



DECIMOSEXTO INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

Informe Final

Problemática del desarrollo de la minería metálica en Costa Rica

Investigador:
Allan Astorga



Nota: El contenido de esta ponencia es responsabilidad del autor. El texto y las cifras de las ponencias pueden diferir de lo publicado en el Decimocuarto Informe sobre el Estado de la Nación en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores y consultas. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

Índice

1. Introducción	3
2. Donde se presentan los yacimientos minerales metálicos.....	3
3. Forma de presentarse los yacimientos minerales metálicos.....	4
4. Principales efectos ambientales de la minería metálica.....	5
5. Minería metálica en un país tropical	7
6. Minería metálica en Costa Rica	8
6.1 Zonas donde se podrían presentar yacimientos minerales metálicos	8
6.2 Otros recursos naturales que se presentan en esas zonas	9
BOSQUES.....	11
BIODIVERSIDAD	12
RECURSOS HIDRICOS.....	14
7. Discusión y conclusiones	16
8. Referencias.....	19

Índice de Figuras

Figura 1 Ilustración de un tajo para la extracción minera a “cielo abierto”.....	4
Figura 2. Ilustración sobre la presencia de aguas subterráneas en el subsuelo superior en la forma de un Acuífero.	6
Figura 3. Mapa mundial de precipitaciones anuales.....	8
Figura 4. Mapa geológico de Costa Rica.....	9
Figura 5. Mapa geológico de Costa Rica diferenciado, donde se han separado las áreas con presencia de rocas magmáticas o ígneas.....	10
Figura 6. Imagen digital de Costa Rica, en la que se observa el relieve montañoso y las zonas de llanura.....	11
Figura 7. Mapa de cobertura boscosa del año 2000.	13
Figura 8. Mapa de áreas silvestres protegidas, reservas indígenas y corredores biológicos y de conectividad de Costa Rica.....	14
Figura 9. Mapa de cursos de agua superficial principales del país, 2005.	16

1. Introducción

La minería metálica comprende aquella actividad de la minería que se dedica a la exploración y explotación de yacimientos minerales de tipo metálico. Esta minería puede darse de varias formas, por extracción directa de partículas del mineral acumuladas por procesos sedimentarios de ríos o playas, que se denomina depósitos de placer. También se pueden dar por explotación por medio de galerías subterráneas o bien, por medio de la explotación de un tajo a cielo abierto. Los elementos metálicos que se pueden extraer, pueden ser básicos (cobre, plomo, zinc, estaño), ferroso (hierro, aluminio, manganeso, molibdeno, cobalto, tungsteno, titanio, cromo), preciosos (oro, plata, platino) o radioactivo (plutonio, uranio, radio, torio) y cualquier otro que forme parte de estos grupos.

En algunos casos, como en la minería de oro, que puede encontrarse como mineralizaciones microscópicas dispersas en la roca, se requiere de un proceso industrial y químico de la roca que lo contiene. Debido a que la concentración de oro en la roca es bastante bajo, hasta de 1 gramo por tonelada, se requiere extraer la roca del yacimiento, luego transportarla hasta una planta minera donde la roca es molida hasta convertirla en un fino polvo al cual se le aplica una solución con cianuro que, por un proceso químico, separa el oro de la roca. Luego la solución cianurada es procesada para separar el oro, mientras que el desecho de la roca, una tonelada por gramo de oro extraído, debe ser dispuesto en un sitio especial para neutralizarlo y evitar que genere contaminación.

En lo que sigue se analiza algunas de las características principales de los yacimientos minerales metálicos que se pueden dar en el territorio continental del país y los factores ambientales de esa actividad. El objetivo del análisis es derivar una conclusión sobre la potencialidad de su desarrollo en un país tropical como Costa Rica.

2. Donde se presentan los yacimientos minerales metálicos

Los yacimientos minerales metálicos no se presentan en cualquier parte. Por el contrario, se requieren ciertas condiciones geológicas especiales. Se presentan asociados a rocas ígneas, es decir, las rocas que se originan por enfriamiento del magma que hay al interior del planeta. Las rocas volcánicas forman parte de las rocas ígneas, y en ocasiones, también pueden presentar yacimientos minerales metálicos. De esta manera, es posible afirmar que los territorios donde se presenten formaciones geológicas de rocas ígneas, incluyendo las volcánicas, es donde existe más probabilidad de encontrar yacimientos minerales metálicos.

En Costa Rica, al analizar el mapa geológico del país y observar donde se presentan rocas ígneas, incluyendo las de origen volcánico se observa que se presentan en dos situaciones principales: en las cordilleras montañosas y las mesetas volcánicas. En caso de desarrollarse una actividad minera metálica, la misma se desarrollaría principalmente en esas dos unidades geográficas.

3. Forma de presentarse los yacimientos minerales metálicos

En términos generales, los yacimientos de minerales metálicos, se presentan de dos formas: en vetas o de forma diseminada.

La veta es una parte de la formación geológica, que presenta una mayor riqueza del mineral, por ejemplo oro, y que tiene una extensión y dimensión específica. La explotación de minerales metálicos en que aparecen en veta, se da por lo general de forma subterránea, es decir, se excava un túnel en la roca y se sigue la veta mientras se extrae el material mineral para separar el metal precioso con la ayuda de sustancias químicas.

Los yacimientos que se presentan de forma diseminada, son muy diferentes a las vetas. En este caso, el mineral precioso no puede ser observado a simple vista como ocurre en las vetas. Se encuentra en la forma de partículas de tamaño, por lo general, microscópico, diseminadas en la roca y en cantidades muy limitadas. Por ejemplo, en el caso del oro, puede encontrarse solamente 1 gramo por cada mil kilogramos de roca. Bajo estas condiciones, cuando se encuentra un yacimiento, que en este caso se define como una formación geológica que presenta un enriquecimiento de un metal precioso, la única forma de explotarlo es por medio de la extracción, casi siempre a cielo abierto, de millones de toneladas de roca, para poder extraer con la ayuda de sustancias químicas, esos metales. En este caso se abren grandes tajos con forma de “cráteres” en la superficie de la tierra. En razón de esto, se le llama minería a “cielo abierto”. En la Figura 1, se ilustra un tipo de tajo o cantera a cielo abierto, utilizada para la extracción minera.

Figura 1 Ilustración de un tajo para la extracción minera a “cielo abierto”



4. Principales efectos ambientales de la minería metálica

Debido a que los yacimientos minerales se presentan en el subsuelo, es decir, debajo del suelo, para extraerlos, se debe llegar a ellos. En el caso de la minería a cielo abierto, se deben eliminar lo que hay encima del yacimiento que, paradójicamente en la jerga minera se le llama “estéril”.

Así para construir un tajo a cielo abierto se debe eliminar por completo toda la cubierta vegetal que se encuentre sobre el yacimiento y alrededor del mismo. Esto, para que haya movilidad para el equipo minero e instalar las obras para el procesamiento minero. Nótese que al decir “cubierta vegetal”, puede tratarse de cualquier tipo, desde pastos y charrales, hasta bosques primarios que tienen cientos o miles de años de existir. En este último caso no solo se trata de los árboles que se eliminan, sino de toda la vida que vive en ese bosque, incluyendo mamíferos, reptiles, aves, insectos, etc., es decir todo el ecosistema es afectado.

Lo otro que se elimina por completo es el suelo. No importa si se trata de un suelo fértil y con el potencial para el uso agrícola. El suelo se elimina porque es una capa “estéril” para la minería.

Finalmente también se elimina la capa de roca que no tiene mineralización y que está por encima del yacimiento.

Todos los materiales eliminados se convierten en desechos de la minería. Por lo general, estos materiales se disponen en las cercanías del sitio de explotación minera en la forma de una escombrera, que no es otra cosa que una gran acumulación del material estéril.

