

PERIS PERSI - MONICA UGOLINI (*)

ATTIVITÀ ESTRATTIVA E PAESAGGIO ANTROPOGENICO NEL DESERTO DI ATACAMA

Introduzione. – Tra le attività umane che hanno prodotto radicali trasformazioni nel sistema ambientale e territoriale vanno indubbiamente annoverate quelle minerarie. Sono queste, soprattutto nel caso di coltivazioni a cielo aperto, ad aver prodotto nuovi insiemi di forme e processi per i quali è stato coniato dai geografi russi il termine di paesaggio antropogenico (Ferri e Persi, 1979, pp. 187-201), quale sistema che spesso non conserva neppure la più lontana traccia delle morfologie, idrografie, coperture vegetali e talora dei microclimi presenti prima dell'avvio dell'attività estrattiva.

Già in precedenti occasioni questo aspetto è stato affrontato e approfondito in una regione subequatoriale, prendendo spunto dall'estrazione stannifera, che interessa vaste plaghe della penisola malese (Persi, 1979 e 1980). Qui si vuole riprendere il medesimo oggetto di studio, ma in un contesto ambientale e territoriale assai diverso: perché prossimo al Tropico del Capricorno e coincidente con uno dei deserti più secchi e aspri del mondo, e perché l'altitudine, le escursioni termiche, la prolungata insolazione e la forte trasparenza dell'aria, nonché le frequenti tempeste di sabbia, rendono l'habitat difficile e l'attività estrattiva a cielo aperto particolarmente faticosa e dura. Tra la realtà malese e quella cilena si interpone anche una profonda diversità di condizioni storico-sociali, nonché politico-economiche e tali da sollecitare il presente studio, non solo per un'utile comparazione, ma anche per far luce su un poderoso intervento ambientale ed economico che sin dalla sua prima attivazione ha rivelato profonde implicazioni geopolitiche (1).

Nel cuore del deserto di Atacama, nella II Regione del Cile, si trova infatti una delle concentrazioni di rame più estese del mondo e Chuquicamata – o

(*) Lavoro ideato e realizzato in stretta collaborazione. Ai fini di una valutazione, vanno attribuiti a P. Persi il secondo e il terzo paragrafo e a M. Ugolini il quarto e il quinto.

(1) La ricerca è stata compiuta in occasione di un soggiorno di studio presso la Pontificia Università Cattolica del Cile (Santiago). Si ringraziano per le utili informazioni e i preziosi consigli, colleghi e funzionari e in particolare José Ignacio Gonzáles, direttore dell'Istituto di Geografia, e Marcoleta Monserrat del Codelco.

Chuqui, come ormai viene abitualmente chiamata questa località – è nota per essere non solo la miniera con maggiore produzione di rame, ma anche la più grande escavazione a cielo aperto che l'uomo abbia mai effettuato, un'escavazione che continua ad ampliarsi e ad approfondirsi di anno in anno, modificando il profilo paesaggistico locale e inducendo irreversibili modificazioni ambientali.

Il Cile minerario e la politica internazionale. – Ogni ricerca di geografia cilena non può che prendere spunto da una considerazione di base: questa terra, talora distinta da una sorta di *geografia loca*, costituisce anche una concentrazione singolare e ineguagliabile di distretti metallogenetici che fanno del Cile un paese produttore ed esportatore di metalli, come il rame, ad altissima richiesta sui mercati internazionali.

Il rame, distinto da duttilità, malleabilità e conduttività elettrica (inferiore solamente a quella dell'argento), è insostituibile soprattutto nel settore elettrico ed elettronico (centrali e reti elettriche, radio, televisori, telefoni), ma trova largo impiego anche nell'edilizia (rivestimento di tetti, grondaie, impianti di riscaldamento ecc.), nell'industria militare e in quella aerospaziale. Entra, inoltre, in un vasto numero di componenti: dall'ingegneria meccanica a quella navale e chimica, dalla gioielleria alla produzione di monete e medaglie, dalla chinaglieria all'industria del gas e della refrigerazione, fino ai composti per uso agricolo (anticrittogamici e pesticidi). Infine è impiegato in leghe di grande utilità (rame-stagno, rame-zinco, rame-alluminio, rame-nichel, rame-nichel-zinco ecc.). Così si spiega l'intreccio stretto, e talora patologico, tra attività mineraria, economia, politica e relazioni internazionali che ha finito col segnare la storia del paese per tutto il secolo scorso, quando si è passati dalla piccola attività estrattiva a quella con grande impiego di capitali, largo coinvolgimento di manodopera e crescente intervento di società straniere interessate al monopolio di risorse strategiche.

Non stupisce che il Cile, soprattutto nell'ultimo quarto del XX secolo, sia stato interessato da vicende politiche interne che hanno finito con il portare al centro della ribalta mondiale un paese solo apparentemente marginale e che, al contrario, è distinto da una centralità economica imperniata sulla produzione di metalli irrinunciabili non solo per l'economia statunitense, già direttamente impegnata nello sfruttamento minerario cileno, ma per gran parte dei paesi a forte sviluppo industriale. Il Cile possiede infatti riserve di minerali sia metallici sia non metallici e, tra i primi, soprattutto di rame di cui è il principale produttore. Se infatti nel 1979 occupava il terzo posto, superato dagli Stati Uniti e dall'Unione Sovietica, già all'inizio degli anni Ottanta apriva la graduatoria, precedendo Stati Uniti e Canada e assicurando circa un terzo della produzione mondiale. Ma dispone anche di giacimenti di ferro, litio (con riserve nella regione di Antofagasta, che si stima rappresentino il 45% delle riserve mondiali), molibdeno (ottenuto come prodotto secondario nella raffinazione del rame), manganese, oro, argento, piombo e zinco, sebbene, in questi ultimi casi, con livelli

produttivi più bassi e tali da non incidere sensibilmente sui mercati internazionali. Tra i prodotti non metallici vanno ricordati il salnitro (di cui ha posseduto il primato fino alla prima guerra mondiale, quando la Germania ha avviato la fabbricazione di nitrati sintetici), lo iodio, di cui detiene il primato con il 20% della produzione mondiale, lo zolfo ecc. Per comprendere l'importanza del sottosuolo nell'economia cilena basta ricordare che i prodotti minerari assicurano oltre i due terzi in valore delle esportazioni del paese.

