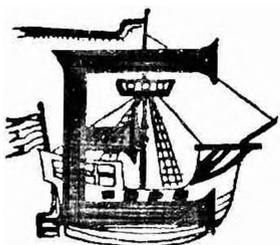


IMPACTO AMBIENTAL MARITIMO DEBIDO A LAS ACTIVIDADES MINERAS DE LA MINA DE COBRE "EL SALVADOR", CHILE

Laboratorio de Zoología, Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile.

Por

J. C. CASTILLA y E. NEALLER



El IMPACTO ambiental marítimo como resultado de un vaciamiento de desechos en el mar se estudia en Chañaral (Norte de Chile). Estos vaciamientos de la mina de Cobre El Salvador han obstaculizado actividades del puerto, causaron modificaciones costeras geomorfológicas y afectan seriamente los ecosistemas costeros marítimos y actividades recreativas. En el antiguo lugar de vaciamiento, Bahía de Chañaral (1938-1974) cerca de 150 millones de toneladas de sedimentos refinados se habían acumulado. Descargas de desechos en el nuevo lugar de vaciamiento, Caleta Palito, aproximadamente 8 kms. al norte de la Bahía de Chañaral se están acumulando aproximadamente a una razón de 25.000 toneladas de sedimentos refinados diarios, más cantidades desconocidas de productos químicos (Cu, As, etc.). Desde enero de 1975 a julio de 1976, este lugar ha recibido más de 13 millones de toneladas de sedimentos, lo que ha causado deterioro del ambiente costero marítimo, reducción en la penetración de luz y altas mortalidades entre los invertebrados marinos, peces y algas.

La industria minera, específicamente, la extracción y el procesamiento del cobre, desempeña una función esencial en la eco-

nomía chilena. La mayoría de las minas de cobre están ubicadas en los Andes Australes, en la región árida-semi-árida del país. Las tres más importantes son: Chuquicamata a 2.680 m. sobre el nivel del mar (22° 19' Lat. S.; 68° 56' Long. W). El Salvador a 2.600 m. sobre el nivel del mar (26° 15' 33" Lat. S.; 69° 34' 15" Long. W.) y El Teniente a 2.113 m. sobre el nivel del mar (34° 04' Lat. S.; 70° 21' Long. W.). El impacto ambiental de las actividades de la minería de metales recibió atención mundial (Brown, 1968; Schmidt y Conn, 1969; Bell y Nacarrow, 1974; Bell et al., 1975). Los efectos de tal impacto son ya conocidos y se han presentado medidas de índices, reglamentos y de disminución de la polución (Nitta, 1967; FAO, 1971; Bell, 1976). Evaluaciones biológicas de organismos marinos y de ecosistemas han revelado alteraciones ecológicas, fisiológicas y bioquímicas en especies y comunidades afectadas por aguas de desechos de minería, un resultado de ambos componentes, orgánicos e inorgánicos, contenidos en ellas (Connor, 1972; Brown y Newll, 1972; Thurberg et al., 1973; Reish et al., 1974; Bohn, 1975; Webb et al., 1976).

En dos de las minas de cobre, Chuquicamata y El Teniente, el control de la contaminación de "desecho" se logra mediante la descarga de desperdicios dentro de

estanques de desechos. Sin embargo, en El Salvador todos los desperdicios de minería no tratados son vaciados mediante un canal semiartificial directamente a la playa. Este documento trata del impacto ambiental en la zona de Chañaral, Chile, como resultado de las actividades mineras en marcha en El Salvador y de las actividades de minería en el pasado de la Mina de Cobre de Potrerillos, ahora extinguida.

Material y metodos

Observaciones y muestreos fueron efectuados durante dos reconocimientos en el área de El Salvador —Chañaral (Fig. 1a) en julio 1975 y julio 1976. Como base para el estudio, se efectuó un examen de los trabajos de las plantas, incluyendo el proceso extractivo, procesamiento de la planta de cobre y molibdeno y los canales de vaciamiento, pasados y actuales. El área costera de Chañaral (Fig. 1b) fue inspeccionada desde la parte más austral de la Bahía de Chañaral al Puerto Pan de Azúcar, 24 kms. al norte de la bahía (26° 09' Lat. S, 70° 45' Long. W).