Los efectos en el paisaje que tiene la actividad minera a cielo abierto, son por lo general devastadores (ver Figura 1). De un paisaje verde, de cerros, se puede pasar a un paisaje desértico, sin vegetación, de color ocre, y en vez de los cerros, se encuentra una gran cavidad en la tierra, que simula una gran y profunda herida en la superficie del planeta.

Debido a los cambios en la topografía que provoca la minería a cielo abierto, se afectan también los cursos de agua superficial. En ocasiones se eliminan por completo en el área de explotación. Además, debido a que se elimina la cobertura vegetal, los ríos y quebradas que reciben las aguas superficiales provenientes del sitio de explotación, se cargan de sedimentos, principalmente lodos, que afectan la flora y fauna, como los peces que viven en esos cursos de agua. También se afecta la calidad del agua de esos ríos, y el uso que se hace de ellos, como la toma de agua para comunidades o bien, el abrevado de ganado.

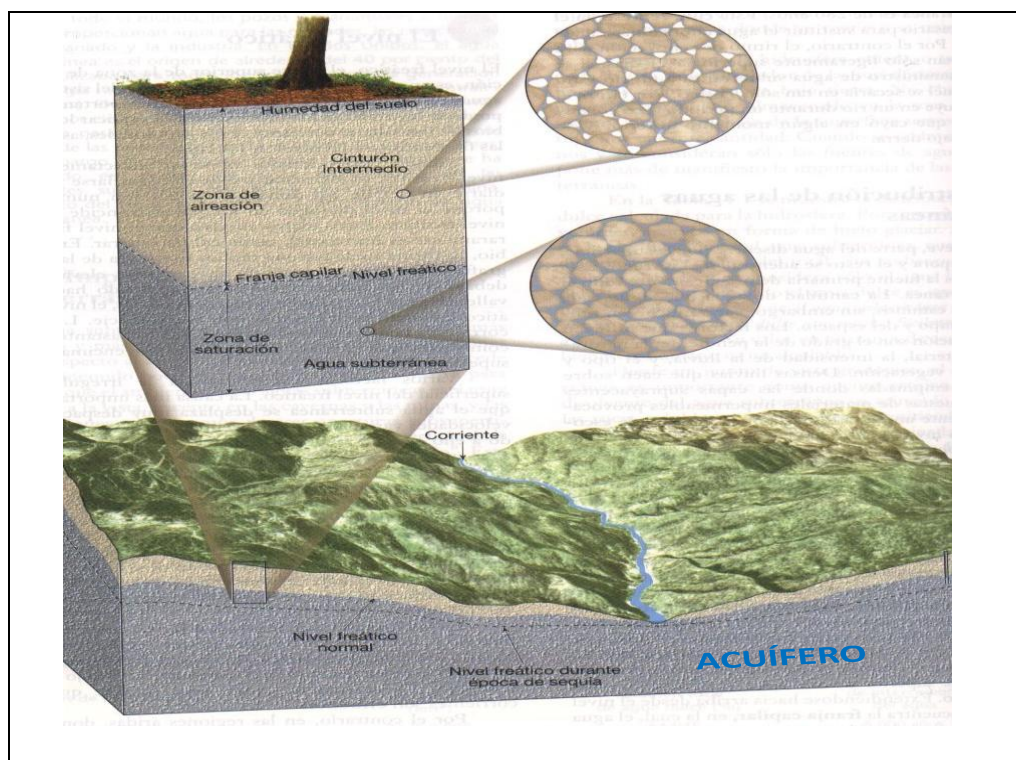
Con la profundización de la explotación minera en el subsuelo, se pueden alcanzar los mantos de aguas subterráneas que hay allí, es decir, los acuíferos subterráneos. En las rocas del subsuelo, llenando los espacios porosos se pueden acumular grandes volúmenes de agua, proveniente de las aguas de lluvia que se infiltran al suelo y pasan al subsuelo, durante miles de años (ver Figura 2). Así, esos reservorios de agua simulan como grandes “tanques de almacenamiento” de agua

que puede ser aprovechada por medio de pozos o en sus salidas a la superficie (manantiales) para diferentes usos humanos: consumo para las poblaciones, agricultura, industria y actividades agropecuarias, entre otras.

Cuando el tajo intercepta el nivel freático, se dan una serie de cambios en el acuífero. En razón de que se abre una zona de menor presión, el agua subterránea va a fluir hacia el sitio del tajo. Se dice que hay un “alumbramiento” o “afloramiento” de aguas subterráneas. Esto hace que el nivel freático se profundice en otras áreas cercanas al sitio de la explotación. Además, para la actividad minera, ese alumbramiento de agua, resulta más bien un obstáculo para su actividad, que es la extracción de las rocas mineralizadas. De esta forma, el agua debe ser bombeada y desechada en algún curso o cuerpo de agua cercano.

Cuando el nivel freático es expuesto por el tajo, también se expone a que el acuífero pueda ser contaminado. Esa contaminación puede provenir del equipo minero, por ejemplo por derrames de combustibles y aceites, o bien por un fenómeno que se denomina “drenaje ácido”. Esto ocurre cuando minerales que se presentan asociados a los metales preciosos, como la pirita, son expuestos a las condiciones de intemperie. La pirita, que es un sulfuro de hierro, al tener contacto con el agua en condiciones de intemperie, se oxida, haciendo que el hierro pase a un óxido de hierro, mientras que la parte del sulfuro, se mezcla con el agua para formar ácido sulfhídrico. Estas aguas ácidas, por la presencia de sulfuro, se infiltran en el suelo y pasan al acuífero, provocando que éste poco a poco se contamine y haciendo que sus aguas pierdan calidad.

Figura 2. Ilustración sobre la presencias de aguas subterráneas en el subsuelo superior en la forma de un Acuífero.



Nota: el acuífero se recarga por el agua de lluvia que se infiltra por suelo (zona de aireación). La explotación minera puede romper el equilibrio de un acuífero y producirle daños irreversibles.

El procesado de los minerales en la actividad minera metálica también puede provocar una serie de importantes impactos ambientales. La roca con el mineral debe ser pulverizada en grandes molinos de roca, que requieren grandes cantidades de energía para operar. Esa energía proviene del quemado de combustibles fósiles, que deben ser almacenados en el sitio del proyecto minero, con lo cual se da una situación de riesgo, ya sea de incendio o bien de derrame y contaminación del suelo, las aguas superficiales y los acuíferos subterráneos.

Para extraer el mineral precioso, como por ejemplo el oro, se requiere aplicar sustancias químicas que puedan “atrapar y separar” el metal del resto de la roca pulverizada. En el caso del oro se utilizaba mercurio (ahora en actividades artesanales), pero ahora se usa cianuro. Esas sustancias son altamente tóxicas y por tanto muy peligrosas. Debido que se usan en cantidades considerables, debe haber un almacén de estas sustancias dentro del proyecto minero, y medio de transporte que las traiga hasta la mina. Al igual que con los combustibles, se da aquí otra situación de alto riesgo, ya que si se diera un derrame durante el transporte o bien el almacenamiento y manejo de esas sustancias, se podrían producir una gran y peligrosa contaminación, con efectos muy negativos en la vida que pueda ser afectada.

La roca pulverizada a la que se le ha extraído, por métodos químicos, el metal precioso, se convierte en un desecho minero. Se debe recordar, que en yacimientos diseminados, puede representar casi una tonelada por cada gramo que se extrae. De esta manera, en minería de oro, para producir el equivalente de una onza de oro, se desechan más de 25 toneladas de roca pulverizada y contaminada. Contaminada, porque se le agregó una sustancia química para extraerle el metal precioso. Nótese entonces que no se trata de un desecho inerte, por el contrario, se trata de un desecho especial y peligroso que debe ser manejado con cuidado, para que no provoque contaminación del agua y del suelo. Por lo general, ese desecho es dispuesto en una escombrera.

