

## DISTRIBUCIÓN

de la riqueza

EN LOS CRIADEROS METALÍFEROS PRIMARIOS EPIGENÉTICOS,

por Juan D. Villarelo.

---

La evolución de las ideas relativas á la génesis de los criaderos minerales, el desarrollo progresivo de los conocimientos en materia tan importante, nos estimula á estudiar, con mejores datos y teorías nuevas, problemas que adunan al interés científico la utilidad industrial. Entre estas cuestiones, que mucho importan á la industria minera, se encuentra, sin duda, la que motiva el siguiente estudio; es decir, la distribución de la riqueza en los criaderos metalíferos.

No me propongo indicar aquí las diversas teorías, hoy aceptadas en el mundo científico para explicar la formación de los criaderos minerales; no pretendo tampoco discutir las distintas clasificaciones de estos depósitos; pero, no siendo partidario de las generalizaciones absolutas en cuestiones de geología aplicada, debo indicar, ante todo, los límites de

1 Véase George F. Beeker.— Monographs of the U. S. Geol. Survey, XII 1888, pág. 387.

mi estudio, y decir que: en estos ligeros apuntes me referiré solamente á los criaderos metalíferos, muy numerosos sin duda, que no resultan de la destrucción de otros pre-existentes, pero que son posteriores á la roca en que *arman*, y han sido formados por la circulación de aguas termominerales; es decir, me ocuparé únicamente de los criaderos metalíferos primarios epigenéticos, y cuya génesis esté de acuerdo con la teoría termal<sup>1</sup>.

Indicados ya los límites de mi estudio, procuraré encaminar éste hacia las siguientes conclusiones. La concentración de la riqueza relativa en los criaderos metalíferos epigenéticos, depende principalmente del carácter físico de la roca de los «respaldos,» y no de la composición química ó mineralógica de esta última. Las diaclasas transversales á la dirección de los criaderos conducen á las zonas de riqueza relativa, las cuales se encuentran generalmente en el cruzamiento de los criaderos con las diaclasas referidas; y por lo mismo, el estudio detenido de las fracturas transversales, algunas casi imperceptibles,<sup>2</sup> permitirá dirigir con economía la exploración de los criaderos metalíferos epigenéticos.<sup>3</sup>

1 Véase Walter Harvey Weed. «The Enrichment of Gold and Silver Veins.» Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, págs. 439-440. E. Fuchs y L. de Launay. «Traité des Gîtes Minéraux et Métallifères» Paris, 1893. Tomo II, pág. 575.

2 Estas son conocidas en términos mineros con los nombres de «relices» y «puertas.»

3 Véase C.R. Van Hise. «Some Principles controlling the deposition of Ores.» Trans, Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, pág. 169.

Muy rara vez se encuentran los minerales uniformemente repartidos en el relleno de un criadero, y casi siempre la mineralización útil se concentra en determinados lugares, formando zonas de enriquecimiento ó «bonanzas,» las cuales están separadas entre sí por tramos pobres ó estériles más ó menos largos. Esta distribución de la riqueza se atribuyó desde época muy remota, hace ya muchos siglos, á la influencia que ejerce la roca de los respaldos sobre el relleno mineral; y, por lo tanto, se distinguieron las rocas consideradas desde este punto de vista, en favorables las unas y desfavorables las otras. Conviene estudiar ahora de qué depende esa influencia de la roca de los «respaldos.»

La formación de un criadero epigenético, hasta quedar constituido, como lo observamos ahora, puede dividirse generalmente en tres períodos: la abertura de la cavidad por la cual circularon las aguas termominerales; el relleno de esta cavidad con el depósito formado por las aguas mineralizadas ascendentes, según la teoría termal; y, por último, la transformación posterior de este relleno por las aguas superficiales, en la zona comprendida desde el afloramiento del criadero hasta las cercanías del nivel hidrostático actual de la región. A los períodos anteriores debe agregarse otro para la mayor parte de los criaderos, que se repite varias veces en muchos de ellos, y es; la reabertura de la cavidad y la formación consecutiva de nuevos rellenos. Estudiaré ligeramente cada uno de estos períodos, para ver cuál es la influencia que ejerce la roca de los respaldos sobre la concentración de los minerales industrialmente útiles.

\*  
\* \*

No creo necesario, para el objeto que me propongo, desarrollar y discutir teorías que explican las deformaciones mecánicas ó dislocaciones que sufren las rocas posteriormente á su enfriamiento, ó á su depósito y consolidación; y me bastará decir que: las fracturas más interesantes son las producidas por acciones tectónicas generales, y principalmente por esfuerzos de presión, cuya resultante tiene por rumbo aproximado el mismo que la bisectriz de los grupos ó sistemas de fracturas producidos por las referidas fuerzas. Estas fracturas, llamadas exokinéticas y de presión, al cruzarse en ángulos variables, forman redes ó mallas, en las cuales se observa un reducido número de direcciones dominantes, y constituyen así los llamados campos de fracturas.

La formación de una fractura no depende solamente de las fuerzas que la originan, sino también de la mayor ó menor fragilidad ó plasticidad de las rocas. La fragilidad es directamente proporcional á la incoherencia de la roca y también al espesor del estrato, y la flexibilidad está, por el contrario, en razón inversa del grueso de las capas y de la rigidez de estas últimas; y por esto es que, en las rocas de cohesión media se forman fracturas bien desarrolladas; en las rocas duras las fracturas son angostas ó se ramalean, y las capas flexibles tienden más bien al plegamiento que á fracturarse por el empuje de una fuerza de presión.

Las fracturas exokinéticas pueden ser cerradas ó abier-

tas, es decir, pueden quedar reducidas á un simple plano de separación de la roca, sin que sus respaldos estén alejados, ó pueden separarse éstos dejando entre sí cierta cavidad, la cual puede constituir la «caja» de un criadero. Para que esta cavidad permanezca abierta y puedan circular por ella las aguas mineralizantes, que con sus depósitos la rellenen, es preciso que la roca sea relativamente dura, pues de lo contrario, al derrumbarse los «respaldos» la cavidad se cierra, y se obstruye á veces, casi por completo, el camino que debe servir para la circulación de las aguas termominerales.