A tale incidenza economica e sociale non corrisponde altrettanta incidenza occupazionale: infatti il settore minerario impegna una massa di lavoratori che agli inizi degli anni Novanta ha raggiunto le 63.000 unità, poco rispetto alla popolazione di cui rappresentava solo lo 0,2% (Errazuriz e altri, 1992, p. 276). Ma la storia mineraria è stata accompagnata da un sempre più accentuato sviluppo tecnologico, sicché la produzione è cresciuta senza un pari sviluppo della forza-lavoro, sostituita, ovunque possibile, da poderose macchine per l'escavazione e il trasporto, nonché da sistemi di automazione ovunque possibile.

L'estrazione cuprifera dalle imprese nordamericane al CODELCO. – Antica è l'utilizzazione del rame, di cui il piccolo e interessante museo di San Pedro de Atacama conserva utensili che datano parecchi secoli prima di Cristo. Se infatti il ferro viene conosciuto tardivamente solo grazie agli spagnoli, già in tempi remoti gli atacamegni utilizzavano tale metallo per strumenti da lavoro e da taglio, impiegati in agricoltura e nella quotidianità domestica. Ma l'attività estrattiva su vasta scala comincia nei primi decenni dell'Ottocento quando a Coquimbo (nel Norte Chico, antica area dell'oro, argento e rame) si affermano tre compagnie inglesi (Chilean Mining Association, Anglochilean, Chilean and Peruvian Mining). Le città più vicine ai distretti minerari rapidamente si popolano, nuovi centri si formano, nasce la prima ferrovia del Sudamerica tra le città di Caldera e Copiapó (Apey Guzman, 1987, p. 61), si intensifica lo sfruttamento della copertura vegetale per combustibile e legname da costruzione e si innesca il processo di desertificazione che ancora affligge il Norte Chico. In quel periodo il Cile si avvia a diventare il principale produttore ed esportatore di rame, mentre il Regno Unito ne assume rapidamente il monopolio commerciale.

L'interesse verso tale settore non sfugge agli Stati Uniti che nel 1905 iniziano a sfruttare la miniera El Teniente (a Sewell, nel Cile centrale) con la Braden Copper Company, e investono cospicui capitali per la costruzione di una teleferica tra il giacimento e gli impianti, di una strada di collegamento con la cittadina di Graneros, distante una quarantina di chilometri, e di una moderna centrale idroelettrica. Di lì a pochi anni è la volta di Chuquicamata, nel Norte Grande, dove il gruppo dei fratelli Guggenheim, senza permesso, aveva effettuato ricerche e localizzato un vasto giacimento. Qui, nel 1915, essi rilevano la Compañía Explotadora de Chuquicamata e avviano un impianto imponente in grado di trattare 10.000 t di materiale al giorno, cioè quaranta volte quello di El Teniente: l'impresa assume successivamente il nome di Chile Copper Company, Chile Exploration Company e, dal 1923, Anaconda Copper Company.

L'affermazione del capitale americano prosegue con la miniera di Potrerillos (sempre nella regione di Atacama, a 3.200 m di altitudine, sulle prime dorsali andine), dove nel 1916 si insedia l'Anaconda, altro colosso statunitense che costruisce qui uno stabilimento per la concentrazione, la fusione e la raffinazione del rame. Il giacimento viene coltivato fino al suo esaurimento nel 1959, quando i lavori riprendono in una località vicina (El Indio Muerto, a nord di Potrerillos), dove la nuova miniera, sfruttata con gallerie, viene, non a caso, chiamata El Salvador.

Di fronte al dilagare del capitale straniero, anche tedesco, dagli anni Trenta si fanno sempre più frequenti iniziative governative per recuperare, con imposte e accordi internazionali (ad esempio sul prezzo del rame), parte dei vantaggi lucrati dalle compagnie estere; e comincia un lento, ma progressivo, impegno dello Stato volto a valorizzare e fruire delle proprie risorse minerarie.

Nell'aprile 1957 nasce la prima società mista (Sociedad Minera El Teniente), con il 51% delle azioni appartenenti allo Stato cileno e il resto alla Braden Copper Company. Nel 1969 si procede all'acquisto del 51% di due proprietà dell'Anaconda: Chuquicamata e El Salvador (*Historia de la Minería en Chile*, 1996, pp. 107-112). Si giunge così alla nazionalizzazione di tutte le grandi imprese minerarie da parte del governo di unità popolare di Salvador Allende (1970-1971) e alla nascita di un apposito ente statale, la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO).