En síntesis, la actividad minera, comparada con otras actividades humanas que se dan en la superficie de la tierra (la agricultura, la ganadería, las construcciones), es mucho más impactante e incluso peligrosa, cuando se trata de minería metálica, ya que además de los impactos que produce, requiere el uso de sustancias químicas altamente contaminantes, tóxicas y peligrosas, para poder extraer los metales preciosos.

5. Minería metálica en un país tropical

Los países tropicales, como es el caso de Costa Rica, como es de esperar, presentan condiciones naturales muy diferentes a los territorios o países de climas áridos o templados. Una de las diferencias fundamentales se evidencia por la cantidad de lluvia que reciben (ver Figura 3).

Las pocas lluvias que hay en los territorios semi-áridos, áridos y templados, hacen que la naturaleza que se presenta sea relativamente menos rica. Los acuíferos subterráneos están ausentes o bien, son mucho más limitados. Los suelos son

mucho menos espesos y además las coberturas vegetales también son muy limitadas y con flora y fauna menos diversa y rica que en las regiones tropicales. Bajo estas condiciones la minería metálica, en regiones o países con ese tipo de clima, aunque sigue siendo impactante, genera comparativamente hablando, menos impactos que si se desarrollara en países con climas tropicales.

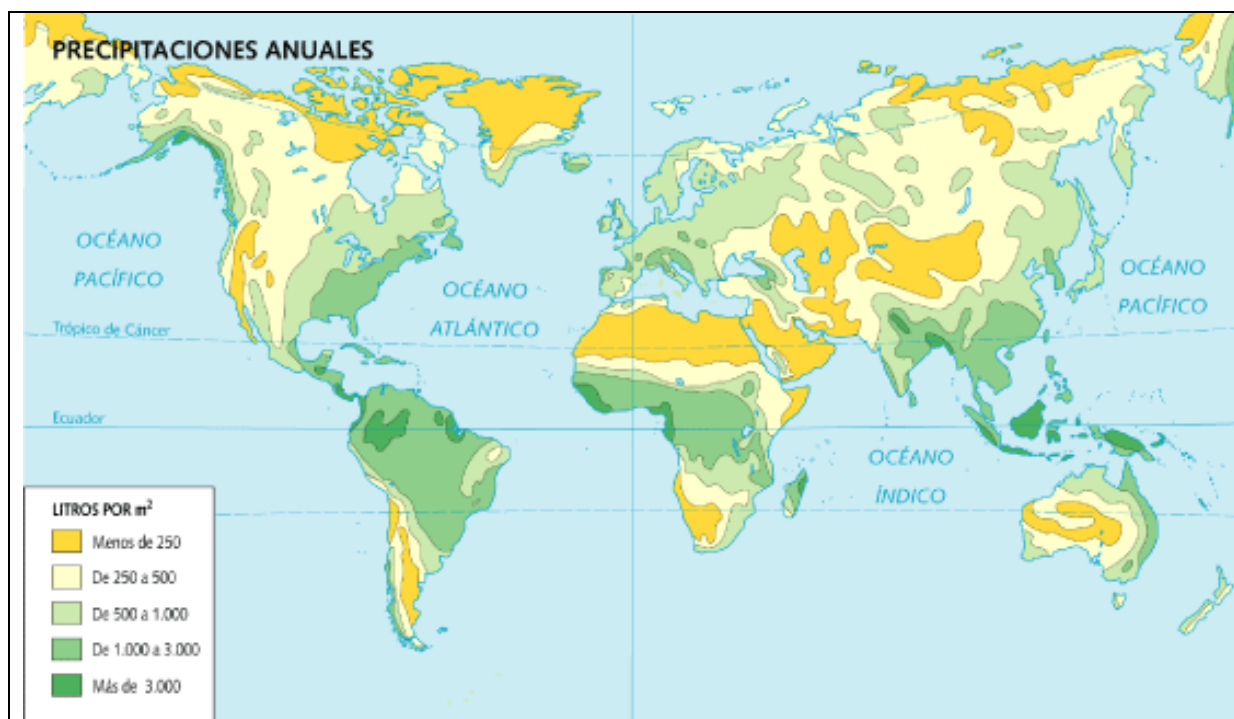
Puede decirse que los efectos ambientales de la minería metálica en países tropicales, se multiplican grandemente.

6. Minería metálica en Costa Rica

6.1 Zonas donde se podrían presentar yacimientos minerales metálicos

Costa Rica, por ser un territorio geológico originado por el choque de placas tectónicas, presenta en una buena parte de su extensión, tanto continental como marina, presencia de rocas ígneas, muchas de ellas de origen volcánico, en los cuales podrían encontrarse yacimientos minerales metálicos.

Figura 3. Mapa mundial de precipitaciones anuales



Nota: En los países tropicales se presentan las zonas más lluviosas del planeta, incluyendo a Costa Rica, con una precipitación promedio de 2000 mm / año, es decir 2 mil litros de agua por metro cuadrado al año.

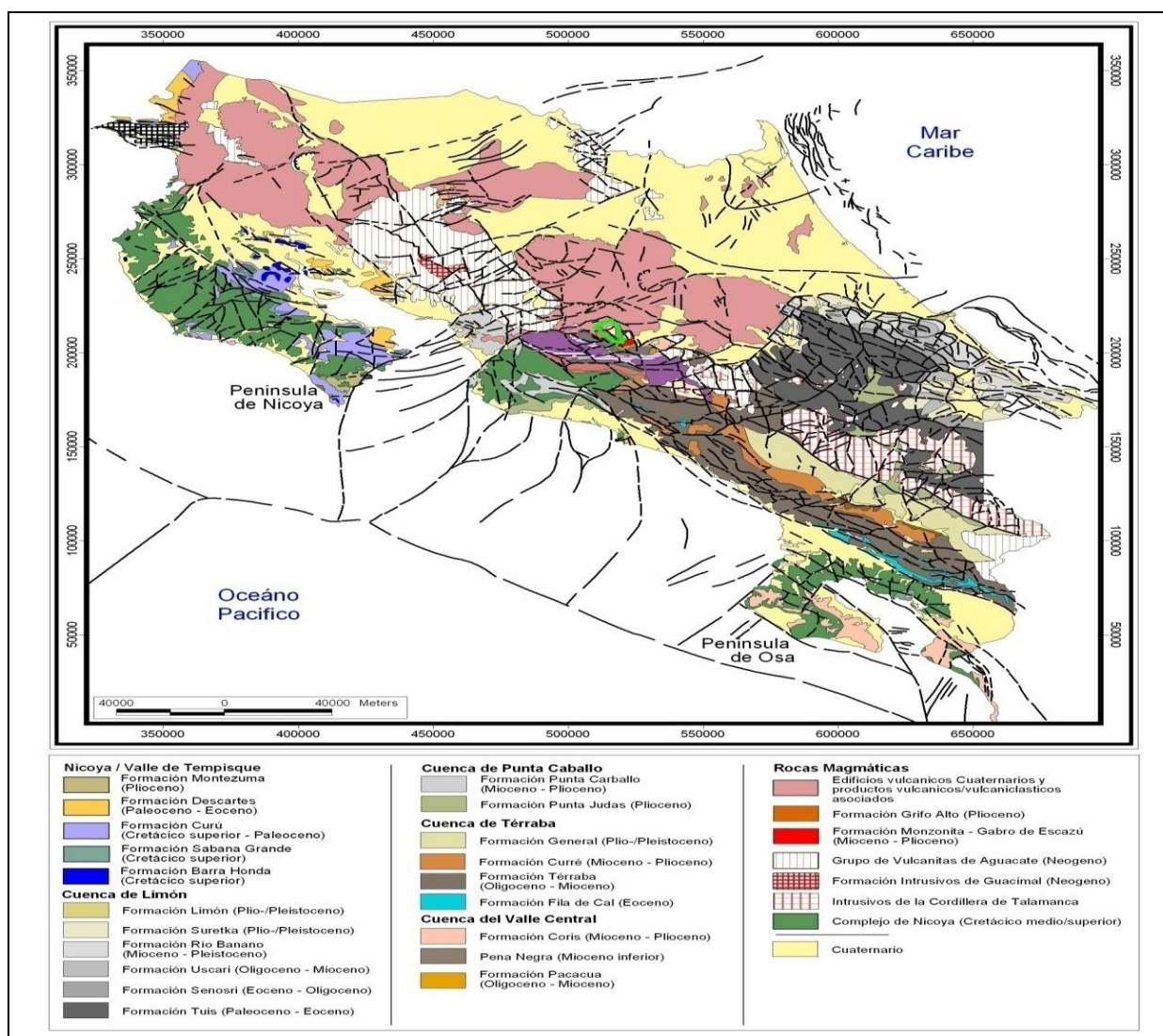
Los principales metales preciosos que podrían presentarse son Oro, Plata, Cobre y Níquel, entre otros (se ha especulado también sobre la presencia de Uranio). En la Figura 4 se presenta el mapa geológico de Costa Rica, editado por el Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones en el año 1997.