Se comprende por lo anterior que: la formación de las fracturas ó cavidades, y la conservación de éstas, dependen del carácter físico de las rocas. Cuando son éstas muy duras ó elásticas, se fracturan con dificultad, y por lo general las hendiduras se ramalean; en cambio, si es poca la cohesión de la roca, su fracturamiento es relativamente fácil, pero las aberturas se rellenan con los derrumbes de los respaldos, y por lo tanto, las cavidades abiertas en rocas de dureza media son las más apropiadas para servir de «caja» á los criaderos minerales.

El carácter físico de las rocas, su fragilidad ó plasticidad, varía no sólo en las diferentes especies de éstas, sino también en una misma roca; y esto ocasiona cambios no sólo en la potencia y dirección de las fracturas, sino también en su forma, cuando estas hendiduras pasan de una á otra especie de roca, ó en la misma roca al cruzar por tramos de diferente cohesión.

Multitud de hechos confirman las conclusiones anteriores, y entre ellos citaré los siguientes.. En Freiberg; la

cohesión del gneiss permite la formación de hendiduras perfectamente definidas,<sup>1</sup> fracturas que no se desarrollan bien en la mica-pizarra de la región, y que se ramalean al penetrar en el pórfido cuarzífero, por ser éste muy duro.<sup>2</sup> En Cumberland, las fracturas son poderosas y explotables en la caliza, y se ramalean en la arenisca y la pizarra.<sup>3</sup> La afamada Veta Madre de Guanajuato (México) se interrumpe, al tropezar con las rocas eruptivas muy duras del cerro Chichíndaro. En Nagyag (Hungría), las fracturas, son poco poderosas en la traquita anfibólica dura; son poderosas y ricas en la traquita semidura, y se ramalean en la traquita poco dura.<sup>4</sup> Por último, las fracturas abiertas en el granito de Wittichen (Forêt Noire) desaparecen al llegar á las partes duras de la misma roca.<sup>5</sup>

Como dije antes, por las acciones tectónicas generales se producen sistemas de fracturas, y en los cruzamientos de éstas aumenta generalmente la amplitud de la cavidad. La frecuencia de estas intersecciones, así como el mayor ensanchamiento de las fracturas en estos lugares depende, por las razones ya indicadas, del carácter físico de las rocas, y como la mayor amplitud relativa de las cavidades permite, sin duda, mayor depósito mineral, los cruzamientos mencionados pueden influir en la distribución relativa de la riqueza, por lo menos cuantitativamente hablando.

1 H. Muler. *Erzlagerstätten bei Freiberg Cotta's ganstudien*, t. I., 1850, págs. 209-248,

2 Dr. Richard Beck. *Traité des Gisements métallifères*. París 1904. p. 147.

3 Dufrenoy. E. de Beaumont et Perdonnet. *Voyage métallurgique en Angleterre*, París, 1837 y 1839.

4 Alb. Von Groddeck *Traité des Gîtes métallifères*. París, 1884, pág. 222. Véase también Walter Harvey Weed. *Influence of Country Rock on mineral Veins*. *Trans. Am. Inst. Min. Eng.* Tomo XXXI, pág. 636.

5 A. Von Groddeck. *L. c.*, pág. 238.

Como se ve por lo anterior, en el primer período de formación de un criadero epigenético, no interviene la composición química ó mineralógica de la roca de los «respaldos,» pero con el carácter físico de ésta varía la forma<sup>1</sup> y potencia de la cavidad que ha de servir de «caja» al criadero, cavidad que se encontrará en mejores condiciones para la concentración de la riqueza mineral cuantitativa, cuando esté abierta en rocas de dureza media; y también, cuando sea la intersección de dos ó varias fracturas.

Abierta ya la cavidad, puede comenzar el segundo período de formación de un criadero metalífero epigenético, período que paso á estudiar.

Las soluciones termominerales ascendentes circulan no sólo por las fracturas francas y bien desarrolladas, sino también por los huecos irregulares que dejan entre sí los blocks ó fragmentos de roca caídos de los respaldos al interior de las cavidades abiertas en rocas de poca dureza. Las soluciones termomillerales, al circular por los espacios vacíos ya mencionados, pueden obrar sobre la roca de los «respaldos» mecánica y químicamente. Por su acción mecánica ocasionan la erosión de la roca, variable con la dureza de esta última y con la velocidad de la circulación de las aguas; y por su acción química originan reacciones, que varían con la composición de la roca de los «respaldos.»

<sup>1</sup> W. H. Weed. Influence of Country Rock in mineral Veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXXI pág. 653.

Estas dos acciones pueden motivar el ensanchamiento de las cavidades en algunos lugares; sobre todo, cuando es soluble la roca en las aguas mineralizantes, ó cuando puede intervenir ésta en substitutiones metasomáticas; es decir, en cambios, molécula por molécula, entre las sustancias componentes de la roca y los compuestos disueltos en las aguas termales ascendentes, substitutiones que aumentan la potencia del criadero, especialmente cuando el depósito del relleno se verifica con menor velocidad que la alteración de la roca por efecto del metasomatismo.

Entrar en detalles, respecto á las substitutiones metasomáticas y á la manera de relleno de las cavidades, sería muy largo; y, además, este estudio detallado geológico-químico no es del todo necesario para el objeto que hoy me propongo, pues me será bastante decir que: los cambios en la composición química de las rocas pueden motivar reacciones diferentes al obrar éstas como precipitantes de una misma solución metalífera, razón por la cual pueden establecerse á veces relaciones locales entre las rocas de los «respaldos» y la naturaleza del relleno metalífero<sup>1</sup> de las cavidades, y pueden también observarse cambios en la mineralización de una misma fractura, al pasar ésta de una roca á otra de composición química diferente; pero, entre esta composición de la roca y la concentración de la riqueza del criadero, no pueden establecerse relaciones en la mayoría de los casos, y sí se observa, en cambio, en muchas partes, lo que pasa en Santa Elena y la Carolina, en el Distrito de Linares, en donde unas vetas, como las de

<sup>1</sup> George F. Becker. «Geology of the Comstock Lode and the Washoe District Washington,» 1882, pág. 220.