Il governo militare, seguito al colpo di Stato del settembre 1973 e, com'è noto, sostenuto dagli Stati Uniti, non riesce o non può modificare sensibilmente tale processo di riappropriazione delle risorse nazionali avviato con tanta determinazione, limitandosi pertanto a risarcire le compagnie statunitensi, a riaprire alle società straniere la ricerca e lo sfruttamento del sottosuolo cileno e a rilanciare il settore privato, progettando anche la privatizzazione del CODELCO (2) (Bande, Marshall e Silva, 1993, p. 79). Con il ritorno alla democrazia (marzo 1990), gran parte dell'economia del rame, dalla produzione all'esportazione, continua a fare capo al CODELCO, che già nel 1976, con il decreto 1.350, veniva definito come ente governativo impegnato nell'estrazione mineraria, nella lavorazione industriale e in tutte le attività connesse, effettuate direttamente o in associazione con altre società, anche straniere. Tale possibilità è ribadita dalla legge 19.137 del 1992, denominata legge del CODELCO, in forza della quale nel 1994 viene costituita la Sociedad Contractual Minera El Abra (49% al CODELCO e 51% al Cyprus El Abra Corporation), seguita, nel 1996, dall'Agua de Falda (49% al CODELCO e 51% alla Minera Homestake) per lo sfruttamento dei depositi auriferi della III Regione, e dalla Compañía Contractual Minera Los Andes y Inversiones Mineras Los Andes (tra CODELCO, AMP Chile Holding e Australian Mutual Provident Society) per ricerche e sfruttamento nell'area di Exploradora, Sierra Jardín, María Delia e Sierra Morena, nella II e nella III Regione del Cile. Contemporaneamente il CODELCO cede ad altre imprese tut-

(2) L'acronimo, a dispetto della denominazione per esteso, viene usato al maschile.

te le piccole miniere in suo possesso come quella di Altamira, vicino a El Salvador, che viene acquisita dall'Empresa Nacional de Minería (ENAMI).

Negli ultimi lustri il CODELCO ha potenziato e differenziato i suoi ruoli non solo nell'ambito del paese, ma anche all'estero. Ad esempio da un lato ha costituito la Sociedad Minera Yabricoya, di cui possiede il 45%, per le ricerche petrolifere nella I Regione (a Pozo Almonte), dall'altro si è inserito nel prezioso settore elettrico, con la Inversiones Tocopilla Ltda y Electroandina, che annovera tra i suoi *partners* l'Electrandina impegnata nella produzione e rifornimento elettrico della II Regione del Cile (quella dove si concentrano le principali miniere del CODELCO), ma ha anche costituito in Messico la Minera Pecobre unendosi con la locale Minas Peñoles (51%), così da sfruttare le miniere cuprifere dello Stato messicano di Sonora (Instituto Geográfico de Chile, 1987, pp. 44-46).

Oggi il CODELCO è il colosso statale che possiede e gestisce le miniere di Chuquicamata, Radomiro Tomic, El Salvador, Andina, El Teniente e, in proprietà, El Abra. All'inizio del 2001 disponeva di 17.349 dipendenti e di 10.786 lavoratori a contratto; nel 2000 registrava una produzione di rame pari a 1.612.000 t (nel 1996 era di 1.237.000) e vendite per oltre 3.610 milioni di dollari (CODELCO, 2001, pp. 2-3). E questo nonostante la contrazione del prezzo del rame passato da 103,9 centesimi di dollaro per libbra del 1996 a 82,3 nel 2000, anno in cui si è registrata tuttavia una ripresa rispetto ai 71,4 centesimi/libbra del 1999.

L'incremento della produzione e delle entrate è avvenuto senza aumento dei dipendenti, che anzi sono diminuiti rispetto alle 19.000 unità del 1996. Ciò sottolinea lo sforzo di efficienza compiuto dall'impresa, sul fronte interno, per ridurre gli sperperi e per accrescere investimenti e produttività e, sul fronte internazionale, per difendere il prezzo del prodotto; ma evidenzia anche l'incidenza del CODELCO sul bilancio statale cui ha assicurato 5.447 miliardi di dollari tra il 1994 e il 1999 e 700 milioni di dollari nel 2000 (CODELCO, 2001, pp. 6 e 20). Tale ente infine promuove nuove prospezioni geominerarie, innovazione tecnologica, costituzione di *joint ventures* con società minerarie di diversi paesi stranieri (Canada, Australia, Gran Bretagna, Stati Uniti, Messico, Sudafrica) per la ricerca e lo sfruttamento del rame e di altri metalli (come l'oro) sia in Cile sia all'estero. Provvede infine a estendere la commercializzazione del rame oltre ai principali acquirenti che nel 2000 erano nell'ordine: Cina, Stati Uniti, Francia, Corea del Sud, Germania, Taiwan, Italia, e allo scopo dispone di sussidiarie come CODELCO Group Inc. (USA), CODELCO France (liquidata alla fine del 2000), Chile Copper Limited (Gran Bretagna), CODELCO Kupferhandel GmbH (Germania) e CODELCO International Limited (Thailandia).

L'ipotesi di una sua privatizzazione, recentemente riproposta, contemporaneamente alla ristrutturazione interna (Chuquicamata con Radomiro Tomic, forma ora la División Norte), trova non poche ostilità perché sottrarrebbe allo Stato un'entrata sicura (15% delle esportazioni cilene e 7% delle entrate annuali del fisco) e perché farebbe ricadere l'impresa in mano straniera. Il dibattito è aperto (2002) e gli sviluppi si potranno valutare in futuro.



Fig. 1 – *Miniera di Chuquicamata (Cile): veduta d'insieme*

La grande cicatrice della miniera settentrionale che costituisce, con le sue dimensioni, un primato mondiale di escavazione a cielo aperto. Dal fondo, dove ferve l'attività estrattiva, si innalza una densa nube di polvere

Chuquicamata: la grande miniera a cielo aperto. – Sulla base della produzione di rame, dei capitali investiti e della dimensione degli stabilimenti, le imprese minerarie sono distinte per legge in tre categorie: piccole, medie e grandi. Le prime due si limitano all'estrazione, ma non dispongono di impianti di fusione e raffinazione; spesso coincidono con aree piccole, ma ad alta mineralizzazione (*clavos*) e, infatti, sebbene per lo più il rame si presenti, da Arica ad Aisén, in strati e vene con tenore dal 2 al 5%, in casi eccezionali può giungere fino al 10%.

