4 Control Estructural de la mineralización en las fajas metalogénicas | 327 |
| 6.4.1 Precámbrico | 327 |
| 6.4.2 Subandino | 329 |
| 6.4.3 Cordillera Oriental | 329 |
| 6.4.4 Altiplano | 329 |
| 6.4.5 Cordillera Occidental | 329 |
| 6.5 Modelo conceptual de las mineralizaciones en Bolivia | 329 |
| | |
| CAPÍTULO 7.0 RECURSOS METALÍFEROS DE BOLIVIA | 331 |
| 7.1 Recursos Metalíferos Globales | 332 |
| 7.2 Recursos Metalíferos en Bolivia | 333 |
| 7.2.1 Cordillera Occidental de Los Andes | 333 |
| 7.2.2 Altiplano | 335 |
| 7.2.2.1 Altiplano Norte y Central | 335 |
| 7.2.2.2 Altiplano Sud | 337 |
| 7.3 Cordillera Oriental | 338 |
| 7.3.1 Segmento Norte | 338 |
| 7.3.2 Segmento Central | 340 |
| 7.3.3 Segmento Sud | 340 |
| 7.4 Subandino | 341 |
| 7.5 Llanura Chaco-Beniana | 341 |
| 7.6 Precámbrico | 341 |
| 7.7 Estimación de los Recursos Metalíferos de Bolivia | 345 |
| 7.7.1 Estimación de los recursos de los principales yacimientos de Bolivia | 345 |
| 7.7.2 Proyectos Mineros | 347 |
| 7.7.3 Superciclos de los metales | 348 |
| 7.7.4 Tendencias mundiales en la exploración de minerales | 349 |
| | |
| CAPÍTULO 8.0 SINOPSIS | 355 |
| 8.1 Descubrimiento de yacimientos | 355 |
| 8.2 Marco Histórico | 356 |

8.4 Estilos de Mineralización 356

CAPÍTULO 9.0 REFERENCIAS

ANEXOS

Anexo 1. Estimación de los Recursos minerales en las Unidades Morfo-estructurales de Bolivia

Anexo 2. Principales yacimientos de Sn, Zn, Pb, Ag, Au, Cu, Sb, W y Bi en Bolivia

