

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. Un proceso de lixiviación para recuperar níquel, manganeso y/o cobalto de un mineral de óxido, comprendiendo el proceso:

5 (a) combinar (i) uno o más microorganismos, (ii) una mezcla de sustrato, (iii) el mineral de óxido, (iv) un ligando, (v) una lanzadera de electrones opcional, y (vi) una fase acuosa para formar una mezcla;

 (b) mantener la mezcla del paso a) durante un período de tiempo predeterminado en condiciones suficientes para reducir al menos parcialmente una cantidad de hierro
10 férrico en el mineral a hierro ferroso, en donde el hierro ferroso, el níquel, el cobalto y el manganeso se solubilizan en la fase acuosa; y

 (c) aislar la fase acuosa como una solución de lixiviación que comprende el hierro ferroso y una cantidad de níquel disuelto, de la mezcla.

15 2. El proceso de la reivindicación 1, en donde los uno o más microorganismos del paso (a) se agregan a una suspensión que comprende la mezcla de sustrato, el mineral, el ligando y la fase acuosa.

3. El proceso de la reivindicación 1 o 2, en donde el uno o más microorganismos del paso
20 (a) se derivan del mineral.

4. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el uno o más microorganismos producen una enzima o sistema enzimático seleccionado del grupo que consiste en CymA, DFE, DmkA/DmkB, EetA/EetB, FmnA/FmnB, GACE, MtrA/MtrA/MtrC,
25 Ndh2, OmcF/OmcS/OmcZ, PplA y T4ap, o combinaciones de los mismos.

5. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el uno o más microorganismos se seleccionan del grupo que consiste en *Thermincola potens* JR (NC_014152.1), *Listeria monocytogenes* (NC_003210.1), *Clostridium celerecrescens*
30 (NZ_PGET01000001.1), *Bacillus infernus*, *Bacillus subterraneus*, *Bacillus pseudormus* MC02, *Bacillus subterraneus*, *Thermoanaerobacter siderophilus* (NZ_CM001486.1), *Carboxydotherrmus ferrireducens* (NZ_ATYG01000001.1), *Carboxydotherrmus siderophilus*, *Carboxydotherrmus pertinax* (NZ_BDJK01000055.1), *Carboxydocella thermautotrophica* (NZ_CP028491.1), *Moorella humiferrea* (NZ_PVXM01000006.1),
35 *Geosporobacter ferrireducens* IRF9, *Thermotalea metallivorans* B2-1(T), *Pelosinus fermentans*, *Thermotoga maritima* (NC_023151.1), *Sinirhodobacter ferrireducens* (NZ_SAVB01000001.1), *Acidiphilium* SJH, *Acidiphilium* PK40, *Acidiphilium* PK46, *Acidiphilium* KPWI4, *Acidiphilium cryptum* JF-5, *Acidocella facilis*, *Acidocella* M21, *Acidocella* PFBC, *Acidocella* PWB4, *Shewanella putrefaciens* (NZ_CP066370.1),
40 *Shewanella oneidensis* MR-1 (NC_004347.2), cepa de alga *Shewanella* BrY