Chuquicamata appartiene alla grande impresa: il CODELCO ne è proprietario di maggioranza (per il 51%) dal 1969 e proprietario esclusivo dal luglio 1972. Fornisce il 39% della produzione totale della Corporazione (1.612.357 t nel 2000), superando non solo le miniere di Radomiro Tomic, El Salvador, Andina ed El Abra, ma anche la grande miniera di El Teniente che nello stesso anno assicurava 355.664 t (CODELCO, p. 23).

Chuquicamata si trova nella regione di Antofagasta tra la depressione intermedia e le Ande, a un'altitudine di circa 2.850 m, distante 16 km da Calama, capoluogo provinciale sorto nell'oasi del fiume Loa, e 230 km dalla capitale regionale, sulla costa. Ad Antofagasta, collegata con ferrovia alla miniera, viene imbarcata la produzione di rame e a Tocopilla, l'altro centro costiero, una centrale termoelettrica alimenta l'impianto minerario con quattro elettrodotti di 110.000 V che attraversano 140 km di deserto.

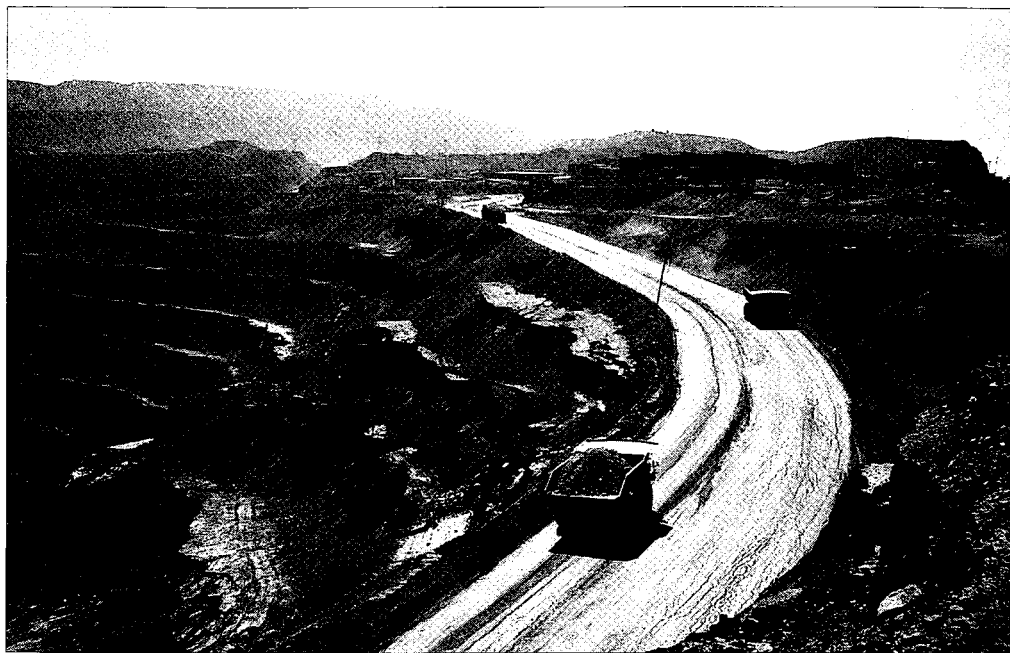


Fig. 2 – Miniera di Chuquicamata (Cile): il trasporto del minerale

Ampie strade conducono, dal fondo della miniera alla sommità, i pesanti automezzi carichi di materiale scavato. Sul fronte si intravedono i primi stabilimenti di lavorazione e, sullo sfondo, gli alti cumuli di detrito, prodotto di scarto dell'estrazione cupriferà

Il complesso minerario si articola in due miniere a cielo aperto: la Mina Sur (già Exótica), la più piccola, da cui si estraggono minerali ossidati, e la Mina Chuqui (fig. 1), che lavora minerali solforati e costituisce l'escavazione più antica.

Il giacimento Chuqui si presenta come un enorme squarcio, realizzato nel deserto di Atacama, che scende con gironi successivi fino a -825 m dal piano topografico e si sviluppa per 4,8 km lungo l'asse maggiore e 3 km sull'altro. Quindi costituisce un'enorme voragine, opportunamente gradonata con dislivelli di 12-15 m, che formano terrazzi paralleli raccordati da un'ampia carreggiata attraverso la quale è possibile la discesa da un lato e la risalita dall'altro degli appositi automezzi (fig. 2): poiché la risalita avviene a pieno carico, tali strade, a fondo naturale, tagliano obliquamente tutti gli alti gradoni, ma con una pendenza più dolce per il percorso di risalita.

Dal punto di vista geologico si osserva subito una singolarità: tutti i principali giacimenti dell'area si succedono lungo un'unica direttrice N-S, da El Abra, Radomiro Tomic, Chuquicamata, La Escondida, in coincidenza con una grande dislocazione parallela alla dorsale andina, lungo la quale è avvenuta la risalita magmatica che nelle varie fasi di raffreddamento ha favorito la mineralizzazione. La prima deposizione di minerali cupriferi, ma con basso tenore di rame, si è verificata dopo l'intrusione del complesso porfirítico e granodiorítico iniziata nell'Eocene. Una seconda mineralizzazione è avvenuta successivamente (Oligo-

cene) in vene di quarzo-molibdenite con alto tenore di rame e arsenico. Infine una terza fase mineralizzante, con rame e zinco, si è avuta nel Miocene. Negli ultimi due casi ha esercitato un peso rilevante la grande faglia, appena ricordata, che interessa da nord a sud l'intera area mineraria. (Ossandon e altri, 2001).