En la Bahía de Chañaral, Puerto Pan de Azúcar y Caleta Palito (la última es el actual sitio de descarga de desperdicio) SCUBA fue empleado a fin de determinar las características del fondo marino y el contenido del sedimento. Se observaron organismos sublitorales y comunidades mediante la misma técnica. Tres sectores de 50 m² (5 m x 10) fueron estudiados entre las profundidades de 2-8 m. en ambas zonas contaminadas y no contaminadas encontradas en el área de estudio. La unidad de esfuerzo usada durante las operaciones de sumergimiento era de 30 minutos de hombre por sector. La temperatura superficial (Teletermómetro YSI, modelo 42 SC) y penetración alta (disco Secci, 25 cms. de diámetro) fueron medidas en varios lugares dentro de una distancia de una milla y media desde la playa. A lo largo de 24 kms. del borde de la playa, la presencia o ausencia de espuma de desperdicio y las especies y comunidades afectadas fueron registradas. Se observaba diariamente la dispersión del contaminante de color del vaciamiento de desperdicio.

La mina de El Salvador es explotada mediante técnicas que excavan en bloque.

Después de la molienda, los minerales se concentran por flotación básica. El concentrado de sulfuro de cobre (CuS; CuS₂) es transferido a la planta de concentración de molibdeno para la separación del sulfuro de molibdeno de la flotación diferencial. Este proceso requiere el empleo de ANA-MOL (arsénico y sulfuro de sodio) cianuro y cal como colectores de sulfuro de molibdeno y debilitantes de sulfuro de cobre. El concentrado de cobre se envía a través de un tubo a la actual planta de refinamiento de Potrerillos (anteriormente, una mina de cobre, 1938-1958).

En todas las etapas de procesamiento y de la mina en El Salvador se usan 65.000 toneladas diarias de agua (2.5 toneladas de agua por tonelada de materia prima). El agua se obtiene de los recursos de ésta desde los Andes. Excluyendo aquella utilizada en la planta de concentración de molibdeno, el 40 por ciento del agua se recupera y recicla. La total descarga de agua de vaciamiento alcanza 39.000 toneladas al día (de las cuales, 850 toneladas constituyen la producción total de la planta de molibdeno). El contenido de sólidos suspendidos alcanza un promedio de 25.000 toneladas diarias. Las descargas de desechos de las plantas de concentración de molibdeno y cobre son evacuadas a través de un canal de 25 kms. de longitud que desemboca en la localidad de Llanta (Fig. 1a) en el lecho del Río Salado. En Llanta y Pueblo Hundido se realiza una recuperación adicional de pirita de cobre mediante flotación.

Las aguas de desecho urbano después del tratamiento (planta de tratamiento de aguas servidas de El Salvador) son canalizadas 50-55 kms. río abajo antes de juntarse, en Pueblo Hundido, la corriente de descarga de desecho (Río Salado). En adelante, una sola corriente lleva ambos tipos de residuos al lugar de vaciamiento en el área costera de Chañaral. Desde 1938 a 1974, las aguas de desperdicio y desecho fueron descargadas directamente en la playa de Chañaral (Fig. 1b). Desde febrero de 1975, un nuevo canal recoge las descargas de Río Salado, 8-10 kms. fuera de la playa de Chañaral y las lleva a un nuevo lugar de vaciamiento en Caleta Palito.

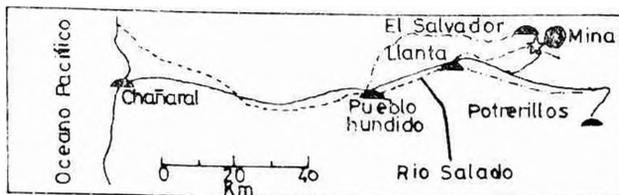


Fig. 1a.—Posición relativa de la mina de cobre El Salvador y la ciudad de Chañaral.