Esperanza y San Gabriel, se enriquecen en el granito y se empobrecen en las pizarras; y, por el contrario, la veta El Castillo, á un kilómetro de distancia solamente de la llamada Esperaza, se enriquece en las pizarras y es estéril en el granito.<sup>1</sup>

Weed, después de hacer un estudio minucioso relativo á la acción que ejerce la roca de los «respaldos» sobre la mineralización de los criaderos, concluye diciendo que: la roca no tiene influencia alguna cuando no interviene en substitutiones metasomáticas; y como estas substitutiones varían con la composición de las soluciones mineralizantes, no se puede establecer ninguna relación general entre ciertas rocas-tipos y los criaderos bien mineralizados.<sup>2</sup>

Según lo anterior, la composición química de las rocas puede influir algunas veces solamente en la naturaleza del relleno metalífero; pero como esa composición, salvo raras excepciones, no varía prácticamente de un lugar á otro de la misma roca, las aguas termominerales ascendentes motivarán las mismas reacciones en todo el trayecto de una fractura abierta en la misma roca; y, por lo tanto, en estos tramos la concentración de la riqueza en zonas bonancibles no dependerá solamente de la composición química de la roca de los «respaldos.»

La riqueza de los tramos bonancibles de un criadero, puede ser cualitativa, cuantitativa, ó ambas á la vez. Para

1 A. O. Wittelsback,—Fragen und Aregungen Z. f. prakt Geol. 1897, pág. 5. Véase también W. H. Weed.—Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo, XXXI, páginas 642, 6416, 649.

2 W. H. Weed.—Influence of Country Rock on Mineral Veins Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXXI, pág. 653 y Am. Jour. af Sic. and Arts, 4.<sup>a</sup> serie. Vol. XIII, pág. 324.

que la riqueza sea cualitativa, se necesita gran extensión de las reacciones químicas que originan el depósito de los compuestos metalíferos, y para que sea cuantitativa, se requiere amplitud del espacio, en el cual tengan que depositarse los referidos compuestos. Ahora bien, la mayor extensión de las reacciones mencionadas se alcanza, por lo que diré en seguida, en los tramos de mayor permeabilidad de la roca de los «respaldos;» en los cuales, la amplitud del espacio para el depósito metalífero será también mayor, si la roca es soluble en el líquido mineralizante y, por lo tanto, los tramos de mayor permeabilidad de la roca de los «respaldos,» son los más á propósito para la concentración de la riqueza relativa de un criadero.

La permeabilidad de una roca, ó sea la propiedad de permitir la circulación de líquidos ó gases en su interior, puede ser debida á su porosidad, es decir, al espacio vacío comprendido entre las partículas de la roca, ó á las grietas que le atraviesen; fracturas éstas que Daubrée ha designado con el nombre de litoclasas, dividiéndolas en paraclasas ó diaclasas, según que exista falla ó sean simplemente fracturas sin desalojamiento relativo, ó salto notable de los «respaldos.<sup>1</sup> La permeabilidad de las rocas debida á su agrietamiento es conocida con el nombre de permeabilidad en grande.<sup>2</sup>

Según lo anterior, los tramos de roca porosa que corte una fractura, así como las cercanías de las intersecciones de ésta con diaclasas transversales, serán zonas de permea-

1 A. Daubrée.—Les eaux souterraines a l'époque actuelle. París, 1887. Tomo 1, páginas 130-143.

2 A. Daubrée.—L. c., página 16.

bilidad en los «respaldos» de la referida fractura. Esta permeabilidad variará en las rocas porosas con la forma y uniformidad de las partículas que las constituyen, y con la cantidad de substancia que sirva para cementarlas; pero, en todos casos, aumentará la permeabilidad en grande con el número y proximidad de las diaclasas que la originen; y la velocidad de circulación interior aumentará con la anchura de estas grietas. Por otra parte, al aumentar la permeabilidad en grande aumenta la superficie de contacto entre la roca y los líquidos que circulan en su interior, y este aumento de superficie acelera, como es bien sabido, la velocidad de disolución de los cuerpos sólidos, y también la extensión de las reacciones químicas entre los sólidos y los líquidos, reacciones que no están sujetas á la ley de las masas ó proporciones relativas, sino al principio de las superficies de separación.<sup>1</sup> Estas leyes son perfectamente conocidas, y no es del caso entrar en mayores detalles.

Indicado lo anterior, se comprende que: cuando las rocas sean solubles en las aguas mineralizantes, como sucede con la caliza, las mayores cavidades se encontrarán generalmente en los cruzamientos de las diaclasas con los planos estratigráficos, y principalmente cuando las grietas transversales al rumbo de las capas estén muy cercanas entre sí formando zonas de diaclasas; y en caso que la roca de los «respaldos» pueda intervenir por su composición química en substituciones metasomáticas, como sucede con la caliza y algunas rocas eruptivas, se concentrará la mineraliza-

<sup>1</sup> James Bottomley.—Mem and Proc. of the Manchester. Lit. and Phyl. Soc. 1889. 4.<sup>a</sup> Tomo II, página 170.—Spring y Van-Aubel.—Mem and etc., etc., página 181.—M. Berthélot,—Mécanique Chimique. París. 1879. Tomo II, pág. 96.

ción útil en los cruzamientos de estas zonas de diaclasas con las fracturas principales.<sup>1</sup> Además, en estos cruzamientos, así como en las rocas porosas, no solamente pueden activarse las substituciones metasomáticas y la disolución de la roca de los «respaldos,» sino que se verifican también reacciones químicas, en las cuales no intervienen estas rocas, y que motivan el depósito de los compuestos metalíferos, como indicaré en seguida.

Las fracturas de las rocas no son de igual anchura, y las diaclasas, tantas veces mencionadas, son, por lo general, angostas, capilares.<sup>2</sup> Esta diferencia en el ancho de las fracturas ocasiona cambios en la velocidad de la circulación de las aguas que pasen por ellas, pues, á medida que las grietas son más angostas, aumenta la fricción entre la roca de los «respaldos» y la columna líquida, y disminuye, por lo mismo, la velocidad de la circulación. Esta desigual resistencia ocasiona que el agua, en su trayecto subterráneo, tienda á pasar, de las grietas más estrechas, capilares, hacia las fracturas más amplias, que son líneas de menor resistencia. Ahora bien, al circular las soluciones termominerales ascendentes por las fracturas de la roca, encontrarán á las aguas superficiales en su circulación descendente; pero como la componente vertical del movimiento de estas últimas tiene la misma dirección que la gravedad, y es de dirección contraria la componente vertical del movimiento hacia arriba de las aguas mineralizadas, las primeras circularán descendiendo con menos dificultad por las