Pertanto il rame si rinviene in filoni e vene, in combinazione con l'ossigeno (ossidi, come crisolite, cuprite e atacamite) e con lo zolfo (solfuri, come calcosina e calcopirite). Gli ossidi per lo più si trovano in superficie, il che spiega perché le prime estrazioni riguardano questi minerali, mentre i solfuri sono diffusi nei livelli più profondi, tanto da far preferire, talora, la coltivazione in galleria. Nel caso di Chuqui, anche raggiungendo le mineralizzazioni più basse, si è proseguito con il sistema a cielo aperto, ma questo comporta un progressivo approfondimento e in ogni caso una cavità assai più accentuata rispetto alla vicina «Mina Sur». Osservando la profonda incisione, percorsa dal carosello di grandi automezzi da carico, appare ben visibile il contatto tra la parte inferiore con rocce porfirittiche grigie mineralizzate e la parte superiore, sterile, formata da granodioriti.

Ovviamente l'escavazione a cielo aperto richiede l'asportazione della copertura sterile che con cariche di esplosivo viene sbriciolata e trasportata lontano, ma non troppo, perché tale operazione non abbia a gravare eccessivamente sui costi di produzione. Questo spiega perché i primi cumuli fossero poco discosti dalla miniera, estendendosi poi in avanti su diverse direzioni, ma diventassero una sorta di prigione per i successivi ampliamenti dell'escavazione. Raggiunto il livello mineralizzato si continua con esplosioni controllate e procedendo lungo un'isoipsa: quindi si attivano gigantesche pale elettromeccaniche, tra le più grandi mai realizzate al mondo (la Pala Electromecánica Mundial, in funzione fino al 1971, era alta come un edificio di 9 piani), infine si procede al carico del detrito su speciali automezzi, di dimensioni imponenti e in grado di trasportare da 170 a 225 t che, nei 45 camion Komatsu di ultima generazione, salgono a 330 t; questi automezzi (fig. 3) particolarmente ingombranti (larghi 8 m, lunghi 15 e alti 7 m) sono esclusivamente realizzati allo scopo e, date le dimensioni, vengono montati sul posto.

In tal modo la miniera ha assunto una forma ad anfiteatro dove giorno e notte si muovono uomini e macchine in una continua opera di demolizione e rimozione che tende ad allargare il cratere e costringe il progressivo allontanamento degli impianti. All'opera di demolizione corrisponde quella di costruzione per l'accumulo dei materiali rocciosi trattati, che formano grandi e larghi cumuli appiattiti e comunque alti oltre 120 m (*tortas*): d'altra parte per ottenere 10 kg di rame occorre lavorare una tonnellata di minerale, il che richiede l'escavazione di oltre 3 t di roccia.

Poiché la maggior parte del materiale così mobilitato contiene solo il 2% di rame, si rende necessaria un'opera di concentrazione e di separazione dalla ganga sterile e da altri metalli, che in alcuni casi (molibdeno) vengono ugualmente selezionati e accuratamente prodotti. La tecnologia metallurgica ha conosciuto negli ultimi decenni un progressivo e rapido perfezionamento e alcune fasi finali costituiscono un brevetto esclusivo del CODELCO e, come tale, gelo-

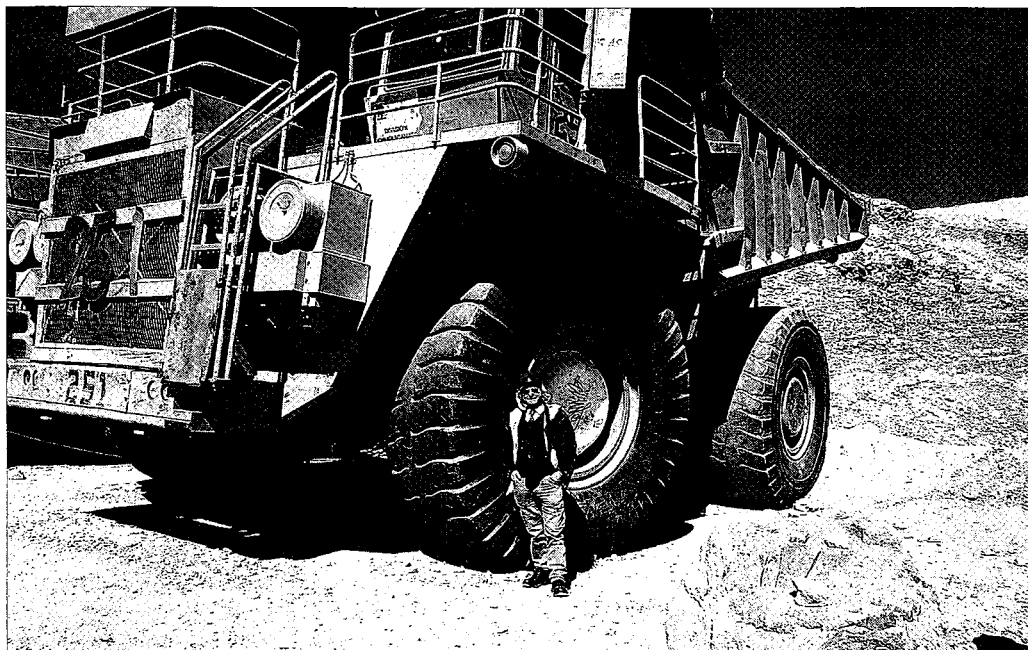


Fig. 3 – *Miniera di Chuquicamata (Cile): i mezzi per il trasporto del minerale*

Le grandi dimensioni degli automezzi testimoniano il potenziale estrattivo impiegato dal «piccolo» uomo nelle sue sfide con la natura