Anexo 3. Reseña Histórica de la Minería y de la Exploración Minera en Bolivia

LISTA DE FIGURAS

- 2.1 Unidades morfo-estructurales de Bolivia.
- 2.2 Geología Simplificada del Precámbrico Boliviano.
- 2.3 División de la Cordillera Oriental.
- 3.1 Reconstrucción del Supercontinente en el Proterozoico Superior.
- 3.2 Sistema de fallas, triple fractura y faja Huarina.
- 3.3 Modelo de acortamiento cortical.
- 3.4 Correlación entre unidades proterozoicas del Cratón de Guaporé.
- 3.5a Sección estratigráfica para el Caradociano Superior y Fammeniano Medio.
- 3.5b Evolución simplificada del Cámbrico Superior – Devónico Superior.
- 3.6 Sección estratigráfica del Carbonífero y Pérmico.
- 3.7a Secuencia estratigráfica simplificada para el Triásico Medio y Jurásico Medio.
- 3.7b Sección estratigráfica simplificada para el Jurásico Superior-Eoceno Inferior.
- 3.8 Cuadro de correlación de rocas del Paleógeno y Neógeno del Altiplano boliviano.
- 4.1 Dominios estructurales en el Orogeno Andino.
- 4.2 Campos volcánicos de Morococala y Frailes.
- 5.1 Ubicación de los yacimientos de tipo boliviano en relación a la Faja Estannífera.
- 5.2 Estructura mineralizada de estaño y plata en el Cerro Rico de Potosí.
- 5.3 Plano geológico simplificado y perfil transversal del yacimiento estannífero de Llallagua.
- 5.4 Stock riódacítico La Salvadora-Llallagua.
- 5.5 Stock dacítico de Chorolque.
- 5.6 Perfil geológico transversal con las estructuras mayores en el yacimiento de Chorolque.
- 5.7 Domo riódacítico de Cerro Rico de Potosí.
- 5.8 Perfil esquemático geológico del yacimiento de Cerro Rico de Potosí.
- 5.9 Brechas de colapso asociado con una intrusión porfídica en el Cerro Rico de Potosí.
- 5.10 Geología del Cerro Rico de Potosí y ubicación de los “pallacos”.
- 5.11 Pallacos de gravas dacíticas, tobas y/o arcosas provenientes del Cerro Rico.
- 5.12 Vetas aflorantes en mina San José de Oruro.
- 5.13a Plano geológico y estructuras mineralizadas en el yacimiento de Oruro.
- 5.13b Perfil geológico transversal en el yacimiento de Oruro.
- 5.14 Paragénesis Mineral en el distrito de Oruro.
- 5.15 Distrito Cañadón Antequera.
- 5.16 Plano y perfil geológico del Distrito Cañadón Antequera.
- 5.17 Plano geológico del Distrito Japo, Morococala y Santa Fe.
- 5.18 Secuencia paragenética en el Distrito de Santa Fe.
- 5.19 Vetas principales en el yacimiento de Colquechaca.
- 5.20 Muestreo de roca en Socavón Begonia, mina Colquechaca.
- 5.21 Mapa geológico del Distrito de Colquechaca.
- 5.22 Vista al oeste del yacimiento de Maragua.
- 5.23 Plano geológico simplificado del yacimiento de Porco.
- 5.24 Vista de la veta Antón Bravo en el depósito polimetálico de Huari Huari.
- 5.25 Mapa geológico de Mina Huari Huari.
- 5.26 Secuencia paragenética de la mineralización hipógena del distrito de Huari Huari.
- 5.27 Mapa y perfil geológico en el yacimiento de Colavi.
- 5.28 Plano geológico y de muestreo del yacimiento de Silver Sand.
- 5.29 Vista del Complejo ígneo de Isca Isca.
- 5.30 Vista aérea del yacimiento de Tatasi-Portugalete.
- 5.31 Mapa geológico del Grupo Quechisla.

Lista de Figuras (cont.)

- 5.32 Mapa geológico del yacimiento de Tatasi.
- 5.33 Mapa geológico del Distrito Animas-Siete Suyos-Chocaya.
- 5.34 Vista del Cerro Pozoconi en el yacimiento de Huanuni.
- 5.35 Mapa geológico del yacimiento de Huanuni.
- 5.36 Mapa geológico del yacimiento de San Vicente.
- 5.37 Evolución esquemática de los yacimientos asociados con pórfidos estanníferos.
- 5.38 Modelo conceptual de la formación de una caldera volcánica.
- 5.39 Modelo conceptual de los yacimientos polimetálicos de tipo boliviano.
- 5.40 Yacimientos de estilo polimetálico vetiforme asociado con plutones graníticos.
- 5.41 Mapa geológico del distrito de Viloco.
- 5.42 Paragénesis mineral en el yacimiento de Viloco.
- 5.43 Vista de la Cordillera Quimsa Cruz (Plutón Tres Cruces) y mina estañífera Viloco.
- 5.44 Mina Laguna Sudamérica de metales base (Zn Pb) y menor Sn.
- 5.45 Plano estructural y de la mineralización en el yacimiento de Rosario de Araca.
- 5.46 Mapa geológico regional de la Provincia polimetálica de Cascabel-Muñecas.
- 5.47 Vista panorámica del yacimiento estannífero de San José de Ayata.
- 5.48 Formación Catavi y plutón de Huayna Potosí.
- 5.49 Diagrama esquemático de la secuencia mineral en el Distrito de Kellhuani.
- 5.50 Mapa y perfil geológico del yacimiento de La Chojlla.
- 5.51 Vista del yacimiento wolframífero de Chambillaya.
- 5.52 Dique argilizado con scheelita en mina Chambillaya.
- 5.53 Campamento en mina Colquiri.
- 5.54 Mapa geológico del yacimiento de Colquiri.
- 5.55 Modelo de yacimientos vetiformes asociados con plutones.
- 5.56 Modelo conceptual para los yacimientos relacionados con intrusiones.
- 5.57 Mapa de ubicación de la Faja Auro-antimonífera de Bolivia.
- 5.58 Mapa geológico del Distrito Aurífero de Yani.
- 5.59 Cordillera de Apolobamba.
- 5.60 Mapa geológico del Distrito Aurífero de Apolobamba.
- 5.61 Mapa geológico y geoquímico entre Oruro y Challapata.
- 5.62 Vetas y vetillas de cuarzo-pirita-oro en el prospecto San Bernardino (Achachucani).
- 5.63 Mapa simplificado del prospecto San Bernardino (Achachucani).
- 5.64 Vista de la operación a cielo abierto de mina Kori Chaca.
- 5.65 Vetillas laminadas (sheeted zone) en el yacimiento de Amayapampa.
- 5.66 Perfil de una zona estructural mineralizada en el yacimiento de Amayapampa.
- 5.67 Mapa geológico del Distrito de Cajuata.
- 5.68 Areniscas sericitizadas y argilizadas en el yacimiento de Au (Sb) de Carma.
- 5.69 Paragénesis mineral en el yacimiento de Carma.
- 5.70 Mapa geológico simplificado del yacimiento de Carma.
- 5.71 Vetas y vetillas de cuarzo en el yacimiento de Carma.
- 5.72 Vista del ingenio metalúrgico y de labores mineras en mina Chilcobija.
- 5.73 Mapa geológico-estructural del yacimiento antimonífero de Chilcobija.
- 5.74 Vista del yacimiento de oro orogénico de Copacabana.
- 5.75 Modelo conceptual de los yacimientos de Au (Sb) hospedados en fajas de pizarras.
- 5.76 Formación de Hierro Bandeado (BIF) en zona de cizalla en Puquio Norte.
- 5.77 Mapa geológico del nivel 492 m, Puquio Norte.
- 5.78 Bosquejo geológico de la estructura principal en el prospecto San Simón.
- 5.79 Vetas de cuarzo aurífero laminado en zona de cizalla en el yacimiento de San Simón.