1 C. R. Van Hise— L. c., páginas 89-90.

2 Véase Alfred Daniell.—Text-book of Physics. 3.<sup>a</sup> edición, 1894, páginas 277-316.

grietas capilares, que si ascendieran por éstas las soluciones mineralizantes. Por este motivo, las aguas superficiales bajarán por las diaclasas capilares ya mencionadas, siguiendo á veces un trayecto horizontal; pero tendiendo siempre á llegar á las fracturas más abiertas para volver al exterior juntas con las aguas termominerales, las cuales seguirán de preferencia las fracturas amplias por el motivo ya indicado. Esta idea la expresa Van Hise en los siguientes términos: «*the larger opening are more extensively used by the upward moving water than by the downward moving water.*»<sup>1</sup> Establecida la circulación de las aguas como queda dicho, los cruzamientos de las diaclasas transversales con la fractura principal, serán muchas veces las zonas en que se mezclen las aguas superficiales descendentes con las mineralizadas ascendentes; y como las primeras, por las sustancias que contienen en disolución, ocasionan depósitos metalíferos al obrar sobre las soluciones minerales, estas zonas de cruzamiento, en donde pueden mezclarse las dos referidas aguas, serán muchas veces regiones de precipitación metalífera, y por lo mismo, de enriquecimiento útil de los criaderos.

Las reacciones químicas que tuvieron verificativo al mezclarse las aguas superficiales con las termominerales ascendentes, si bien es cierto que no son muy complicadas, en cambio, variaron, como se comprende sin dificultad, con la composición de las aguas mineralizantes. Estas reacciones las he estudiado ya para el caso especial de los criaderos de mercurio,<sup>2</sup> y tal vez me ocuparé más adelante

1 C. R. Van Hise.-L. c., página 61. Véase también F. Posepny. The Genesis of Ore Deposits. New York, 1902, páginas 27, 28.

2 J. D. Villarelo. Génesis de los Yacimientos Mercuriales de Palomas y Huitzuc. Memorias de la Sociedad Científica, «Antonio Alzate.» Tomo XIX, 1902-1903, pág. 117.

de las relativas á otros criaderos; pero ahora me bastará decir con Van Hise, que: el factor más importante de los que intervienen en el depósito de los minerales, es la mezcla de soluciones de composición diferente.<sup>1</sup>

De lo expuesto puede concluirse que: al diferenciarse la mineralización primitiva se concentrará ésta en zonas de enriquecimiento cuantitativo, y á veces también cualitativo, en las uniones de las fracturas ramificadas, y en los cruzamientos de diaclasas en rocas solubles; y la concentración será cualitativa en las zonas permeables de la roca de los «respaldos,» principalmente en las cercanías de las intersecciones de las zonas de diaclasas con las cavidades que constituyen la «caja» del criadero. Lo anterior debe entenderse en términos generales, pues ni todas las uniones de las fracturas ramaleadas serán zonas de enriquecimiento cuantitativo, ni todos los cruzamientos de diaclasas serán zonas bonancibles; pero cuando las primeras se encuentren en rocas que, como la caliza, puedan intervenir en substituciones metasomáticas, se encontrará en esas reuniones una concentración relativa de riqueza, lo mismo que en los tramos porosos y en los cruzamientos de las diaclasas, cuando haya habido circulación de aguas superficiales en estos lugares.

En comprobación de lo anterior podría citar muchas observaciones,<sup>2</sup> pero creo bastante limitarme á las siguien-

1 C. R. Van Hise. L. c., pág. 86.

2 Véase E. Fuchs y L. de Launay, L. c., págs. 613, 620, 631, 693, 773, 787, 789, 917, 933 y 949. J. A. Rickard. The Formation of bonanzas in the upper Portions of Gold Veins Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, pág. 211 á 218. Philip Argael. Notes on the Santa Eulalia Mining District Chihuahua, México. Proce. of the Colorado Scien Society. Vol. 7, pág. 118

tes, en las que por desgracia no está especificado si la riqueza es primaria ó secundaria; pero como la concentración de esta última se verifica también, como diré después en las zonas porosas y en los cruzamientos de las diaclasas principalmente, estas observaciones servirán para comprobar lo anterior y también lo que diré después al ocuparme de las remociones y enriquecimientos secundarios del relleno primitivo.

En Zellerfeld no se ha observado en ninguna parte una influencia apreciable de la roca de los «respaldos» sobre la mineralización, pero las zonas más ricas se encuentran en las bifurcaciones de las vetas principales.<sup>1</sup>

En los criaderos plumbo-argentíferos de Eureka (Nevada), la distribución del mineral ha dependido del carácter físico de la roca de los «respaldos,» y no de su composición química ó mineralógica; las partes bonancibles se encuentran en los lugares hendidos de la caliza, y la forma de los criaderos depende de los cambios en la permeabilidad de esta roca.<sup>2</sup>

En el Distrito Schneeberg, en Sajonia, las reuniones de las venas cobaltíferas son generalmente ricas, y en algunas de ellas se han encontrado masas notablemente ricas.<sup>3</sup>

En Freiberg y en Clausthal los enriquecimientos cualitativos se encuentran en las reuniones de dos, ó varias vetas principales,<sup>4</sup> y en los cruzamientos de éstas.<sup>5</sup>

1 Alb Von Groddeck. L. c., pág. 313.

2 J. S. Curtís. Silver Lead Deposits of Eureka Nevada :Monographs of the U. S. Geol. Survey. Vol. VII. 1884, págs. 70, 75 y 139.

3 Dr. Richard Beck. Traité de Gisements métallifères. Paris 1904, p. 399.

4 R. Beck. L. c., págs. 449-450.

5 Müller L. c. pág. 269.

Las vetas cobalto-argentíferas de Joachimstahle. al S. E. del Erzgebirge, se enriquecen en sus cruzamientos,<sup>1</sup> lo mismo que las de Nagiag.<sup>2</sup>

En Siebenbürger, en las minas de Muszari, los cruzamientos de dos sistemas de vetas auríferas han sido muy ricos.<sup>3</sup>

Las vetas de Tatatila, en Zomelahuacán (Veracruz-México), se enriquecen en sus cruzamientos.