samente custodito. Il materiale contenente minerali solforati viene prima ripetutamente macinato, pestato e vagliato fino a essere trasformato in una massa incoerente e sottile; quindi è passato in una sospensione acquosa e fatto ruotare in molini ad asse orizzontale insieme con barre e sfere di acciaio che ne riducono ulteriormente la granulometria. Si procede successivamente alla flottazione, insieme a reattivi e sostanze schiumogene, che consentono di catturare le particelle più sottili e di ottenere per decantazione un concentrato (30% di rame e 1% di molibdeno). Questo, essiccato, passa direttamente ai forni di fusione a 1083° e trasformato in anodi (concentrazione di Cu pari a 99,60%) e quindi, attraverso l'elettrorefinazione in catodi, che rappresentano il prodotto finale con un tenore metallico pari a 99,99% e un peso di 135 kg l'uno (catodi elettrorefinati).

Nel caso di ossidi di rame, il minerale macinato viene sottoposto a lisciviazione e posto a contatto con soluzioni di acido solforico che fanno precipitare il metallo sotto forma di solfato. Il tutto attraverso il passaggio in vasche successive, dove la concentrazione metallica aumenta progressivamente fino alla diluizione finale con immissione di acqua. Segue la separazione del rame con processi elettrolitici, resi possibili quando la concentrazione di metallo è sufficientemente alta e le impurità, al contrario, sono assai basse. In questa fase il rame si deposita sul catodo con una concentrazione del 99,94% (catodi elettroottenuti), gli ioni dello zolfo si depositano sull'anodo, mentre i metalli pre-

ziosi precipitano sul fondo delle vasche, da cui sono prelevati e sottoposti a nuovi processi di purificazione.

Pertanto in entrambi i casi, al termine delle operazioni di trattamento dei minerali solforati o ossidati, si ottiene prima un anodo sotto forma di grosse lastre di rame grezzo e poi catodi formati da sottili lamine ad altissimo tenore di rame che vengono stoccate in pile e poi caricate su convogli ferroviari diretti verso la costa.

La produzione annuale di rame si è attestata, a fine millennio, sulle 630.000 t; a essa si affianca quella di molibdeno, pari a 14.000 t all'anno, vale a dire il 56% dell'intero prodotto del CODELCO. Per un confronto, nel 1917 la produzione cuprifera era di 40.000 t e nel 1922 di 60.000, ma già nel 1976 si erano raggiunte le 445.600 t e nel 1985 le 549.000 (Apey Guzman, 1987, pp. 122 e 162), cioè più della metà della produzione del CODELCO in quegli anni.

L'escavazione e produzione di metallo hanno reso necessaria la costruzione di stabilimenti metallurgici che s'impongono alla vista per le dimensioni e per le colonne di fumo che s'innalzano da alcuni capannoni (come da quello dove si produce acido solforico), ma più ancora l'occhio è colpito dalle *tortas*, estese ed elevate, che si allargano all'intorno, mascherando il dolce profilo del versante e incombendo sulle costruzioni del grande villaggio minerario (fig. 4).

Un'ultima annotazione riguarda le esplosioni che vengono effettuate giornalmente e sempre intorno alle cinque del pomeriggio, quando temporaneamente l'attività estrattiva viene sospesa. In un passato ormai lontano si utilizzava l'ossigeno liquido, con conseguenti rischi per i minatori. Quindi si è fatto ricorso alla dinamite, che però al costo elevato aggiunge il pericolo di impiego nelle perforazioni profonde. La sua sostituzione con nitrato di ammonio e idrogel ha pressoché azzerato il rischio di incidenti, mentre ha accresciuto il potere di frantumazione (per unità di esplosivo) e ha ridotto a un terzo i costi (Corporación del Cobre, 1975, p. 146). Gli esplosivi di ultima generazione vengono messi in sede e fatti brillare da personale specializzato della ENAEX: il tutto in presenza di sensori e detonatori non elettrici che contribuiscono a una sicurezza pressoché assoluta. Allo scopo, l'alta tecnologia viene affiancata da un'attenta pianificazione delle operazioni, dalla simulazione informatica delle esplosioni, dal coordinamento delle varie unità al lavoro in tutte le fasi delle operazioni esplosive.

La società e l'ambiente minerario. – I poli di questo rapporto sono costituiti essenzialmente dall'insediamento di Chuquicamata e dalle componenti naturali: atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera. Trattandosi però di uno spazio desertico, con un livello di piovosità tra i più bassi del mondo (meno di 20 mm di precipitazione annua), si può comprendere come l'impatto ambientale si riduca a quello che la presenza umana (insediativa e produttiva) esercita sull'aria, essendo qui nulla la copertura edafica e vegetale e provenendo le acque da lontane captazioni sulle Ande. Dell'impatto geomorfologico peraltro si è accennato ricordando la profondità e l'ampiezza della cavità e gli estesi cumuli detri-