Lista de Figuras (cont.)

- 5.80 Ubicación de yacimientos epitermales en la Cordillera Occidental y el Altiplano.
- 5.81 Secuencias volcánicas oligo-miocenas en el Cerro Berenguela.
- 5.82 Mapa geológico del Distrito de Berenguela.
- 5.83 Mapa geológico del prospecto Carangas.
- 5.84 Mapa geológico del Distrito de Salinas de Garci Mendoza.
- 5.85 Mapa geológico de Choroma.
- 5.86 Secuencias vulcano-sedimentarias falladas en el yacimiento de Pulacayo.
- 5.87 Modelo idealizado del yacimiento de Pulacayo.
- 5.88 Operación a tajo abierto Jayula en mina San Cristóbal.
- 5.89 Plano y perfil geológicos del proyecto San Cristóbal.
- 5.90 Sección transversal conceptual de la geología y mineralización en San Cristóbal.
- 5.91 Secuencias vulcano-sedimentarias terciarias en Cerro San Antonio de Lipez.
- 5.92 Mapa geológico del Distrito de San Antonio de Lipez.
- 5.93 Mapa geológico y de alteraciones en el prospecto Jaquegua.
- 5.94 Mapa geológico simplificado y de alteraciones hidrotermales en el prospecto Laurani.
- 5.95 Mapa geológico en el prospecto La Española.
- 5.96 Mapa geológico en el Distrito la Joya – Kori Kollo.
- 5.97 Domo dacítico de Kori Kollo.
- 5.98 Complejo volcánico riodacítico de Cerro Bonete.
- 5.99 Mapa geológico y de alteraciones hidrotermales en el prospecto Lipeña-Lamosa.
- 5.100 Brechas hidrotermales en el sistema mineralizado de Lipeña-Lamosa.
- 5.101 Modelo conceptual para yacimientos epitermales.
- 5.102 Etapas sucesivas en la evolución de domos volcanogénicos en Bolivia.
- 5.103 Yacimientos de cobre en estratos rojos en el Altiplano y la Región de Lipez.
- 5.104 Explotación de cobre en el yacimiento de Corocoro.
- 5.105 Perfil geológico de Corocoro.
- 5.106 Mina Elena, explotación de cobre.
- 5.107 Mapa geológico del yacimiento Elena (Antaquira).
- 5.108 Mineralización cuprífera “mantiforme” en mina Avaroa.
- 5.109 Ubicación de los yacimientos de Zn-Pb-(Ag) en faja de pizarras.
- 5.110 Yacimientos de Zn-Pb-(Ag) en la parte sud de la Cordillera Oriental de Bolivia.
- 5.111 Filón Toropalca en zona de cizalla.
- 5.112 Perfil geológico del Filón Toropalca.
- 5.113 Estructura de Zn-Pb con texturas bandeada y “escarapela” en el prospecto Cornaca.
- 5.114 Ubicación de los principales yacimientos en el Precámbrico boliviano.
- 5.115 Mina Don Mario a mediados de la década del 2000.
- 5.116 Mapas geológicos regionales y locales de Mina Don Mario.
- 5.117 Mapa geológico del sudeste del Precámbrico boliviano y perfiles de Tucavaca.
- 5.118 Modelo Conceptual de mineralizaciones de tipo SEDEX.
- 5.119 Cerro_Mutún. Fe en BIF de tipo Rapitan.
- 5.120 Mapa y perfiles geológicos en el yacimiento de Fe-Mn de El Mutún.
- 5.121 Prospecto de estilo VMS en Miguela y en segundo plano, domo félsico El Bagre.
- 5.122 Mapa y perfil geológico del prospecto VMS de Miguela en el Precámbrico boliviano.
- 5.123 Modelo conceptual para los yacimientos de estilo VMS.
- 5.124 Mapa geológico del Complejo Rincón del Tigre.
- 5.125 Modelo de yacimientos de EGP en intrusiones máficas y ultramáficas estratiformes.
- 5.126 Modelo conceptual para yacimientos de estilo MVT y SEDEX.
- 5.127 Principales distritos aluvionales y coluvio-glaciales auríferos en Bolivia.