La veta cuprífera de Cliff, en el Lago Superior, contiene mineral más rico á medida que es más porosa la roca de los «respaldos.»<sup>4</sup>

En la veta Grüner Gang (Schemnitz), la riqueza se concentra en las cercanías de hendiduras transversales absolutamente estériles.<sup>5</sup>

Las vetas cupríferas del Cantón de Murtschenalp son más ricas en las rocas hendidas que en las compactas.<sup>6</sup>

En las vetas del monte Pareu, Draculm, cerca de Sinka, en las cercanías de Kronstadt (Siebenbürgen), la galena se encuentra solamente en los lugares hendidos del pórfido.<sup>7</sup>

Las vetas de Ems, cerca del Rhin,<sup>8</sup> lo mismo que las auríferas de la cadena de Tanern, cerca de Salzboung, y las de Brandholtz, cerca de Berneck, en el Fichtelgebirge,<sup>9</sup>

1 R. Beck. L. c., pág. 328.

2 íd. íd. pág. 364.

3 íd, íd. pág. 367.

4 íd, íd. pág. 270.

5 Fuchs y L. de Lannay. L. c., pág. 789.

6 A. Von Groddeck. L. c. pág. 266.

7 íd. íd. pág. 240.

8 íd. íd. pág. 309.

9 íd. íd. pág. 278.



se mineralizan en la intersección de hendiduras transversales con las vetas de mayor importancia.

En el Comstock Lode, las lentes y columnas bien mineralizadas son transversales á la dirección de la veta, se extienden más lejos de los límites de ésta, y están en relación con hendiduras de cruzamiento.<sup>1</sup>

En Cripple Creek (Colorado), la riqueza de las vetas auríferas se concentra en los cruzamientos con hendiduras transversales, las cuales limitan á las zonas bonancibles, tanto al rumbo como al «echado».<sup>2</sup>

La veta cupro-estanífera, llamada Old Hervas (Cornwall), se enriquece en las intersecciones con fracturas transversales.<sup>3</sup>

Las vetas de zinc de Laurium (Attique) tienen su mineralización rica en el cruzamiento de dos sistemas de diaclasas.<sup>4</sup>

Las vetas del Distrito mmero de Guanajuato (México) se enriquecen al cortar diaclasas transversales, y son pobres en los lugares en que no existen estas hendiduras en la roca de los «respaldos.»

En la mina Entreprise, cerca de Rico, al S.W. de Colorado, las calizas y areniscas están atravesadas por dos sistemas de fracturas: uno de estos está mineralizado, y el otro sólo contiene en su relleno Cuarzo pobre; pero en la

1 R. Beck. L. c., pag. 376.

2 R. Deck. L. c., pág. 384.

3 E. Fuchs y L. de Launay.—Traité de Gîtes minéraux et métallifères. Paris, 1893. Tomo TI, página 124.

4 E. Fuchs y L. de Launay. L. c., páginas 381-385.—A. Draubrée. L. c., página 107.

intersección de los dos se enriquece la mineralización plomosa del primer sistema.<sup>1</sup>

Los criaderos de Bleiberg, como los de Raibl, son rellenos de cavidades en forma de columnas, y los ejes de éstas se encuentran en el cruzamiento de los planos estratigráficos de la caliza con hendiduras transversales.<sup>2</sup>

La caliza carbonífera de Inglaterra está atravesada, en el Derbyshire y Cumberland, por muchas hendiduras transversales que, en su intersección con los planos estratigráficos, originan criaderos irregulares plomosos, alargados paralelamente á la estratificación.<sup>3</sup>

En Mapimí (México), los criaderos plumbo-argentíferos se encuentran en las intersecciones de los planos estratigráficos de las calizas con hendiduras tectónicas transversales, están limitados por estas diaclasas, y las exploraciones han sido infructuosas en las partes compactas ó poco hendidas de las calizas.

Las vetas de Tombstone, en Arizona, tienen sus mayores riquezas al cortar transversalmente á los planos estratigráficos de las calizas, cuarzitas y pizarras.

Por último, en los criaderos epigenéticos no filonianos, como son las capas mineralizadas, la riqueza no está uniformemente repartida, sino que se concentra también, como dice Beck, en las hendiduras que las atraviesan. Esto se observa en varias partes, entre las cuales citaré la mina San Cristobal, cerca de Breintenbrum.<sup>5</sup>

1 R. Beck.—L. c., pág. 296.

2 Idem, ídem., página 658.

3 A. Von Groddeck.—L. c., página 332.

4 J. A. Church.—The Tombstone Arizona Mining District Trans. Am. Inst. Min. Eng. Mayo 1902.

5 R, Beck. L. c., página 503.

Los tramos más anchos de un criadero, así como las uniones de éste con sus ramales, no serán en todas partes zonas bonancibles; pues, si bien es cierto que por estos lugares la circulación de las aguas mineralizantes es más activa y más larga, si no existe un motivo de precipitación de los minerales extraño á la composición de la roca, no se concentrará la mineralización primaria en estas uniones, ó partes anchas, sino cuando la roca de los «respaldos» puede intervenir en substituciones metasomáticas que originen el depósito metalífero; y, por lo mismo, solamente el estudio de la localidad podrá decidir en cada caso si los lugares referidos serán ó no zonas bonancibles.

Las fracturas del terreno no se distribuyen á la casualidad, sino que, como todos los fenómenos naturales, obedecen á cierto orden. En efecto, las fracturas de un mismo sistema son casi paralelas entre sí, y se agrupan á veces formando zonas. Según esto, y como, por lo general, las partes bonancibles de un criadero se encuentran en algunas de las intersecciones de éste con diaclasas transversales, puede decirse que: en un mismo criadero las partes ricas no están orientadas á la casualidad, sino que forman generalmente una serie de elementos paralelos entre sí, y cuya dirección común puede considerarse como la «buena orientación»<sup>1</sup> en todo el Distrito minero.

Hasta aquí sólo he hablado de la distribución primaria de la riqueza en los criaderos metalíferos epigenéticos á rumbo de éstos, y me falta indicar ahora la diferenciación primaria del relleno á la profundidad, para lo cual muy poco tendré que agregar.