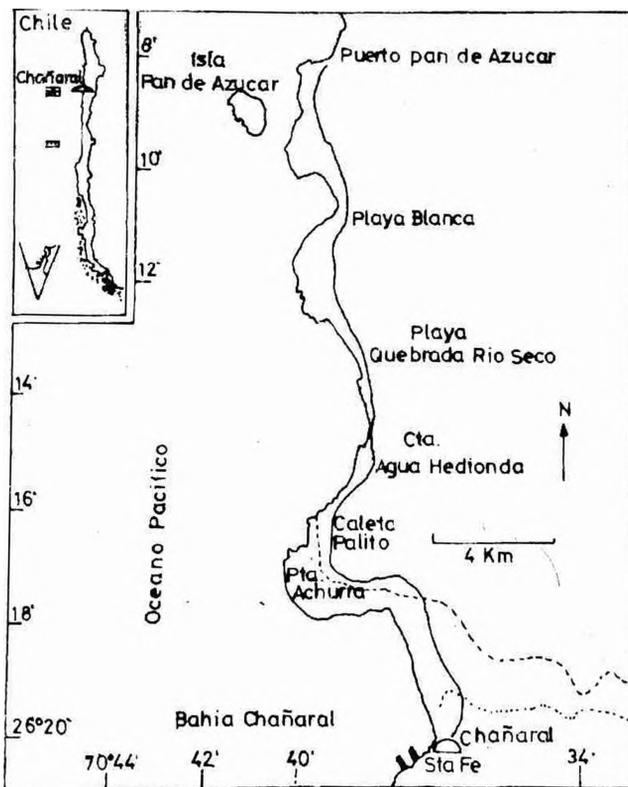


Fig. 1b.—Chañaral y Puerto Pan de Azúcar.

Resultados y Discusión

El impacto de las descargas de vaciamiento en el ambiente marino en el área de Chañaral afecta: las actividades portuarias, las características costeras geomorfológicas, los ecosistemas marinos, extracción de recursos marinos y actividades recreativas. Las actividades marítimas en la Bahía de Chañaral son principalmente el embarque de cobre (en Barquito, sur de la bahía), fierro (muelle de Santa Fe) y pesquerías en el Muelle Fiscal y en Muelle de pescadores. Desde 1938 a 1974, toda la

descarga de vaciamiento en la Bahía de Chañaral alcanzó una cifra estimada en 150 millones de toneladas. Varios informes (Misión del Laboratorio Central de Hidráulica, Francia, 1962; Rubio, 1968, 1970; Corniquel, 1969) demostraron una reducción significativa en la profundidad de la bahía y efectos perjudiciales en la boya (desgaste). A pesar del traslado de la descarga de vaciamiento de la Bahía de Chañaral en 1975, parece que aquellos refinados sedimentos no consolidados continúan interfiriendo con las normales actividades portuarias debido a la corriente y a

la acción de aguas inducidas al cambio de acumulaciones en el interior de la bahía.

Los impactos mencionados arriba, han demostrado la existencia de alteraciones geomorfológicas significativas a lo largo de la ribera de la playa de Chañaral. Corniquel (1969) señaló que en octubre de 1962 y en marzo de 1969, los 4,5 kms. de longitud de la playa de Chañaral se habían expandido 130 m. mar adentro en la zona norte y 100 en el sur. La expansión artificial fue una consecuencia de la sedimentación de desechos depositados sobre la playa. Se pueden discutir dos situaciones en lo que se refiere a los ecosistemas marinos: el impacto ambiental en la Bahía de Chañaral mediante vaciamiento desde 1938 a 1974 y el impacto en Caleta Palito, actual sitio de vaciamiento desde 1975.

Millones de toneladas de "refinados" vertidas en la Bahía de Chañaral y playas adyacentes han afectado seriamente los ecosistemas marinos. Las inspecciones realizadas en 1975 y 1976 mostraron condiciones de total esterilidad biológica en lo que se refiere a la macrofauna de playas arenosas. Ninguna de las especies descritas para playas descontaminadas del área (Castilla, 1975, Castilla et al., 1977) se han encontrado en el transcurso de tales investigaciones. Los resultados de los sumergimientos en la Bahía de Chañaral durante julio de 1975, a profundidades de 10-12 m. mostraron una capa de sedimento refinado no consolidado acumulado en 2 m. de profundidad. Las comunidades bentónicas resultan gravemente afectadas por la sedimentación en gran escala. Katz et al., (1966) ha demostrado que los habitantes inestables interfieren con el desarrollo normal de una comunidad bentónica. Ninguna comunidad bentónica arenosa o rocosa como tal fue observada durante los buceos en la Bahía de Chañaral. Se estima que las comunidades planctónicas de la región han sido afectadas por la suspensión permanente de sólidos, como resultado de la actividad de las olas, corrientes y otros fenómenos oceanográficos que ocurren en la bahía. Los sólidos en suspensión interfirieron con la penetración de la luz y nuestras mediciones con disco Secchi demostraron la extinción de la penetrabilidad de la luz a profundidades de 2-3 mts. en la bahía.