Lista de Figuras (cont.)

- 5.128 Operaciones de oro aluvional en Tipuani.
- 5.129 Mapa simplificado del Precámbrico con la ubicación de granitos rapakivi.
- 5.130 Laguna Verde en el Altiplano sud de Bolivia.
- 5.131 Principales lagos y salares de Bolivia.
- 5.132 Mapa de ubicación de los principales yacimientos y ocurrencias de uranio en Bolivia.
- 6.1 Modelo de Formaciones de Hierro Bandeado de tipos Algoma y Rapitan.
- 6.2 Bosquejo geológico y de la mineralización en el Precámbrico boliviano.
- 6.3 Ubicación de estilos de mineralización en ambientes intracontinental y epicontinental.
- 6.4 Zonación Metalífera en los Andes Centrales.
- 6.5 Provincias metalíferas de Bolivia.
- 6.6 Fajas metalíferas y sistema de fallas.
- 6.7 Supercontinente Gondwana.
- 6.8 Perfil de la subducción de placas y su relación con los yacimientos de Bolivia.
- 7.1 Clasificación de recursos y reservas de mineral
- 7.2 Yacimientos epitermales y calderas volcánicas en los Andes Centrales.
- 7.3 Imagen satelital del segmento central-sud de la Cordillera Occidental y del Altiplano.
- 7.4 Mapa geológico simplificado y mineralizaciones en el Orógeno Boliviano.
- 7.5 Mapa geológico del Distrito La Bella.
- 7.6 Mapa geológico del Cerro Manomó.
- 7.7 Mapa de Áreas Prospectivas para yacimientos metalíferos en Bolivia.
- 7.8 Consumo mundial de metales.