Si se analiza el mapa geológico de Costa Rica, de forma diferencial, es decir, observando los territorios donde hay formaciones geológicas de rocas ígneas, incluyendo las volcánicas, en las que podría haber yacimientos minerales en el territorio continental, se observara que se presentan en una extensión aproximada del 45 % del territorio (Figura 5). Como se indicó antes, en áreas de las cordilleras y en algunas mesetas (ver Figura 6).

5.2 Otros recursos naturales que se presentan en esas zonas

Una vez identificadas las zonas con mayor potencial minero metálico que hay en el territorio continental del país, es útil hacer una pequeña evaluación sobre las condiciones de otros recursos naturales que se presentan en esas zonas. Se analizan solamente tres factores claves: bosques, biodiversidad y recursos hídricos.

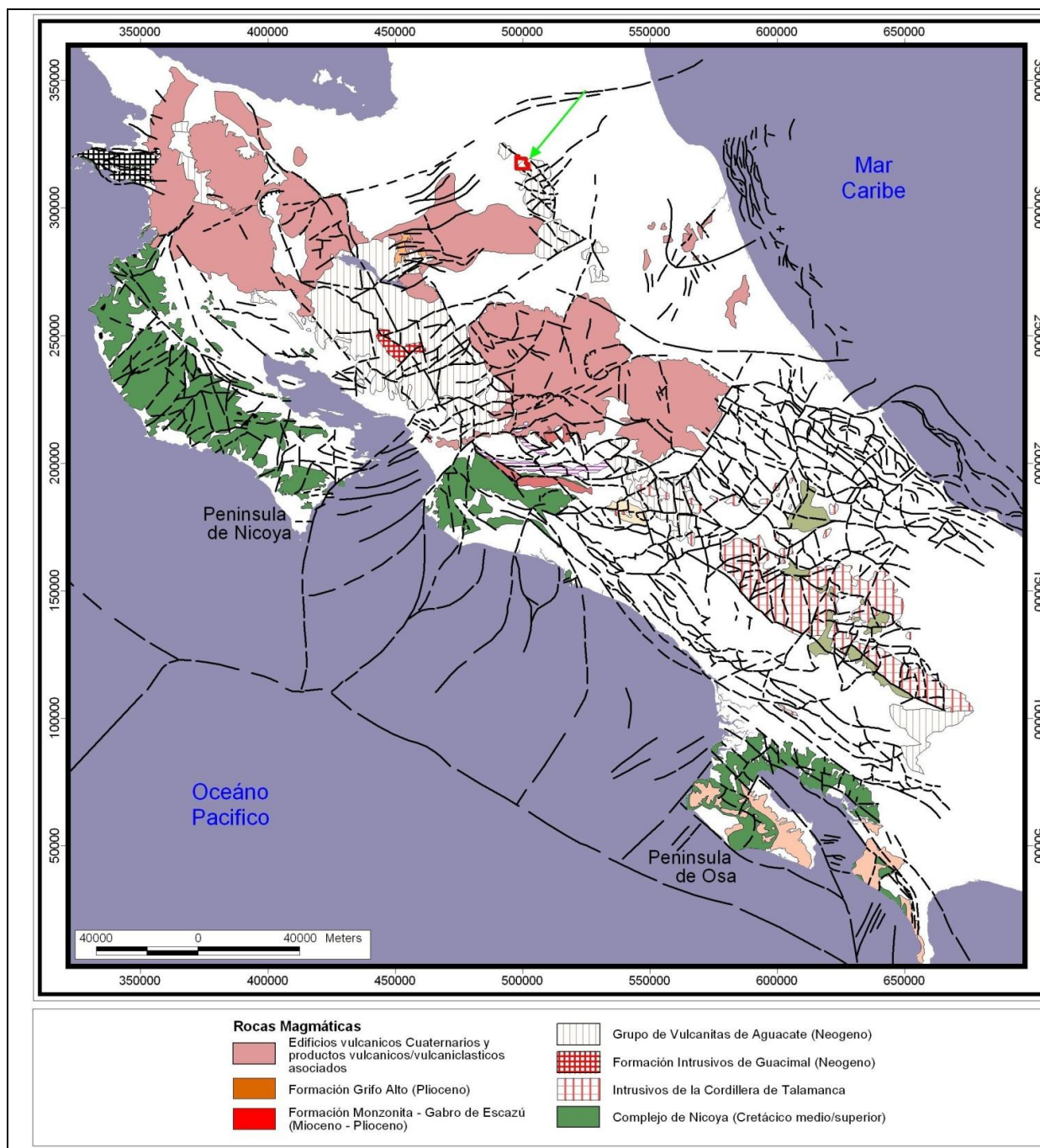
Figura 4. Mapa geológico de Costa Rica



Fuente: compilado, editado y publicado por el MINAET, 1997.

Nota: Las líneas negras representan fallas geológicas. A modo de referencia, en el marco verde se indica la ubicación del cantón de Santa Ana.