(NZ_CP046378.1), *Shewanella amazonensis* sp. nov., *Shewanella putrefaciens* IR-1, *Shewanella* sp. HN-41, *Shewanella putrefaciens* CN-32, *Shewanella putrefaciens* 200R, *Shewanella oneidensis* MR-1, *Shewanella baltica* W3-6-1, *Shewanella* sp. PV-4, *Shewanella peizotolerans* WP3, *Shewanella decolorationis*, *Shewanella frigidimarina*,
5 *Shewanella gelidimarina*, *Shewanella loihica*, *Shewanella pealeana*, *Serratia plymuthica* (NC_015567.1), *Serratia fonticola* (NZ_CP011254.1), *Aeromonas hydrophila* (NZ_CP050851.1), *Klebsiella oxytoca* (NZ_CP033844.1), *Ferrimonas balearica* (NC_014541.1), aislado similar a *Frateriuria* WJ2, *Desulfovibrio ferrofilo* (NZ_AP017378.1), *Desulfuromusa ferrireducens*, *Desulfuromonas svalbardensis*, *Desulfuromonas*
10 *acetoxidans* (JABWTG01), *Geobacter sulfurreducens* (NC_002939.5), *Geobacter bemidjensis* (NC_011146.1), *Geobacter metallireducens* (NC_007517.1), cepa *Geobacter pelophilus* Dfr2 (NZ_JAHCVJ010000001.1), *Geobacter daltonii* (NC_011979.1), *Geobacter capillalei* (NZ_JAHDYS010000001.1), *Geobacter psychrophilus* sp. nov., *Geobacter bremensis* sp. nov., *Geobacter lovleyi* sp. nov. Cepa
15 SZ, *Geobacter luticola*, *Geobacter pickeringii*, *Geobacter argillaceus*, *Geobacter uraniireducens*, *Desulfosediminicola ganghwensis* (NZ_CP050699.1), *Desulfosediminicola flagellatus* (NZ_CP050698.1), *Anaeromyxobacter dehalogenans* (NC_011891.1), Cepa de *Anaeromyxobacter* FAC12, *Geoalkalibacter subterraneus* (NZ_CP010311.1), *Geoalkalibacter ferrihydriticus* (NZ_FNGU01000001.1), *Rhodoferrax*
20 *ferrireducens* (NC_007908.1), *Ferribacterium limneticum* (NZ_CP075189.1), *Geothrix fermentans* (NZ_KE386810.1), *Geovibrio ferrireducens*, *Deferribacter thermophilus*, *Pyrobaculum islandicum* (NC_008701.1), *Pyrodictium abyssi*, *Methanopyrus kandleri* (NC_003551.1), *Archaeoglobus fulgidus* (NZ_CP006577.1), *Pyrococcus furiosus* (NZ_CP023154.1), *Methanococcus thermolithotrophicus* (NZ_AQXV01000055.1),
25 *Ferroglobus placidus* (NC_013849.1), *Geoglobus acetivorans* sp. nov., *Acidobacterium capsulatum*, *Acidobacterium* PK35, *Acidobacterium* RIT23, *Acidobacterium* WJ7, *Telmatospirillum* (género alfa proteobacteriano) (PRJNA561022), *Sideroxydans lithotrophicus* ES-1, *Magnetospirillum magnético* AMB-1, *Candidatus Tectomicrobia*, *Candidatus Zixibacteria*, *Candidatus Tectomicrobia*, *Candidatus Dadabacteria*,
30 *Candidatus Handelsmanbacteria*, *Carboxydothemus hydrogenoformans*, *Carboxydothemus islandicus*, *Telmatospirillum siberiense*, *Nitrosococcus halophilus*, *Skermanella stibiirestiens*, *Insolitospirillum peregrinum*, *Magnetospirillum magneticum*, y mezclas y/o mutantes genéticos de los mismos.

35 6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el paso a) comprende combinar (i) uno o más microorganismos, (ii) una mezcla de sustrato, (iii) el mineral de óxido, (iv) el ligando, (v) una lanzadera de electrones y (vi) una fase acuosa para formar una mezcla, y la lanzadera de electrones comprende una o más flavinas, quinonas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, biocarbón o una combinación de los mismos.

7. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el uno o más microorganismos un spp de *Shewanella*.
8. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el microorganismo posee una o más mutaciones y al menos una de las mutaciones mejora la capacidad del microorganismo para reducir el hierro.
9. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la mezcla de sustrato comprende un agente reductor y/o productos de desecho carbonoso, azufre elemental, sustancias que contienen formas de azufre parcialmente reducidas, melazas, azúcar, azúcar de remolacha, azúcar de caña, glucosa derivada del aceite de palma, dextrosa hidrolizada de maíz, dextrosa hidrolizada de almidón de maíz, materias que contienen sacarosa, productos de su fermentación, lactato de acetato o mezclas de los mismos.
10. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde el mineral de óxido es un mineral de laterita.
11. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde el mineral de óxido comprende:
- (a) de aproximadamente 1 % a aproximadamente 90 % en peso de uno o más minerales de hierro férrico; y/o
- (b) de aproximadamente 5 % a aproximadamente 20 % en peso de hierro.
12. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde el mineral de óxido comprende de aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 15 % en peso de níquel, aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 5 % en peso de níquel o aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 2,5 % en peso de níquel.
13. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde el níquel en el mineral de óxido está asociado con (a) uno o más minerales de hierro férrico, cuarzo, manganeso y/o silicatos de magnesio o (b) (oxi)hidróxidos de hierro férrico o α -FeO·OH (goethita).
14. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde el mineral de óxido comprende aproximadamente 0,01 % a aproximadamente 2,0 % en peso de cobalto o aproximadamente 0,01 % a aproximadamente 5 % en peso de cobalto.
15. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde el ligando comprende una molécula quelante de metales.
16. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde el ligando comprende

un ácido orgánico que incluye, pero no está restringido al grupo que consiste en ácido málico, ácido láctico, ácido glucónico, ácido pirúvico, ácido succínico, ácido cetoglutárico, ácido oxálico, ácido fumárico, ácido cítrico, ácido acético, ácido malónico, ácido salicílico, ácido acetohidroxámico, ácido mugineico, ácido benzoico, ácido hidroxámico y una
5 combinación de los mismos.

17. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en donde las condiciones del paso (b) comprenden uno o más de (a) mantener la mezcla a una temperatura de aproximadamente 5 °C a aproximadamente 75 °C, (b) mantener la mezcla a una presión
10 absoluta de aproximadamente una atmósfera, (c) mantener la fase acuosa a un pH de aproximadamente 5 a 9 y (d) agitar la mezcla.

18. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-17, en donde la reducción de hierro férrico a hierro ferroso se lleva a cabo en condiciones anóxicas o sustancialmente
15 anóxicas.

19. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-18, en donde (a) aproximadamente 5 % a aproximadamente 100 % en peso del níquel en el mineral se solubiliza en la fase acuosa después del paso (b) y/o (b) aproximadamente 5 % a aproximadamente 100 %
20 en peso del cobalto en el mineral se solubiliza en la fase acuosa después del paso (b).

20. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-19, en donde la fase acuosa del paso (c) se aísla de la mezcla mediante sedimentación de los sólidos no disueltos y decantación de la solución de lixiviación o mediante filtración por gravedad.
25

21. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1-20, que comprende además:

(d) poner en contacto la solución de lixiviación del paso (c) con un conjugado que comprende un péptido y una perla de poliestireno (PS) durante un período de tiempo en condiciones que forman un complejo de ión metálico-conjugado, en donde el péptido está
30 configurado para unirse selectivamente al níquel, manganeso y/o al cobalto;

(e) aislar el complejo de iones metálicos conjugados del paso (d);

(f) eluir el uno o más iones metálicos del complejo de iones metálicos conjugados lavando el complejo con ácido, formando así una solución;

(g) transferir la solución del paso (f) que comprende los iones metálicos a un
35 circuito de electroobtención;

(h) aplicar una corriente eléctrica a través de la solución del paso (f) que comprende los iones metálicos;

(i) recoger el uno o más metales resultantes en una superficie de un cátodo; y

(j) recuperar el uno o más metales del cátodo.

40

22. El proceso de la reivindicación 21, en donde el péptido comprende de 3 a 30 residuos de aminoácidos.

23. El proceso de la reivindicación 21 o 22, en donde el péptido comprende:

5 -NH-X_{AA1}-X_{AA2}-His-,

en donde X_{AA1} y X_{AA2} son cada uno independientemente un residuo de aminoácido distinto de histidina.

10 24. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 21-23, en donde el péptido comprende:

 -NH-X_{AA1}-X_{AA2}-His-X_{AA3},

en donde X_{AA1}, X_{AA2} y X_{AA3} son cada uno independientemente un residuo de aminoácido distinto de histidina.

15 25. El proceso de la reivindicación 23 o 24, en donde cada X_{AA1} y X_{AA2} es independientemente un residuo de glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, serina, treonina, ácido aspártico, asparagina, ácido glutámico, glutamina, lisina, hidroxilisina, histidina, arginina, ornitina, fenilalanina, tirosina, triptófano, cisteína, metionina o α-hidroximetilserina.

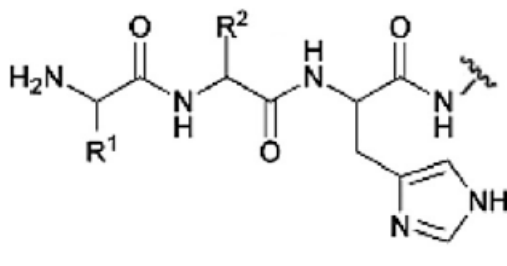
20

26. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 23-25, en donde -NH-X_{AA1}-X_{AA2}-His- se selecciona del grupo que consiste en: -NH-DAH, -NH-DTH, -NH-VIH, -NH-MDH, -NH-RFH, -NH-RTH, -NH-HSH, -NH-GGH, -NH-GKH, -NH-KGH, -NH-KKH, -NH-YYH, -NH-MNH, -NH-KGH, -NH-kGH, -NH-GkH y -NH-kkH.

25

27. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 24-26, en donde X_{AA3} es al menos un residuo de lisina.

30 28. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 21-27, en donde el péptido tiene la estructura:



en donde R¹ y R² son cada uno independientemente H o una cadena lateral de un aminoácido.

35 29. El proceso de la reivindicación 28, en donde R¹ y R² son cada uno independientemente la cadena lateral de un residuo de lisina, ornitina, arginina u

homoarginina.

30. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 21-29, en donde la perla de poliestireno comprende una pluralidad de grupos $\text{H}_2\text{N-PEG}$.