LISTA DE TABLAS

- 2.1 Columna estratigráfica-metamórfica del basamento metamórfico en el Precámbrico Boliviano.
- 3.1 División de la litoestratigrafía de Bolivia.
- 3.2 Crono-estratigrafía del Escudo Precámbrico Boliviano.
- 3.3 Resumen de la evolución del Precámbrico Boliviano en el Proterozoico.
- 5.1 Estilos de mineralización y principales yacimientos metalíferos de Bolivia.
- 5.2 Estimación preliminar de las reservas del Cerro Rico.
- 5.3 Resultados de estudios de inclusiones fluidas en el yacimiento de Porco.
- 5.4 Resultados relevantes de perforaciones a diamantina realizadas por JICA y COMIBOL (1977-1979) en el yacimiento de Tatasi.
- 5.5 Clasificación de los recursos minerales en mina San Vicente.
- 5.6 Resultados de la perforación en la Zona Mikaya, Mina La Solución.
- 5.7 Resultados de muestreo en el Nivel -60 en mina La Chojlla.
- 5.8 Intercepciones relevantes en los pozos de perforación en el prospecto Cachi Laguna.
- 5.9 Intercepciones relevantes del programa de perforación en Lipeña-Lamosa, 2006.
- 5.10 Reservas probadas y probables en Mina Don Mario.
- 5.11 Contenido promedio de la mineralización en el yacimiento de Miguela, Zona A.
- 5.12 Comparación de valores de paladio en muestras de pozos de perforación por Emicruz y valores más relevantes en suelos.
- 5.13 Datos acerca de los depósitos de Sn, Ta y W del Escudo Precámbrico de Bolivia.
- 6.1 Control Estructural de las Fajas Metalogénicas.
- 7.1 Estimación de los recursos metálicos en los principales yacimientos de Bolivia.

Lista de Tablas (cont.)

- 7.2 Portafolio de Proyectos Mineros con mayor Grado de Desarrollo; ventas proyectadas e inversiones aproximadas (U.S. \$ Millones).
- 7.3 Portafolio de Proyectos Mineros con menor Grado de Desarrollo.
- 7.4 Prospección, exploración, desarrollo y explotación minera por COMIBOL.
- 7.5 Proyectos presentados por el MMM en Toronto 2017.
- 8.1 Distribución de estilos de mineralización en provincias, distritos, yacimientos y prospectos en las unidades morfo-estructurales de Bolivia, mencionados y/o descritos en el libro.

Capítulo 1.0 Introducción

Bolivia ocupa un territorio de 1.098.581 km², el cual está dotado de una extraordinaria riqueza de plata y estaño, y de otros metales como oro, plomo, zinc, bismuto, antimonio, wólfram, paladio, cobre, tantalio, niobio, cromo, litio, indio, níquel, uranio y tierras raras. Esa amplia y diversa gama metalífera se encuentra hospedada principalmente en el Orógeno Andino y en el Precámbrico, que en conjunto representan el 60% del territorio boliviano.

El uso de metales en herramientas, utensilios y ornamentos se remonta a las primeras civilizaciones que lo habitaron (Culturas Viscachani, Chiripa, Tiwanacu), y posteriormente al Incario (Siglos XII - XVI). En el siglo XVI, la conquista por la corona española, de los pueblos y las tierras del Collasuyo (región entre Cusco-Perú, el Altiplano de Bolivia, el norte y centro de Chile y noroeste de Argentina) se debió a sus inmensos recursos minerales, particularmente a los argentíferos y auríferos, los primeros extraídos en el mayor yacimiento de plata del mundo, Cerro Rico de Potosí, en Oruro, Porco (explotado también por los incas), Aullagas (Colquechaca), Santa Isabel, Mesa de Plata, Berenguela, etc., y los auríferos provenientes de yacimientos aluvionales como Larecaja, Tipuani y Río Choqueyapu, y de depósitos primarios como Iroco (Oruro), Sepulturas, Chayanta, Río San Juan en Lípez y Chilco (Barba, 1640).

Durante la etapa republicana (1825-Presente), la minería es protagonista de la historia social, económica y política del país, con énfasis en los eventos mundiales como la primera revolución industrial (1760 - 1850); el auge de la plata (1873-1893); la Guerra del Pacífico (1879); la Segunda Revolución Industrial (1880-1914); el descubrimiento del yacimiento de Llallagua (1895); la primera Guerra Mundial (1914-1918); el apogeo del estaño (1915-1935); la Guerra del Chaco (1933-1935); la Segunda Guerra Mundial (1939-1945); la Nacionalización de las Minas (1952); el repunte del precio del estaño

(1970-80); la crisis del estaño y social-económica y del estaño (1985-1986); el auge de la exploración (1990-1998) y el reciente “superciclo” de las materias primas (2004-2014).