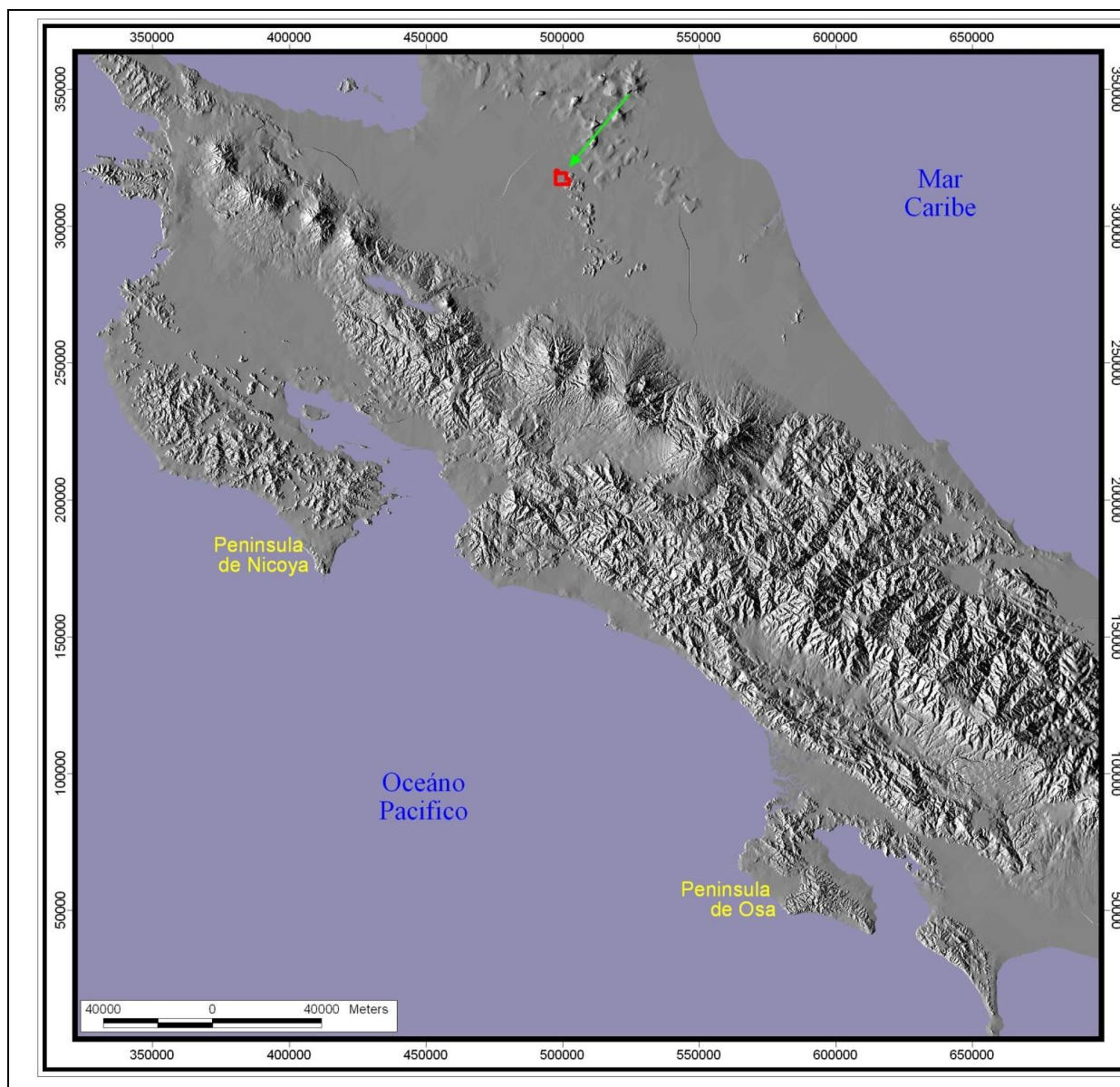
Figura 5. Mapa geológico de Costa Rica diferenciado, donde se han separado las áreas con presencia de rocas magmáticas o ígneas.



Fuente: compilado, editado y publicado por el MINAET, 1997.

Nota: Las líneas negras representan fallas geológicas. Las zonas de color, representan zonas donde se podrían encontrar, principalmente, las mineralizaciones metálicas en Costa Rica. Compare la Figura 6, para que se observe las condiciones de topografía en que se presentarían esas mineralizaciones. La fecha verde indica la localización del Proyecto Crucitas.

Figura 6. Imagen digital de Costa Rica, en la que se observa el relieve montañoso y las zonas de llanura.



Nota: Si se compara con la Figura 5, se podrá notar que las áreas donde se presente mineralizaciones metálicas, corresponden principalmente con zonas de cordillera montañosa y en algunas mesetas. La flecha verde indica la ubicación del Proyecto Crucitas.

BOSQUES

En la Figura 7 se presenta el mapa oficial de coberturas boscosas de Costa Rica, publicado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y otras entes, en el año 2000. FONAFIFO es un ente adscrito al Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

Como puede notarse al comparar los mapas de las figuras 5 y 7, se puede concluir que un gran porcentaje (cerca del 60 %) de los territorios con potencial de minería metálica se presenta en zonas con presencia de bosques naturales.

A este respecto es importante tomar en cuenta que los bosques tropicales, en cualquiera de sus variantes (seco, húmedo, nuboso, lluvioso, etc.) representan, junto con los arrecifes coralinos, los ecosistemas más ricos en biodiversidad del planeta. Además de servir de nicho para la vida de una gran cantidad de especies de flora y fauna, y de ser una fábrica de oxígeno, y de atrapar el carbono de la atmósfera, los bosques cumplen una extensa serie de servicios, como son: (a) mejoran la calidad del paisaje, (b) favorecen la infiltración del agua al suelo y al subsuelo, (c) regulan los microclimas, (d) favorecen la recuperación del suelo, (e) aportan plantas esenciales para la industria farmacéutica, (f) permiten y favorecen el desarrollo turístico, (g) sirven de laboratorio natural para la investigación y la enseñanza de las ciencias naturales, entre otros muchos factores de bienes y servicios ecosistémicos.

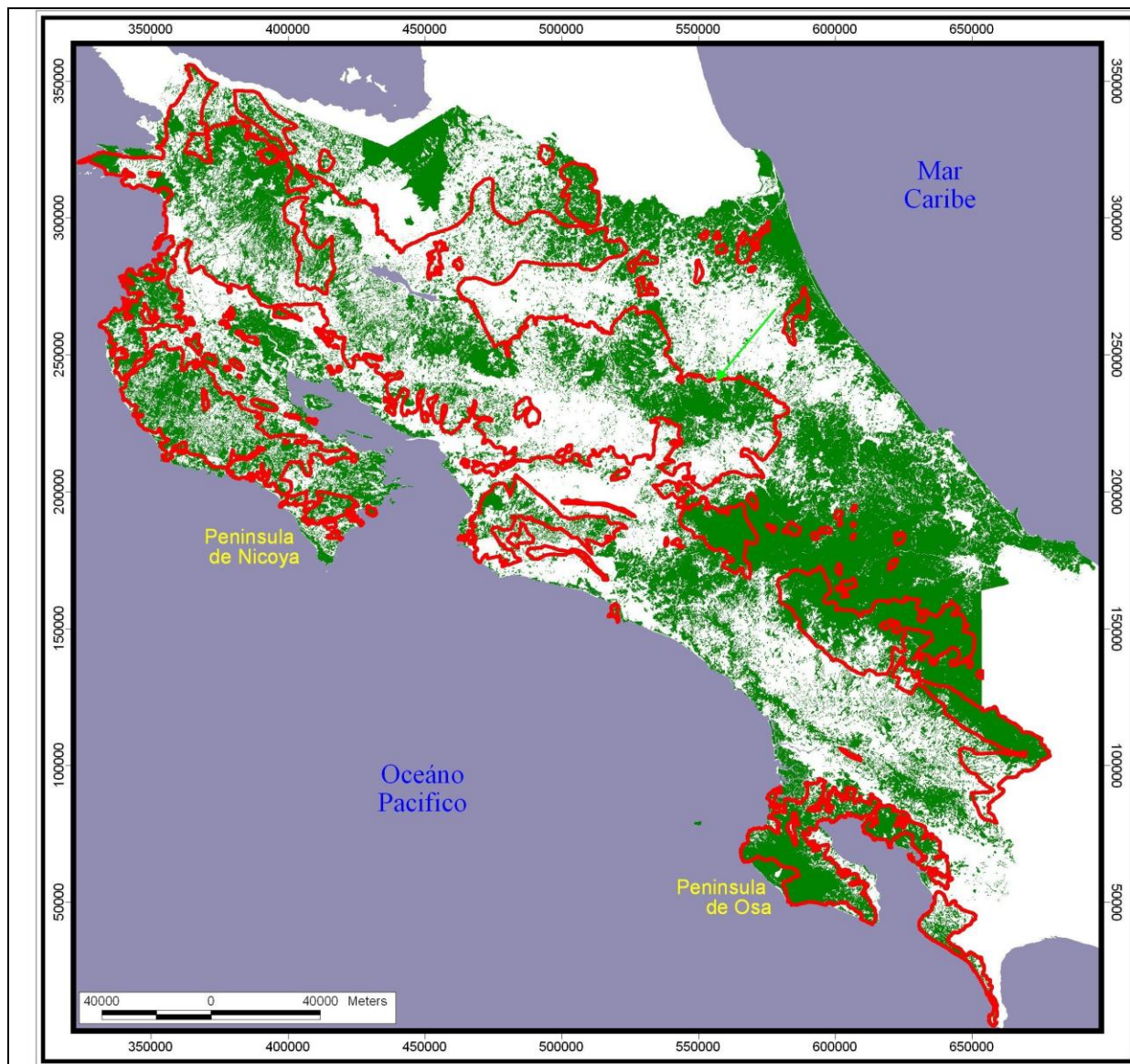
Los bosques naturales no se desarrollan en unos cuantos años. Por lo general, los bosques naturales primarios que dichosamente todavía se encuentran en el país, se han desarrollado durante cientos e incluso miles de años. Su eliminación radical y sistemática, por una actividad como la minería es una contradicción, ya que el valor del bosque, dada su naturaleza y aportes, puede ser mucho mayor que los mismos recursos mineros que se desean extraer. Su reposición no se logra con solo sembrar árboles, se requiere todo un proceso natural de sucesión y muchos años.