1 A de Lapparent.—Traité de Géologie. Paris. 1885, página 1383.

A la profundidad, lo mismo que al rumbo de un criadero, puede cambiar el carácter físico de la roca de los «respaldos;» y, por lo tanto, variará la potencia de la cavidad con la dureza de la roca, tanto á rumbo como al «echado.» Por otra parte, la permeabilidad en grande de la roca de los «respaldos» no es uniforme en toda la longitud de las intersecciones de las zonas de diaclasa con las cavidades principales, sino que, por el contrario, es muy irregular, y con tendencias á disminuir cuando la profundidad aumenta. En efecto, esta permeabilidad en grande varía con el número y anchura de las grietas que atraviesan á la roca, y es tanto mayor á medida que son más numerosas las referidas litoclasas; pero, según el conjunto de observaciones hechas en los lugares dislocados, resulta que: el agrietamiento del terreno afecta de preferencia las partes más cercanas de la superficie, en donde la roca tiene mayor rigidez y puede fracturarse más fácilmente; por lo tanto, aunque varias diaclasas llegan á mucha profundidad, otras van desapareciendo<sup>2</sup> al alejarse de la superficie del terreno, y la permeabilidad en grande disminuye á medida que se pierden las referidas litoclasas. Además, la anchura de estas últimas no es uniforme, sino que se observan en ellas ensanchamientos, separados á la profundidad por tramos muy estrechos ó cerrados, lo cual es debido á que no son siempre planas esas fracturas, sino curvas ó sinuosas; y, en este caso, al deslizar uno de los «respaldos» sobre el otro se producen ensanchamientos interrumpidos,<sup>3</sup> que por ser zonas de menor re-

1 Emm de Margerie y Albert Heitn.—Les dislocations de l'ecorce terrestre. Zurich, 1888, página 44.

2 Van Hise.—L. c., páginas 34-35.

3 Emm de Margerie y Albert Heim.—L. c., páginas 12-14.

sistencia, facilitan la circulación de las aguas descendentes, y en las cercanías de ellas se concentrará de preferencia la riqueza relativa, por ser tramos de mayor permeabilidad. Según esto, en las zonas de cruzamiento de las diaclasas transversales con las fracturas mineralizadas, se encontrará la riqueza relativa del criadero; pero no estará uniformemente repartida en toda la longitud de esas intersecciones, formando columnas ó chimeneas no interrumpidas, lo cual es excepcional, sino concentrada en ojos, lentes ó clavos, de diversos tamaños, y localizados en los tramos más permeables de estos cruzamientos. Los ojos, lentes ó clavos, aunque limitados por relleno relativamente pobre ó estéril, continuarán apareciendo hacia abajo, en las zonas de intersección de las diaclasas con el criadero;<sup>1</sup> pero su número irá disminuyendo, y se localizarán más, á medida que desaparezcan las diaclasas con el aumento de profundidad.

Por último, las especies minerales en las zonas bonancibles ya indicadas varían con la profundidad. Esta variación, que influye en la riqueza útil de un criadero, depende de las reacciones químicas que se verifican durante la diferenciación primitiva del relleno y los enriquecimientos secundarios de éste; pero como el estudio de esas reacciones está fuera de los límites de estos apuntes, sólo diré que: si bien es cierto que la «potencia» de los criaderos varía á la profundidad con el carácter físico de la roca de los «respaldos,» y varían también las especies minerales del relleno, como la riqueza relativa se concentra general-

<sup>1</sup> A veces las diaclasas están cortadas por otras a la profundidad, y entonces suele desviarse la zona bonancible, siguiendo la intersección de estas diaclasas con el criadero.

mente en las zonas de intersección de los criaderos con diaclasas transversales, la exploración de estos cruzamientos a la profundidad conducirá a los tramos bonancibles; y por lo tanto, esta exploración será la más racional y económica de un criadero metalífero epigenético.

\*  
\*  
\*

Pasado el primer período de relleno y diferenciado éste como indiqué ya, comienzan las transformaciones y remociones de los minerales primeramente depositados. Estos cambios, que continúan en la actualidad, ocasionan el segundo enriquecimiento de los criaderos, y del cual paso a ocuparme ligeramente.

Interrumpido ó terminado el movimiento ascensional de las soluciones mineralizantes, continúa siempre la circulación descendente de las aguas superficiales, las cuales siguen el trayecto ya indicado; es decir, bajan por las rocas porosas y las diaclasas capilares de las rocas compactas, penetran al criadero por los espacios vacíos que haya dejado el primer relleno, y llegan a la zona de las aguas permanentes, la cual está limitada hacia arriba por la superficie llamada nivel hidrostático. Como se ve, el trayecto seguido por las aguas en la «zona de lixiviación,» es decir, desde la superficie del terreno hasta el nivel hidrostático, es bastante irregular; y también lo es el espacio ocupado por las aguas permanentes, pues éstas llenan los huecos que quedaron en el relleno primitivo del criadero, los vacíos capilares comprendidos entre las partículas de las rocas porosas, las hendiduras, diaclasas, planos estratigráficos

y, en general, las litoclasas que surcan á la roca; y, por lo tanto, sólo puede decirse que: ese espacio irregular que ocupan las aguas permanentes está limitado por las partes impermeables de la roca y del criadero; y, por lo mismo, no siempre será continuo á la profundidad<sup>1</sup> según una misma vertical, pues puede quedar interrumpido por un fondo impermeable, y á cierta altura sobre éste las aguas seguirán descendiendo por litoclasas para acumularse en otro receptáculo abajo del anterior, y separado de él por un tramo impermeable de la roca y del criadero.

Siendo tan irregular el espacio ocupado por las aguas permanentes, y estando acumuladas éstas muchas veces en receptáculos con desagüe á diversas alturas, se comprende que el nivel hidrostático no es una superficie regular, sino muy irregular, como lo han comprobado recientemente las observaciones de Emmons<sup>2</sup> y Weed. Por otra parte, la altura del nivel hidrostático depende, no sólo de los cambios en las precipitaciones atmosféricas, sino de la posición de las vías de desagüe de los receptáculos subterráneos, ya sea hacia la superficie del terreno, ó bien hacia receptáculos más profundos; y por lo tanto, la erosión ó el levantamiento del terreno pueden ocasionar descensos del nivel hidrostático.

Expuesto lo anterior, diré ahora que: las aguas meteóricas en su circulación descendente por la zona de lixiviación, y al pasar en algunos tramos de su trayecto por el criadero mineral, oxidan á los sulfuros metálicos del relleno primi-

1 J. F. Kemp.—The Role of the Igneous Rocks in the Formation of Veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Volumen XXXI, página 185.