Aunque todos los mencionados acontecimientos causaron un gran impacto en el país, la relativamente reciente “crisis del estaño de 1985-1986,” marcó un nuevo rumbo social - económico en Bolivia, aún vigente en nuestro días, que se debió entre otros factores a la depreciación del estaño clave en la economía del país, y la insostenibilidad de las operaciones deficitarias de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), con el consecuente desempleo y la resultante migración de ex-trabajadores mineros y población civil hacia las ciudades, donde formaron en muchos casos, extensos cinturones de pobreza.

Como ocurre en los ciclos de la minería, a principios de la década de 1990, se produce un nuevo repunte de las cotizaciones de los minerales, que resulta en el retorno sucesivo y gradual de una mayoría de los ex-trabajadores a los centros mineros, quienes, a través de cooperativas mineras, suscriben contratos de arrendamiento con COMIBOL, para retomar las actividades mineras.

Adicionalmente, la recuperación del precio del oro y de otros metales, el redescubrimiento de Kori Kollo, y una política de promoción internacional del país, incentivó a una intensiva exploración en Bolivia, con el nuevo objetivo de una minería diversificada y masiva (de baja ley y altos tonelajes) de varios metales como oro, zinc, plata, plomo, etc.; como nueva alternativa y/o complemento a la minería tradicional vetiforme (de alta ley y bajos tonelajes) mayormente de estaño.

El auge de la exploración a principios de 1990 tuvo como actores a más de 50 empresas internacionales y nacionales (Anexo 3), que resultó en el descubrimiento y/o redescubrimiento de nuevos yacimientos minerales económicamente explotables en Bolivia, tales como Puquio Norte (Au), Don Mario (Au-Ag-Cu), San Simón

(Au) y Miguela (Cu, Zn, Au) en el Precámbrico; San Cristóbal (Zn-Ag-Pb), Iroco (Kori Chaka, Au), Vinto (Au) y San Bernardino (Au) en el Altiplano; San Bartolomé (Ag), Amayapampa-Capacirca (Au) y Lipichi (Au) en la Cordillera Oriental; y Cachi Laguna (Au-Ag), Santa Isabel (Cu-Ag) y Lipeña (Au-Cu-Ag) en la Cordillera Occidental.

La finalización de ese ciclo en 1997 fue producto de la debacle financiera asiática en una primera instancia, la cual se propagó posteriormente a todo el planeta, conocida como la "primera gran crisis de la globalización", que contemporáneamente al fraude de la compañía Bre-X en Indonesia, devastó el sistema de capital minero mundial y paralizó los proyectos de inversión en todos los sectores de la industria principalmente el minero, y específicamente la exploración de minerales que, en gran medida, era desarrollada por empresas "junior" canadienses.

A mediados de 2003, se produce un nuevo rebrote de los precios de los metales, tanto de preciosos (oro y plata) como de no ferrosos (estaño, cobre, plomo, zinc), alcanzando en 2011 sus mayores cotizaciones históricas, cuando entre otros metales, el estaño llegó a valorizar 15 \$us/L.F.; el cobre, 4,45 \$us/L.F.; y el oro, 1.896 \$us/O.T.

Este nuevo período positivo, denominado "Superciclo de las Commodities" o de las materias primas que prevalece por once años (2003-2014) (de la Torre et al., 2016), se debió, en primera instancia, a una creciente demanda de materias primas por los países industrializados, en especial por los emergentes asiáticos como China, con el objetivo de satisfacer la demanda tecnológica mundial; y en una segunda, a la incertidumbre sobre una posible escasez de determinadas commodities a mediano y largo plazo.

Durante el mencionado superciclo, se produce en el mundo un apogeo excepcional de las inversiones, entre otros, en el rubro minero que resultó aparte de distintos logros, en el

descubrimiento de más de 500 nuevos yacimientos metalíferos de metales preciosos, no ferrosos y estratégicos (o "críticos") a escala global (Connolly y Orsmond 2011).