BIODIVERSIDAD

Es reconocido a nivel nacional e internacional, que Costa Rica, a pesar de su limitada extensión geográfica continental, presenta cerca del 5 % del total de las especies, es decir de la biodiversidad de todo el Planeta Tierra. Este hecho y la decisión que se tomó hace varias décadas de desarrollar un relativamente extenso sistema de áreas silvestres protegidas, le ha dado a Costa Rica un gran reconocimiento internacional, al punto de que recientemente se le calificara como una “joya verde del planeta”.

Sin embargo, es resulta muy importante recalcar que no toda la biodiversidad existente en el territorio continental del país, se encuentra protegida en las áreas silvestres protegidas. Así lo ha dejado ver, los estudios publicados en el 2007 por el Proyecto GRUAS II del mismo Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). Según ese estudio, solamente el 12 % de la biodiversidad del país, se encuentra protegido dentro del sistema de áreas silvestres protegidas. El resto 88 % de la biodiversidad se encuentran fuera de éstas áreas, incluyendo bosques de propiedad privada y territorios indígenas, entre otros.

Figura 7. Mapa de cobertura boscosa del año 2000.



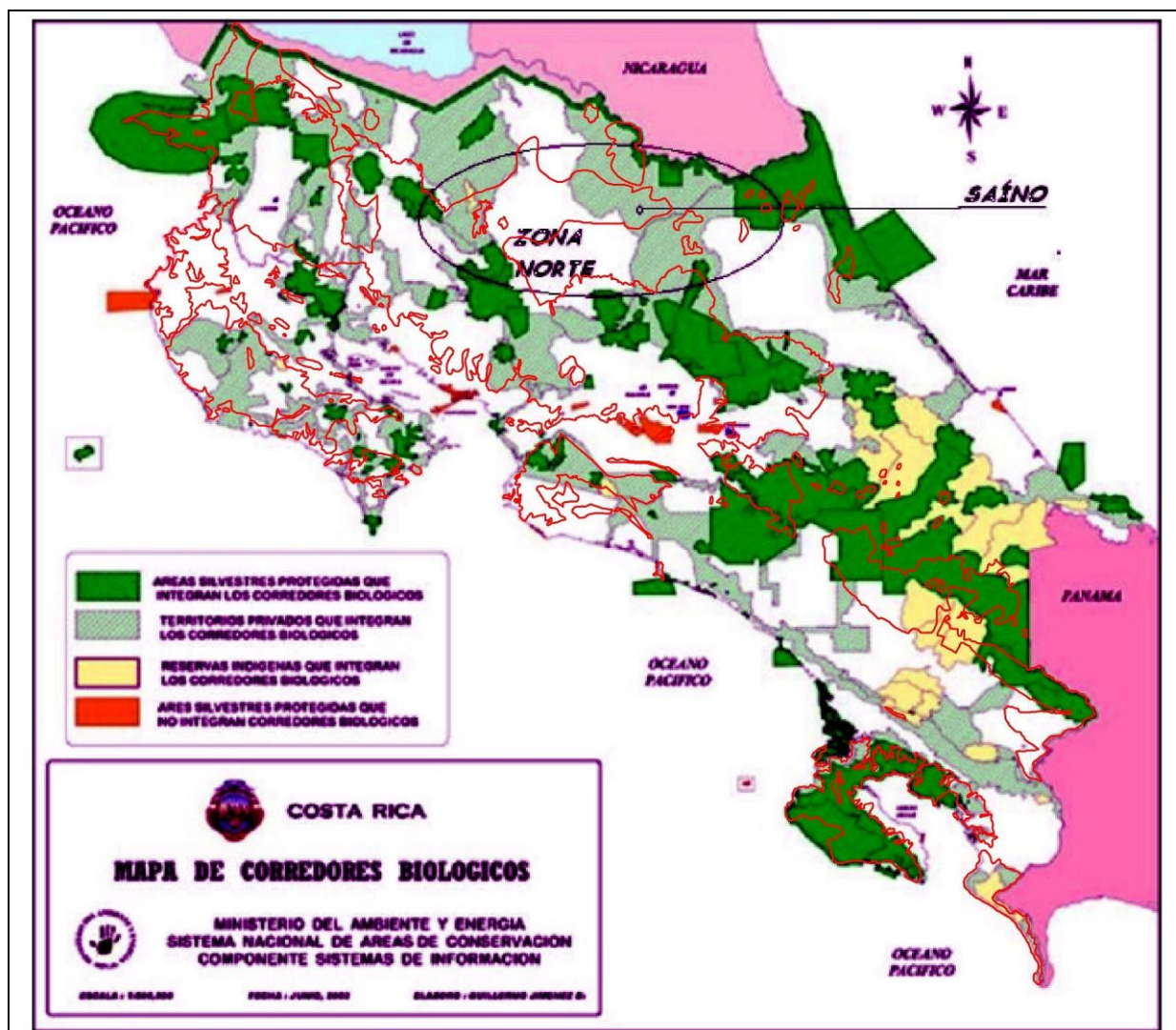
Nota: muchas de las zonas con potencial minero metálico (ver mapa de la Figura 5: áreas con líneas en rojo), se presentan en zonas con cobertura boscosa primaria.

En el mapa de la Figura 8 se presenta la distribución de las áreas silvestres protegidas del país, las reservas indígenas y también los corredores biológicos definidos por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del MINAET. Los corredores biológicos o de conectividad, representan espacios geográficos que conectan áreas silvestres protegidas y por donde se darían intercambios entre los diferentes ecosistemas protegidos. Estos corredores biológicos y de conectividad, resultan claves para darle sostenibilidad y apropiado sustento a los ecosistemas y para garantizar la supervivencia de la biodiversidad existente en el país.

Como puede verse en el mapa de la Figura 8 y su comparación con las áreas que podrían tener potencial minero metálico en el país (Figura 5), resulta que éstas últimas coinciden en casi un 90 % con las áreas silvestres protegidas, las reservas indígenas y los corredores biológicos.

Considerando la importancia que tiene el país, en su condición de joya de la biodiversidad del planeta y sabiendo que con la promoción de la actividad minera metálica, se pondría en riesgo esa biodiversidad, resulta claro que dicha actividad no es apropiada ni sostenible con la idea de mantener, proteger y en la medida de lo posible aumentar, la riqueza en biodiversidad que tiene Costa Rica.

Figura 8. Mapa de áreas silvestres protegidas, reservas indígenas y corredores biológicos y de conectividad de Costa Rica.



Fuente: Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET).

Nota: se compara el mapa de la Figura 5 (líneas en rojo) con este mapa, se encontrará que las áreas con potencial minero metálico se traslapan en casi cerca de un 90 % con las áreas silvestres protegidas, las reservas indígenas y con los corredores biológicos.

RECURSOS HIDRICOS

En razón de que Costa Rica se localiza en una de las zonas más lluviosas del planeta (ver Figura 3), el país presenta una extraordinaria riqueza en recursos hídricos, tanto superficiales, como subterráneos.