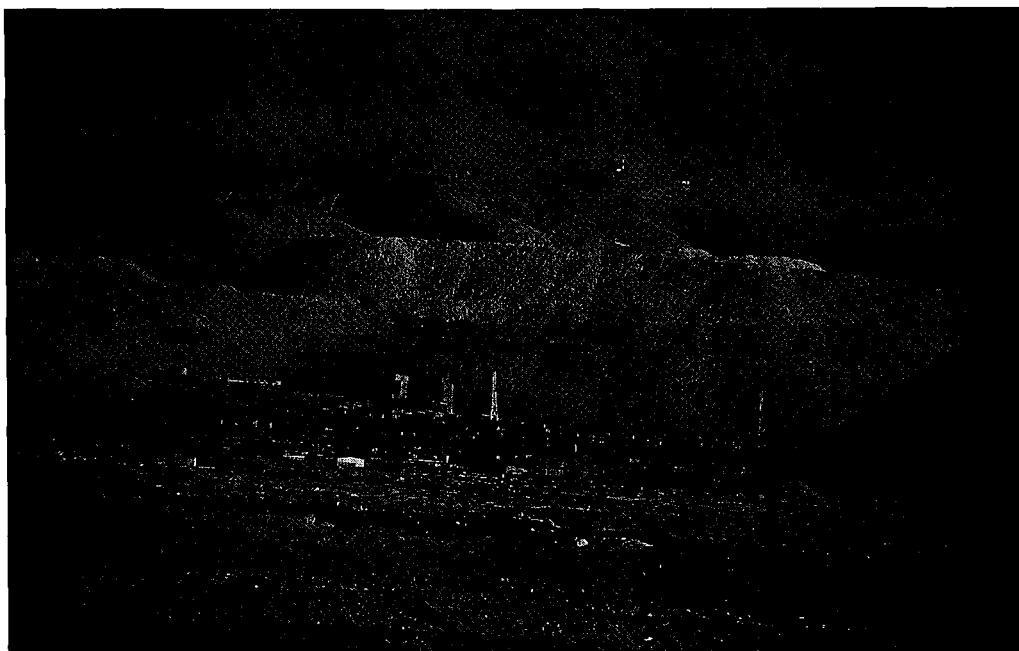


Fig. 4 – *Miniera di Chuquicamata (Cile): i detriti di lavorazione*

Le enormi tortas, che stringono da ogni lato l'insediamento produttivo e abitativo di Chuquicamata, palesano il paesaggio antropogenico prodotto dall'attività mineraria

tici che nel tempo si sono andati sviluppando. Perciò è l'aria ad essere sottoposta ai prodotti aeriformi della lavorazione metallurgica: in essa si riversano i fumi gassosi (anidride solforosa e arsenico) che ricadono all'intorno sui lavoratori (10.500 unità tra i dipendenti del CODELCO e di imprese contrattiste) e sul vicino insediamento operaio (oggi di 12.000 ab), ma anche su Calama, capoluogo della provincia di El Loa; è inoltre la mobilitazione di ingenti masse rocciose (600.000 t al giorno) e il loro scarico lungo le scarpate minerarie che, giorno e notte, sollevano verso l'alto dense colonne di polvere destinate a ricadere intorno alla sede mineraria. Ad esse si aggiungono, d'estate, frequenti tempeste di sabbia che rendono l'aria ancora più secca, elettrizzata e irrespirabile. Ma l'attività estrattiva prosegue incessantemente anche in queste precarie condizioni ambientali.

L'acqua per uso domestico e per l'attività mineraria è certamente la risorsa più preziosa e, come tale, addotta da Siloli, Inacaliri e Colana, sulla lontana cordigliera. E' un prodotto raro e pertanto utilizzato con parsimonia, cercando di contenere gli sperperi e di adottare misure per ridurre l'evaporazione, che in questi ambienti può giungere a 11 l/m² al giorno: allo scopo le vasche contenenti soluzioni vengono protette con materiali plastici galleggianti, come efficacemente sperimentato nella moderna miniera Radomiro Tomic (inaugurata nel maggio 1998), dove una goccia d'acqua viene riutilizzata fino a 10 volte. A tale fine a Chuquicamata è stato approntato un *Plan de abastecimiento de agua*,

volto a recuperare eventuali perdite lungo le adduzioni e a ricercare nuove fonti di approvvigionamento, oltre che a intensificare ulteriormente il riciclo dell'acqua.

La preoccupazione ambientale e sociale si va facendo sempre più forte, sia per le sollecitazioni dei lavoratori e delle loro famiglie sia per le pressioni nazionali e internazionali. Questo ha spinto di recente il CODELCO, che per decenni ha proseguito lo sfruttamento con la logica delle compagnie straniere, a impegnare annualmente copiose somme: nel 2000 sono stati investiti a Chuqui oltre 230 miliardi di lire per il recupero ambientale; di questi, l'80% è stato riservato all'adozione di processi di fusione e raffinazione meno inquinanti. All'interno degli stabilimenti di lavoro sono state adottate misure per tutelare la salute dei minatori, dotandoli individualmente di un *kit* di protezione costituito da scarponi, tute, elmetto, occhiali e maschere antigas oppure spingendo al più alto livello l'automazione delle fasi finali (fusione del rame e stampo dei catodi elettrorefinati) che avvengono all'interno di potenti campi elettromagnetici, particolarmente pericolosi. All'esterno, soprattutto degli impianti di produzione di acido solforico, sono stati sistemati filtri per i gas e adottate limitazioni per le emissioni più dannose. Alla protezione ambientale pertanto viene riservata una parte crescente del bilancio dell'impresa, anche attuando programmi per convincere i lavoratori e i loro familiari dell'impegno socio-ambientale assunto dal CODELCO (politica del «Codelco Buen Vecino»). Ma non si tratta solo di propaganda se l'impresa ha aderito al progetto mondiale noto come *Global Mining Initiative* (GMI), cercando così di recuperare credito internazionale anche sul piano dell'immagine e, localmente, impegnandosi per la sicurezza del posto di lavoro (nonostante il calo del prezzo del rame sul mercato) e per la qualità delle condizioni lavorative.