Bolivia no queda exenta del mencionado auge, recibe inversiones en exploración minera de empresas nacionales e internacionales como Newmont Gold Corp., Inti Raymi, Andean Silver, Coeur d'Alene, COMIBOL, EMUSA, South American Silver, Apogee Minerals, Orvana Minerals, Da Capo, Dundee, Eaglecrest, Dowa Mining, Sinchi Wayra, New World, Inti Raymi, Luzon, Vale Rio Doce, Castillian Resources, Votorantim Metais, Essex, y varias otras.

En esta etapa, se concluyó con la exploración de varios yacimientos metálicos y se consolidó la apertura de nuevas minas como Don Mario, San Bartolomé, San Cristóbal y Kori Chaca, y en el incremento substancial y/o positivización de reservas de mineral en varios depósitos, entre otros, en Bolívar, San Vicente, Porco y Huanuni.

Si bien al presente, los precios de los metales se encuentran "ralentizados" y volátiles, se evidencia una tendencia de su incremento progresivo principalmente del oro, lo que ha resultado en la llegada de varias empresas internacionales al país con interés de invertir en minería, entre las cuales se encuentran las chinas: Jungie, Feishang, D-Cobre, Yunan, Jin Kan, Comabol, etc., que exploran y/o explotan oro principalmente en depósitos aluvionales en las cuencas amazónicas; cobre en los yacimientos de Avaroa y Cuprita en el Altiplano, y ocasionalmente polimetálicos.

Asimismo, empresas como: Prophecy Dev. Corp. y New Pacific desarrollan con éxito sus trabajos de exploración en Pulacayo y Machacamarca, respectivamente; y las compañías Panamerican Silver en San Vicente y Eloro Resources en Isca Isca, consolidan sus inversiones en Bolivia. Adicionalmente, existen muchas otras empresas mineras internacionales que expresan un gran interés de invertir en el país.

En cuanto a la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), la misma realiza sus operaciones mineras en los yacimientos de Huanuni, Corocoro, Colquiri, Amayapampa y en las plantas de fundición de Pulacayo y Karachipampa.

Con referencia a otro importante sector minero de Bolivia, el de las cooperativas mineras, el mismo se incrementó de 911 a 1.816 unidades entre 2006 y 2019 (entre ellas, 1.212 cooperativas operan yacimientos auríferos secundarios). Adicionalmente, los socios de las cooperativas ascendieron de 50.000 en 2006 a 120.000 en 2019.

Finalmente, el restante sector minero en Bolivia constituye la minería chica, que cuenta con un número algo mayor a 2.000 titulares mineros y un número similar de áreas solicitadas.

A continuación, se detalla un resumen de los eventos más relevantes en el período 2003-2014, en los campos de inversión, exploración, desarrollo, promoción e investigación de yacimientos minerales, que incluyen las nuevas operaciones que se pusieron en marcha en Bolivia:

Don Mario (Orvana Minerals): Inicia operaciones a mediados de 2003 en la primera de sus dos zonas mineralizadas (LMZ y UMZ), denominada Zona Mineralizada Inferior (LMZ), donde produjo cobre-oro-plata entre 2003 y 2009; posteriormente entre 2009-2011 explota la zona Las Tojas; y finalmente desde 2012 al presente la Zona Mineralizada Superior (UMZ). La capacidad actual de la planta es de 2.000 tpd, con leyes de cabeza de 1,90 g/t Au y 0,82% Cu, y recuperaciones de 94% y 57%, respectivamente (Orvana Minerals, 2017).

San Cristóbal (Andean Silver - Sumitomo Corp.): Comienza sus operaciones a mediados de 2007 produciendo concentrados de zinc-plata y de plomo-plata. En 2009 alcanza su capacidad plena de diseño de la planta con un tratamiento de 40.000 tpd, y en 2016 incrementa su volumen

de tratamiento a 52.000 tpd, que resulta en la producción de 189.800 toneladas de concentrados anuales (Minera San Cristóbal, 2016).

San Bartolomé (Coeur d'Alene - Cooperativas - COMIBOL): Empieza operaciones en mayo de 2008 con una producción anual de aproximadamente 6 millones de onzas de plata con una ley de 4,5 onzas por tonelada. La capacidad de la planta es de 5.600 tpd con una recuperación de 77,5%, y una perspectiva de producción durante el tiempo de vida de la mina, de un total aproximado de 100 millones de onzas de plata en doré (Coeur, 2015).