Debido al embancamiento de la Bahía de Chañaral, la descarga de desechos fue trasladada a Caleta Palito en 1975. El nuevo

lugar de vaciamiento es el punto de partida de una zona litoral arenosa y rocosa que se extiende hacia el norte con comunidades marinas entre mareas y sublitorales ricas biológicamente. El impacto de contaminación producido por la sedimentación y acción química de sólidos (que todavía no ha sido investigado exhaustivamente) ha alterado substancialmente el ecosistema del litoral. La mortalidad masiva de peces y moluscos fue informada en el nuevo sitio de vaciamiento (febrero de 1975) por los habitantes de la localidad, unos pocos días después de a iniciación del proceso de descarga. En julio de 1975 y julio de 1976 se detectó la mortalidad masiva de organismos en las áreas entre mareas y bajas mareas. Las especies afectadas fueron: la estrella de mar, *Stichaster striatus*; la lapa, *Collisella* spp.; la lapa, *Fisurella* spp.; el erizo de mar, *Tetrapigus niger*; las jaiibas, *Hemigrapsus crenulatus* y *Homolapsis plana*; el loco *Concholepas* y los peces, *Sicyases sanguineus* y *Aphos*, porosus, como también varias especies de algas litorales.

Durante toda la investigación de Caleta Palito observamos manchas aceitosas de color verdoso que se esparcían sobre cientos de metros de la costa siguiendo el rumbo de los vientos predominantes entre Punta Achurra y Quebrada Río Seco (Fig. 1b). Las áreas rocosas y arenosas cercanas al nuevo lugar de vaciamiento aparecían cubiertas por residuos de desechos que parecían perjudiciales para las comunidades costeras. Además, como lo predijo el informe del año 1962 de la Misión del Laboratorio Central de Hidráulica de Francia observamos que la Bahía de Chañaral sigue siendo afectada por las descargas de desechos desde Caleta Palito. Esto se debe al efecto de las corrientes locales de agua de mar costeras y al constante cambio de los vientos en la zona.

En Quebrada Río Seco, ocho kms. al norte de Caleta Palito, detectamos residuos de desechos en julio de 1976. La pirita es detectada fácilmente por su tendencia a flotar con los movimientos del agua; consecuentemente, los sedimentos de pirita sobre las rocas y la arena tienen un peculiar color verde pirita.

Hasta julio de 1976, se habían acumulado 13 millones de toneladas de sólidos en la nueva zona de vaciamiento.

Nuestras observaciones de buceo demostraron que debido a la acumulación de estos sedimentos la reducción de las profundidades en el área de Caleta Palito (desde la línea costera hasta 500-600 mts. playa afuera) variaban entre los 10-5 mts. Por lo tanto, grandes cambios geomorfológicos costeros están actualmente en proceso en Caleta Palito.

El cuadro 1 muestra las principales especies de peces, invertebrados y algas del área rocosa de control del Puerto Pan de Azúcar (Fjg. 1b), 15 kms. al norte del lugar de vaciamiento. En julio de 1975 esta región aparecía libre del efecto contaminante de las descargas de desechos. Aunque la baja visibilidad a causa de los sólidos suspendidos (50-60 cms.) impidieron las observaciones de peces en Caleta Palito, los exámenes de macro-invertebrados y algas fueron confiables.

Los resultados del cuadro 1 muestran que en el área de Pan de Azúcar la diversidad y densidad orgánica de organismos marinos son altas. De acuerdo con nuestras observaciones (entre marea y baja marea) llegamos a la conclusión de que la polución química y la acumulación de sedimento perjudican el desarrollo de invertebrados, algas y peces benthicos en el área de Caleta Palito.

Tabla 1

Organismos marinos observados utilizando SCUBA (julio 1975) en Puerto Pan de Azúcar (área de control) y Caleta Palito.