Desde el punto de vista de recursos hídricos superficiales (ver Figura 9), el país presenta una impresionante red hídrica, con numerosas cuencas hidrográficas de diversas categorías (primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias, etc.). Como puede verse en el mapa de la Figura 9, todos estos cursos de agua, drenan las zonas montañosas hacia las partes bajas donde son aprovechadas, en algunos casos, como fuente para riego y abrevadero de ganado, entre otras muchas funciones. En las partes medias y altas de las montañas, en muchas cuencas, hay tomas de agua para el abastecimiento de acueductos urbanos y rurales. En razón de ello, y para garantizar la calidad de las aguas que abastecen a las poblaciones esas áreas requieren de un sistema de protección especial, para la cual, la actividad minera metálica, que utiliza sustancias químicas peligrosas, no es compatible.

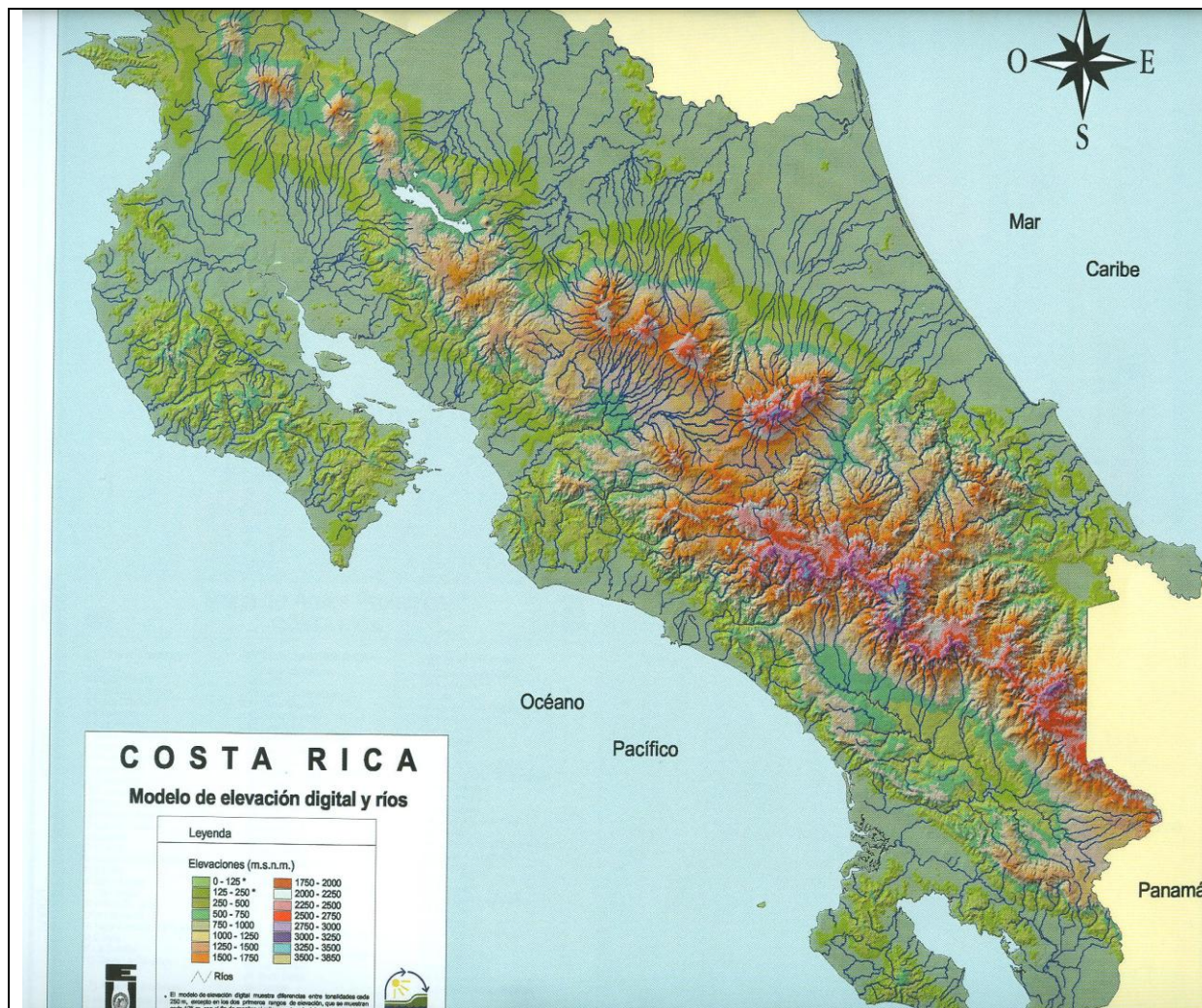
Por otro lado, en la Figura 10 se presenta el mapa de geoaptitud hidrogeológica de Costa Rica, basado en las condiciones hidrogeológicas de las formaciones, según el mapa geológico del MINAET del año 1997 (ver Figura 4). Este mapa solamente muestra el potencial de existencia de un tipo de acuífero denominado acuífero abierto, dado que tiene una conexión directa con la superficie (ver Figura 2). Este tipo de acuífero se caracteriza por que su área de recarga es igual que la extensión del acuífero mismo. De esta manera, según el mapa de la Figura 10, se puede notar que en Costa Rica, aproximadamente el 75 % de su territorio es área de recarga acuífera. Este aspecto debe entenderse como una excelente noticia, pues quiere decir que el país es muy rico en aguas subterráneas. También debe entenderse de que las actividades humanas que se desarrollen en la superficie, deben realizarse con muy buenas prácticas ambientales, a fin de evitar a toda costa que se de contaminación de las aguas subterráneas.

Cuando se compara el mapa de la Figura 10, con el de la Figura 5, que muestra la extensión de áreas con potencial presencia de yacimientos minerales metálicos, se nota que aproximadamente en un 60 % del territorio se presente traslape.

Cuando se combina esta circunstancia, con el hecho de que en la parte alta de las montañas se presentan tomas de agua para el abastecimiento de las poblaciones, queda claro que en casi un 100 % los sitios con potencial de minería metálica, se traslapan sobre áreas con gran potencial en recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Al igual que en caso de los bosques, resulta que el verdadero mineral líquido y precioso que tiene el país, el agua, podría ser muy afectada, en el caso de que en el país se desarrollara una actividad minera metálica en las áreas hídricamente más sensibles de Costa Rica.

Figura 9. Mapa de cursos de agua superficial principales del país, 2005.



Fuente: CIEDES, 2005.

Nota: Se pueden notar la importante red hídrica que caracteriza al país y la cantidad de cuencas hidrográficas que existen.