Kori Chaca (EMIRSA - Newmont Corp.): Inicia operaciones en 2005 y concluye en 2013, tiempo en que se extrajo aproximadamente 0,5 Moz de oro con una ley de 0,6 g/t Au en la zona de óxidos (la única explotada). Se trató 20.000 tpd en una planta de lixiviación por carbón activado (CIL) (EMIRSA común. verbal).

San Vicente (Panamerican Silver-COMIBOL): Entre 2008 y 2009 se concluyó la construcción de la planta de flotación selectiva con capacidad de 950 tpd, que utiliza un proceso de flotación estándar para producir concentrados de plata-zinc y plata plomo. A diciembre de 2014, el recurso total fue estimado en 5 Mt con 366 ppm Ag, 0,33% Pb y 2,68% Zn, cuyo plan de minado y tratamiento contempla una tasa de procesamiento anual de 330.000 toneladas, con lo que la vida de la mina ha sido calculada en 8,2 años (Pan American Silver, 2015).

Consiguientemente, en base a los emprendimientos mineros mencionados, el país produjo a partir de 2008, más de 500 mil toneladas métricas de minerales metálicos, en relación a volúmenes promedio menores a 200 mil toneladas, en años precedentes (MMM, 2009).

Otros yacimientos: Se incrementaron y/o positivizaron las reservas minerales de varios yacimientos tradicionales como Colquiri, Bolívar y Porco, como resultado de una intensiva exploración en los mismos.

Ley Minera: En mayo de 2014, se promulga la nueva ley de minería, en la que se determina, entre otros, que los recursos minerales, cualquiera sea su origen o forma de presentación en el suelo o subsuelo del territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano; cuya administración corresponde al Estado. En la actualidad, la reglamentación de la ley minera todavía está pendiente, lo que en gran medida dificulta su plena implementación.

Promoción de la minería boliviana a nivel internacional: El gobierno boliviano a través de la Presidencia y el Ministerio de Minería y Metalurgia, ha realizado en los últimos años la promoción del potencial minero del país en diversos foros internacionales, con el objetivo de atraer inversiones, tales como en el Foro en Nueva York (2015) y la Convención anual de la Asociación de Prospectores y Desarrolladores de Canadá (PDAC), donde se anuncia un nuevo modelo de crecimiento del país, en base a una interrelación y construcción de respeto y confianza entre inversionistas, las comunidades y el Estado.

Del mismo modo, se pondera la contribución investigativa y académica de centenas de colegas bolivianos y extranjeros, que a través del Colegio de Geólogos de Bolivia (CGB), y en coordinación con las Facultades de Geología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Universidad Técnica de Oruro (UTO), Universidad Tomás Frías (UTF), Servicio de Geología y Minería (SERGEOMIN), Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente (IGEMA - UMSA), Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), otras instituciones y empresas patrocinantes, llevan adelante durante casi 60 años los Congresos Nacionales Geológicos (23 al presente). Asimismo, la de autores como Roberto Arce, Ramiro Suárez-Soruco, Ismael Montes de Oca, Bertrand Heuschmidt, Jorge Espinoza-Morales y Dionisio Garzón, que coadyuvan al conocimiento geológico-minero del país.

Adicionalmente el CGB, que a partir de 2012 cuenta con su primera sede propia en la ciudad de La Paz, que incluye oficinas, biblioteca, centro informático y auditorio, hecha realidad gracias a prolongadas e intensas gestiones y representaciones tanto nacional como internacionalmente, e inaugurada en ocasión del XX Congreso Nacional Geológico, apoya al avance e impulso geocientífico del país, con la realización de cerca de 40 cursos, simposios y seminarios de actualización geocientífica, contando con el apoyo de instituciones internacionales como la Sociedad de Geólogos Economistas (SEG), la Sociedad de Geología Aplicada a Yacimientos Minerales (SGA), y más de 30 instructores nacionales y extranjeros, entre los que se destacan Stewart Redwood y Kevin Heather.