Puerto Pan de Azúcar durante 60 min., en profundidades 2-8 mts. y Caleta Palito durante 30 min. en profundidades 3-6 mts.

Especie observada	Nombres comunes	N° de organismos	
		Puerto Pan de Azúcar 50 m ²	Caleta Palito 50 m ²
Peces			
<i>Cheilodactylus antonii</i>	"bilagay"	9	?
<i>Aplodactylus punctatus</i>	"jerguilla"	33	?
<i>Mugiloides chilensis</i>	"rollizo"	25'	?
<i>Doydixodon laevifrons</i>	"bauco"	65	?
<i>Isacia conceptionis</i>	"cabinza"	125	?
<i>Paralichthys adspersus</i>	"lenguado"	1	?
Invertebrados			
<i>Stichaster striatus</i>	"estrella común"	200	None
<i>AAeyenaster gelatinosus</i>	"estrella júpiter"	4	None
<i>Patiria chilensis</i>	"estrella roja"	P	None
<i>Concholepas concholepas</i>	"loco"	225	None
<i>Firusella</i> spp.	"lapa"	P	None
<i>Collisella</i> spp.	"lapa"	P	None
<i>Achantopleura achinata</i>	"chitón"	P	None
<i>Homolapsis plana</i>	"jaiba mora"	2	None
<i>Carcer plebejus</i>	"jaiba reina"	4	None
<i>Balanus psittacus</i>	"picoroco"	N	None
<i>Tetrapigus niger</i>	"erizo negro"	N	None
<i>Pyura chilensis</i>	"piure"	N	None
Anémona de mar	"actinias"	N	None
Algas			
<i>Lessonia nigrescens</i>	: "chascón"	P	None

N = Números; P = Presencia; ? = Observación impedida

El cuadro 2 muestra las lecturas de dos parámetros físicos: temperatura superficial y penetración de la luz en diferentes puntos geográficos del área estudiada. La extinción de la luz a 0,6 mts. de profundidad en Caleta Palito refleja la abundancia de materia sólida en suspensión producida por las descargas de desechos. Puede verse que la máxima penetrabilidad de luz se observa en Puerto Pan de

Azúcar (área de control) y que otros puntos cerca del actual sitio de vaciamiento (Caleta Agua Hedionda y Punta Achurra) muestran importantes reducciones en penetrabilidad. Los bajos valores de penetrabilidad de la luz en la Bahía de Chañaral reflejan movimientos del sedimento suspendido provenientes de acumulaciones pasadas y no debido a descargas actuales.

Tabla 2

Temperaturas superficiales y extinción de luz.

	Puerto Pan de Azucar	Caleta Agua Hedionda	Punta Achurra	Bah a Chanaral
Temperatura Superficial (°C)	13,4-13,5	13,00	13,2	14,00
Extinción de Luz Disco Secchi (m)	7-10	2	0,6	2

Aunque el estudio exhaustivo sobre el efecto ecológico no se completó, creemos que los datos presentados reflejan con precisión el daño que han sufrido las comunidades entre mareas y bajas mareas. Indudablemente los futuros recursos de Chañaral dependen del mar debido a la presencia de áreas de marea ascendentes con su consiguiente riqueza biótica. El vaciamiento de desechos en el área está amenazando el futuro de la región. Además las actividades marítimas recreativas han resultado substancialmente afectadas.

El balneario marítimo de Agua Hedionda (Fig. 1b) ha desaparecido a consecuencia del establecimiento de un nuevo sitio de vaciamiento en Caleta Palito.

Estimamos que debe efectuarse más investigación en la región a fin de estu-

diar la reutilización de las grandes masas de desechos o aguas servidas domésticas, siguiendo el modelo del sistema de irrigación en esta zona tan árida. Deberían ponerse en práctica las lagunas de desecho en El Salvador lo más pronto posible. Además deberían iniciarse estudios de análisis de contaminación química de las aguas (Cu, As, CN-) y de la presencia de sólidos. Deberían instalarse sistemas monitores y desarrollar estudios ecológicos en las áreas contaminadas y no contaminadas aún de Chañaral.

Extra do de la Revista "Reports Marine Pollution Bulletin Vol. 9 - Nº 3 - Marzo 78
Por Ramon Monardes Montero, Subteniente,
Armada de Chile.