2 F. S. Emmons.—The Secondary Enrichment of Ore Deposits. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, página 182.

tivo, transformándolos en sulfatos más ó menos solubles;<sup>1</sup> disuelven á veces á la roca de los «respaldos,» como sucede cuando es ésta caliza, en cuyo caso pueden arrastrar consigo y acumular después pedazos del relleno primitivo; y, por último, originan reacciones químicas entre los compuestos oxidados solubles, y los minerales que hayan resistido á la oxidación. Obrando de esta manera, las aguas superficiales tienden á ensanchar la cavidad del criadero cuando la roca de los «respaldos» es soluble, ó puede intervenir en substituciones metasomáticas; aumentan los espacios vacíos que hubiere dejado el primer relleno, al transformar á los sulfuros sólidos en sulfatos solubles; y ponen así en movimiento substancias que estaban ya depositadas. Al aumentar los espacios vacíos dentro del relleno de la cavidad, se facilita la circulación de las aguas superficiales, y va aumentando el campo de acción de éstas hasta llegar á lixiviar la mayor parte<sup>2</sup> del criadero comprendido entre la superficie del terreno y el nivel hidrostático, ó á veces algo más abajo<sup>3</sup> de este nivel. La lixiviación anterior ocasiona: un enriquecimiento industrial de la parte alta del criadero, cuando los sulfuros contienen metales nobles nativos, pues éstos quedan libres al transformarse los sulfuros en sulfatos solubles; un empobrecimiento en tramos antes ricos, al oxidarse y disolverse los sulfuros metálicos; y un segundo enriquecimiento en los lugares en que los

1 Walter Harvey Weed.—The Enrichment of Gold and Silver Veins. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, página 429.—H. F. Bain. Preliminary Report on the lead and zinc Deposits of the Ozark Region 22 Ann. Rep. of the U. S. Geol. Survey. 1901. Parte II pág. 47.

2 Waldemar Lindgren.—Metasomatic Processes in Fissure-Veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, página 599.

3 F. A. Richard—L. c., páginas 168-201.



sulfuros primarios sirven como precipitantes de la solución de sulfatos metálicos.

El estudio detallado de las reacciones químicas que se verifican en la zona de lixiviación de un criadero, conocida con el nombre de zona de oxidación, es muy interesante, tanto científica como industrialmente hablando; pero los límites de estos apuntes no me permiten entrar en mayores detalles, y solamente diré que: unos sulfuros metálicos pueden precipitar como sulfuros á otros metales disueltos al estado de sulfatos;<sup>1</sup> que en la zona de lixiviación de los criaderos pueden formarse sulfuros metálicos de origen secundario,<sup>2</sup> y que, al llegar las soluciones ácidas de sulfatos metálicos á la zona de las aguas permanentes, los sulfuros metálicos no alterados, contenidos en ella, obran como precipitantes y producen un enriquecimiento á la altura del nivel hidrostático, y á veces también abajo.<sup>3</sup> de este nivel. Esta zona de enriquecimiento secundario, cercana al nivel hidrostático, la llamaré zona principal de precipitación secundaria, puesto que he llamado zona de lixiviación del criadero á la comprendida entre la superficie del terreno y el nivel hidrostático de la región. Como la altura de este último no es constante, la zona de precipitación tenderá á ir bajando, y con ella la de enriquecimiento secundario del criadero; pues, al bajar el referido nivel, pasa á la zona de lixiviación el mineral que constituía el depósito secundario, y las aguas superficiales volverán á transformar este depó-

1 Van Hise.—L. c., páginas 111-112.

2 J. H. L. Vogt.—Problems in the Geology of Ore Deposits. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, página 166, y S. F. Emmons.—L. C., págs. 183-206.

3 W. H. Weed.—L. C., páginas 431-440, y H. F. Bain.—L. c., págs. 44-45.

sito, haciéndolo emigrar á mayor profundidad.<sup>1</sup> Estos cambios ocasionan que las zonas de lixiviación y de precipitación no estén perfectamente separadas, sino que existe entre ellas una intermediaria, en la cual se observan; minerales oxidados juntos con los sulfuros primitivos, lixivaciones en unas partes, y enriquecimientos secundarios en otras.

Como se ve por lo anterior, las transformaciones del relleno primitivo de un criadero, la remoción de los elementos metalíferos, y los enriquecimientos secundarios ya indicados, no dependen de la forma primitiva del criadero, ni de su génesis, ni de la composición de la roca de los «respaldos,» sino de la composición química del relleno primitivo,<sup>2</sup> y son debidos únicamente á la acción del agua<sup>3</sup> que desciende de la superficie del terreno.

Las aguas pueden circular dentro de un criadero por los vacíos irregulares que haya dejado el relleno primitivo, y especialmente por las fracturas que corten el criadero; es decir, por las diaclasas ó paraclasas posteriores al primer relleno de la cavidad. Estas fracturas no son siempre del mismo rumbo que el criadero que las precede, sino que á veces lo atraviesan oblicuamente,<sup>4</sup> pero se encuentran en la mayoría de los casos; pues, como dije al principio de estos apuntes, la reabertura, varias veces repetida, de muchos criaderos y la formación consecutiva de nuevos relle-

1 W. H. Weed.—L. c., página 148.

2 R. Beck.—L. c., página 421.

3 L. de Launay.—Contribution a l'etude des Giles métallifères. Paris, 1897, página 35.

4 Beck.—L. c., página 206.



neralizadas, y se produce allí un enriquecimiento secundario, debido a la nueva circulación ascendente de aguas mominerales.

Cuando las fracturas posteriores al primer relleno de un criadero no ocasionen un nuevo ascenso de soluciones termominerales, permitirán siempre, al comunicarse con las diaclasas, por las cuales circulen las aguas superficiales, que éstas penetren al criadero en la zona de lixiviación y motiven un segundo enriquecimiento como dije antes, el cual se verificará en varias partes del trayecto de las fracturas dentro del criadero; pero se concentrará principalmente en las zonas bonancibles del primer relleno, pues los {uros metálicos contenidos en éstas sirven como precipitantes de la solución mineralizada descendente; y este segundo enriquecimiento alcanzará su mayor extensión al llegar al nivel hidrostático, puesto que los minerales precipitados a este nivel no serán ya removidos, a menos que descienda el referido nivel, en cuyo caso descenderá con él, como he dicho, la zona principal de precipitación (aria).