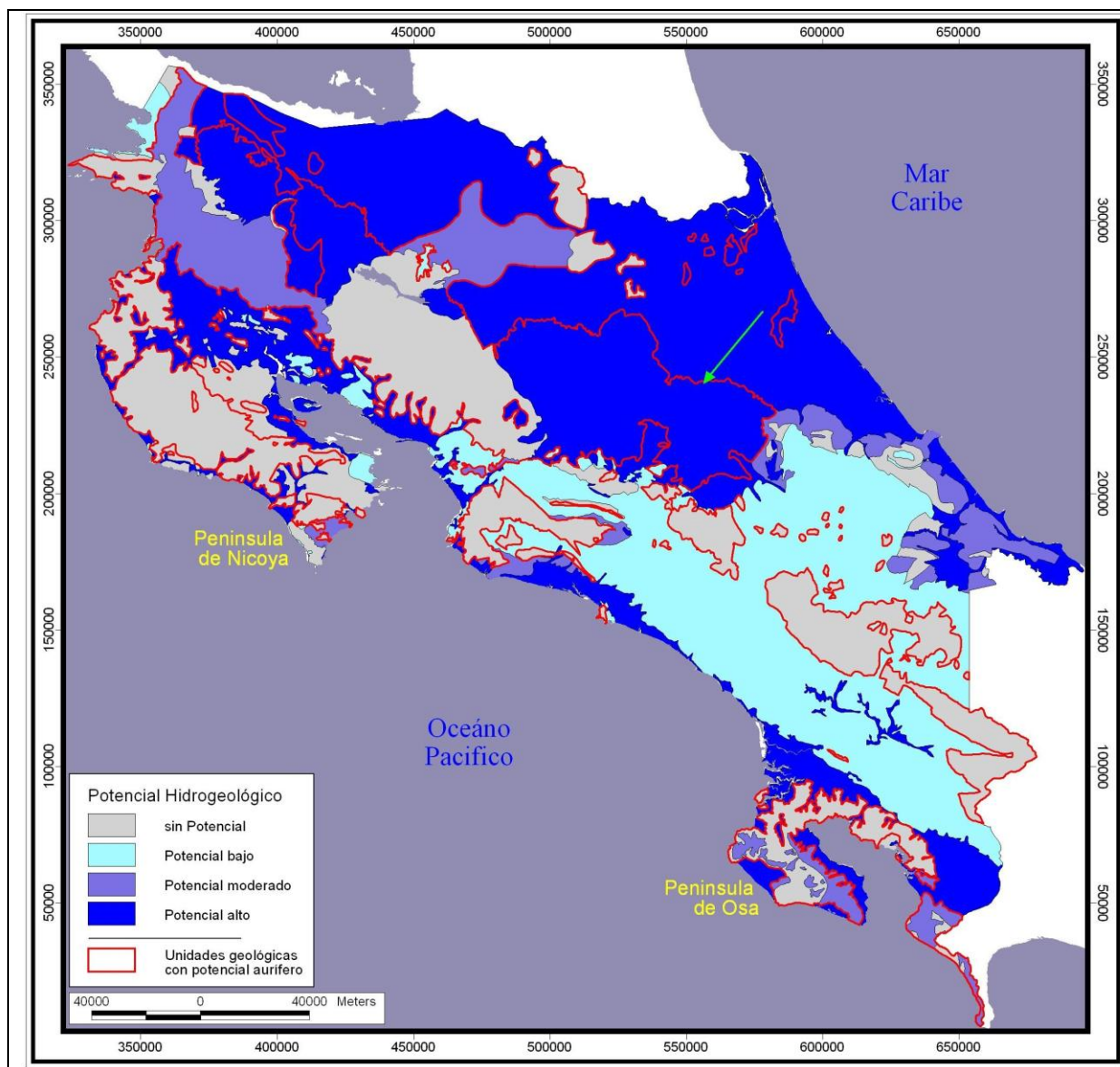
7. Discusión y conclusiones

En el presente análisis se aportan una serie de elementos relevantes para poner en discusión la viabilidad ambiental que podría tener la explotación minera metálica en un país tropical como Costa Rica.

Ante todo se ha analizado que la minería metálica es una actividad altamente impactante en el ambiente. Mucho más que la actividad agrícola intensiva, que la industria y el desarrollo de construcciones.

Esta actividad se debe localizar exactamente donde se localice el yacimiento, y para su ejecución debe realizar profundas y violentas transformaciones del ambiente, que incluyen eliminación de la cobertura vegetal, separación del suelo y de todos los materiales estériles, cambios en los cursos de agua superficial, afectación de acuíferos subterráneos, alta generación de riesgo por el manejo de sustancias químicas peligrosas, entre otros aspectos.

Figura 10. Mapa de Geoaptitud Hidrogeológica de Costa Rica, 2003.



Fuente: Astorga & Arias, 2003.

Nota: Las áreas "sin potencial" se refiere a áreas en donde hay menor potencial de acuíferos abiertos, pero pueden tener potencial para el desarrollo de acuíferos confinados. Si se compara este mapa con el de la Figura 5 (ver contornos en rojo), se observa que casi el 60 % de los territorios con potencial minero se localizan sobre áreas de recarga acuífera de diverso potencial.

Todos esos aspectos, y otros más hacen que el desarrollo de la actividad minera metálica en países tropicales resulte altamente riesgoso, no solo para el ambiente, sino también para la inversión que se requiere para su desarrollo. Este hecho agrega un elemento adicional de relevancia, y es que debido a los elevados costos de operación en países tropicales, la minería metálica depende de que se presenten precios relativamente altos en el mercado.

Como podrá comprenderse, este aspecto incrementa el riesgo de esta actividad, ya que si por situaciones de mercado, los precios del metal bajaran, la actividad minera

tendría que suspender su operación, con las grandemente negativas consecuencias ambientales y sociales que eso podría traer.

También, como parte del documento se ha mostrado los territorios continentales del país, donde por situaciones geológicas, podrían presentarse posibles yacimientos minerales metálicos. Esos territorios coinciden con áreas montañosas de cordillera y algunas mesetas de origen volcánico.

Se ha mostrado que precisamente esas zonas con potencial minero, presentan en un gran porcentaje cobertura de bosques naturales, alta biodiversidad, así como áreas silvestres protegidas, o territorios indígenas.

Además, esas mismas zonas, presentan una gran riqueza hídrica, tanto superficial, como subterránea. En el caso de las aguas superficiales, en muchos casos, debido a que se trata de la parte media y alta de las cuencas, se presentan con mucha frecuencia captaciones de agua superficial para el abastecimiento de acueductos urbanos y rurales. Por otro lado, desde el punto de aguas subterráneas, muchas de las áreas con potencial minero metálico, se localizan sobre áreas de recarga acuífera, o en su defecto, presentan acuíferos subterráneos regionales en el subsuelo.

No se incluyó en el análisis el tema de la vulnerabilidad de los territorios con potencial de yacimientos metálicos, a las amenazas y peligros naturales. Debido a que muchos de esos sitios se presentan en condiciones de montaña, donde predominan las altas pendientes, son sitios vulnerables a deslizamientos o afectación por fallas geológicas activas (ver Figura 4).

En consideración de todo lo anterior, resulta evidente que la minería metálica a cielo abierto o subterránea, por el grado de riesgo ambiental que representa NO ES COMPATIBLE, con la condición de fragilidad ambiental que caracteriza las zonas del país donde podrían encontrarse yacimientos de minerales metálicos.

Tal y como se ha expuesto en este documento, los territorios con potencial de yacimientos minerales metálicos, tienen enorme riqueza en su superficie, por paisaje, bosque, biodiversidad y recursos hídricos que podría ser severamente dañada en caso de que se impulsara actividad minera. Por el contrario, el desarrollo de esas zonas debería partir de explotar esas riquezas naturales aprovechando los bienes y servicios que brindan los ecosistemas y no apostar por una actividad económica, de muy alto riesgo y que tradicionalmente, no ha representado una fuente sostenible y significativa para el desarrollo económico y social de la nación.

8. Referencias

- Astorga, A. & Arias, M., 2004: Mapa de geopotencial hidrogeológica de Costa Rica: Implicaciones respecto a la gestión ambiental. Revista Geológica de América Central N° 29: de desarrollo. -págs. 95-101., Editorial de la Univ. de Costa Rica, San José.
- Quesada, C. (2005): Mapa de Costa Rica: modelo de elevación digital, poblados, ríos, carreteras y áreas protegidas. Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES). Editorial Universidad de Costa Rica, 23 p.
- Rojas, L. & Chavarría, M.L. (2005): **Corredores Biológicos de Costa Rica**. Publicación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Corredor Biológico Mesoamericano y del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) con la colaboración de The Leatherback Trust, Wildlife Conservation Society y Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos, 217 p.
- SINAC (2008): Gestión Sociológica del Territorio: un enfoque de conservación para el desarrollo. Marco Conceptual. Documento Técnico del Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio del Ambiente y Energía, 27 p.