Para que se *verifiquen* enriquecimientos secundarios es preciso que el relleno primitivo sea permeable, que esté fracturado, y como estas fracturas serán insignificantes en los tramos duros del relleno primitivo, estos tramos son poco a propósito para la concentración del mencionado enriquecimiento. Por otra parte, como la acción mineralizante de las aguas que descienden por la zona de lixiviación de un criadero concluye en las cercanías del nivel hidrostático.

111, W. Weed.-L. c., página 440.

2 H. W. Weed.-L. c., página 440.

al ser precipitados los metales nobles que lleva en disolución por los sulfuros primitivos no alterados- que existen á ese nivel, principalmente en las zonas bonancibles del relleno primitivo, si la riqueza inelustrial ele un criadero depende solamente del segundo enriquecimiento, debido á las aguas superficiales descendentes, puede decirse que más abajo del nivel hidrostático se empobrecerá el criadero' y, por lo tanto, perderá su valor comercial.

Como se ve por lo anterior, el ascenso repetido de soluciones termominerales, así como el descenso de las aguas por la zona de lixiviación de un criadero, ocasionan depósitos secundarios, que se distribuyen de la misma manera que el relleno primitivo; es decir, se concentra la riqueza de éstas generalmente en los tramos más permeables del criadero, y sobre todo en las zonas bonancihles primarias, las cuales experimentan así enriquecimientos secundarios. Según esto, puede concluirse que: tanto el enriquecimiento primario como los secundarios de un criadero, se concentrarán generalmente en algunos de los cruzamientos de éste con diaclasas transversales: anteriores ó posteriores al relleno primitivo, y entre las cuales habrá algunas, como dije antes, de rumbo determinado en cada localidad, y que, por ser las que generalmente acompañan á las zonas bonancibles, definen la «buena orientación» en el Distrito minero.

1 H. W. Weed.-L c" 424,

2 H W. \Veed.-L. e, página 442.

Como resumen de estos ligeros apuntes, pueden indicarse las siguientes conclusiones generales:

I. La composición química ó mineralógica de la roca de los «respaldos» está algunas veces en relación con las especies minerales depositadas en el relleno del criadero metaHfero, al cual sirven de «caja;») pero no depende de ella principalmente la concentración de la riqueza en zonas bonancibles.

II. El carácter físico de la roca de los «respaldos,» su dureza y permeabilidad, determina generalmente la forma y dimensiones de la cavidad, *así como* la concentración de la riqueza en los criaderos metalíferos.

**In.** En las formaciones sedimentarias calizas, los criaderos principales se encuentran en las intersecciones de los planos estratigráficos, cOn algunas de las zonas de diaclasas transversales al rumbo de las capas, ó en las intersecciones de estas diaclasas.

IV. Las zonas bonancibles, ó de concentración relativa de la riqueza primitiva, se encuentran: á veces, en las uniones de las fracturas principales entre sí ó con sus ramales; casi siempre, en las partes porosas de la roca de los «respaldos,») y principalmente, en las intersecciones del criadero con diaclasas transversales de «buena orientación.»

V. El enriquecimiento secundario de los criaderos se encontrará en las reaberturas de estos últimos, concentrado en zonas bonancibles, generalmente en las intersecciones del criadero con diaclasas transversales de «buena orientación;» y estas zonas alcanzarán su mayor riqueza en las cercanías del nivel hidrostático de la región.

VI. En las zonas bonancibles se concentrará la riqueza,

principalmente en los tramos de mayor permeabilidad, formando, raras veces, columnas rectas ó inclinadas; y, casi siempre, ojos, lentes ó clavos, separados por tramos pobres ó estériles; pero, tanto arriba como abajo, siguiendo el «echado» de las diaclasas transversales, se repiten generalmente los ojos, lentes ó clavos, siempre que no rezcan á la profundidad las referidas diaclasas.

VII. Cuando la riqueza industrial de un criadero sea debida solamente á los enriquecimientos secundarios, originados por las aguas superficiales descendentes, puede decirse que: más abajo del nivel hídrostático, el criadero se empobrecerá y perderá, por 10 tanto, su valor comercial.

VIII. La «potencia» ó anchura de las zonas bonancibles variará, tanto á rumbo como á la profundidad, entre otros motivos, con la dureza de la roca; y, en igualdad de circunstancias, las rocas de dureza media son las más favorables para la concentración cuantitativa de la

IX. En los tramos impermeables de la roca de los «respaldos,,» por falta de porosidad ó de agrietamiento de ellos, el relleno primitivo del criadero será, por 10 general, relativamente en minerales útiles, y á veces completamente estéril.

X. En los tramos impermeables del relleno primitivo de un criadero, el enriquecimiento secundario será escaso ó nulo.

XI. En la zona de lixiviación las especies minerales serán principalmente óxidos, carbonatos y sulfatos, si el relleno primitivo del criadero es permeable en esta zona; pues, en caso contrario, los sulfuros comenzarán casi de la superficie del terreno; pero en *todos casos, un poco*

abaj? del nivel hidrostático se encontrarán solamente sulfuros metálicos.

XII. La exploración sistemática de las zonas de diaclasas *transversales* al rumbo de las capas, conduce generalmente á los criaderos principales en las formaciones sedimentarias; y la exploración de las diaclasas transversales á la dirección general de los criaderos metalíferos epigenéticos, conduce á las zonas bonancibles de los criaderos paralelos, ó de los ramales arqueados, diagonales, ó satélites de un mismo criadero.

XIII. La exploración á la profundidad de las zonas de cruzamiento de los criaderos con diaclasas transversales, conduce con frecuencia al descubrimiento de ojos, lentes ó clavos, más profundos, en los cuales se encontrará una concentración relativa de la riqueza de los criaderos.

XIV. Por último, las exploraciones anteriores, sobre todo cuando *las* zonas de diaclasas referidas son verticales ó poco inclinadas, como sucede generalmente, combinadas *con* algunas obras horizontales á *rumbo* de los criaderos, son las más racionales y económicas que pueden para el descubrimiento de las zonas relativamente bonancibles, en los criaderos metalíferos primarios epigenéticos.