L'attività in miniera e nel complesso metallurgico adiacente comporta inevitabilmente rischi a breve e lungo termine. Nel primo caso l'informazione, la prevenzione, l'attenta programmazione e l'organizzazione dell'attività hanno ridotto gli incidenti quasi a zero e reso sempre più raro l'intervento di squadre di soccorso. Sebbene Chuqui disponga di un centro di pronto soccorso e possa contare su una struttura ospedaliera completa e specializzata a Calama (Hospital del Cobre), l'attivazione, nel 1999, del *Plan de tolerancia cero con el riesgo* sembra aver prodotto i suoi primi effetti e gli infortuni sono ora alquanto rari e limitati a casi di irrilevante gravità. La preparazione tecnica del corpo di minatori, l'impiego di esplosivi meno pericolosi, la realizzazione di gradoni con minore angolo di pendenza, l'uso di automezzi sicuri e di tecnologie controllate, hanno praticamente annullato gli eventi calamitosi del passato, come l'esplosione del 5 settembre 1967, in cui persero la vita 22 operai e numerosi furono i feriti (Ramirez Arquerros, 2001), e la grande frana di due anni dopo, che fece crollare sul fondo della cavità 11.000.000 t di detrito (Corporación del Cobre, 1975, p. 150).

Più difficile risulta una valutazione della silicosi o di intossicazioni lente, e ancor più degli effetti elettromagnetici. La popolazione di Chuqui è per lo più costituita da famiglie di operai emigrate dal sud (Norte Chico) che, al pensiona-

mento, tornano ai luoghi di origine e di cui si perdono le tracce. Ufficialmente non vengono ammesse malattie professionali (a parte il caso di conduttori di automezzi, che lamentano danni alla colonna vertebrale per le vibrazioni cui sono sottoposti nei lunghi turni, i disturbi gastro-intestinali provocati dal lavoro notturno, i danni all'udito per quanti operano in settori molto rumorosi). In realtà i sindacati denunciano l'arsenico come cancerogeno e il monossido di carbonio insieme con altre sostanze tossiche come fattori di degenerazione del fegato e dei reni, sicché chi ha lavorato «più di trent'anni nella divisione di Chuquicamata, non vive oltre due anni come pensionato» (Barraza, 1997, p. 191). In ogni caso, sempre più prioritarie nell'impresa sono la sicurezza e la salute dei dipendenti e in questo spirito vanno considerate iniziative come l'attivazione di *équipes* multidisciplinari di professionisti del GISCA y Recursos Humanos e di centri come il «Taller de desarrollo familiar», cui si rivolgono, nel primo caso, i lavoratori che accusano un forte *stress*, connesso con un'attività routinaria e di grande attenzione, e, nel secondo, i loro familiari – indirettamente, ma profondamente, coinvolti nei problemi di lavoro in miniera.

Sugli effetti del rame sulla salute non c'è accordo tra le parti interessate. Nel dicembre 2000 e nel gennaio dell'anno seguente la Dirección de Comunicaciones e la Gerencia de Medio-Ambiente del CODELCO hanno smentito il quotidiano «El Nortino» sostenendo che il rame non provoca il morbo di Wilson, perché questa malattia sarebbe genetica ed ereditaria, in quanto le persone colpite non sono in grado di eliminare il rame. D'altra parte, l'Organizzazione Mondiale della Sanità sottolinea che è la carenza di rame negli organismi a causare malattie, piuttosto che l'eccesso. Tanto è vero che la deficienza di rame produce il morbo di Menkes che, nei casi più gravi, può essere mortale. Non solo, ma le tubazioni di rame, rispetto a quelle di plastica e di acciaio, contribuirebbero a eliminare virus e batteri patogeni dalle acque potabili, com'è dimostrato nel caso dei virus della poliomielite e della *Legionella pneumophila*.

L'impegno del CODELCO è distinto anche da finalità sociali e in particolare si è cercato di affiancare lo sfruttamento minerario con forme di sopravvivenza migliorative soprattutto per le comunità rurali più isolate della regione. Ciò ha spinto l'impresa a siglare accordi con gli enti locali per realizzare progetti di promozione socio-economica. Così è nato il «Programa agrícola CODELCO - Gobierno Segunda Región - Comunidad indígena de Toconce», che impegna la «divisione» di Chuqui e quella di Radomiro Tomic a sostenere lo sviluppo di Toconce, una piccola comunità posta a circa 85 km da Calama, a un'altitudine di 3.350 m, in un'area con maestosi rilievi vulcanici e pittoresche incisioni vallive. Qui si è costituita, a opera dei giovani del luogo, una società Puri-Linzor Ltda per realizzare progetti socio-ambientali e di sviluppo turistico. La località isolata, ma di grande interesse paesistico-culturale, ricca di tradizioni e di testimonianze pre-incaiche, vanta sopravvivenze di antiche forme di agricoltura e di uso idraulico, terrazze coltivate con ortaggi e foraggiere (alfa-alfa), tipici aggregati abitativi, resti archeologici frequenti, petroglifi e pictoglifi suggestivi, forme architettoniche tradizionali che potrebbero essere recuperate e valorizzate. Con il proposito di dirottare in questa direzione parte del flusso turistico diretto a

San Pedro de Atacama e al suo *salar*, sono state restaurate e internamente dotate di moderni servizi alcune costruzioni tipiche, mentre sono stati predisposti numerosi circuiti che, facendo capo a Toconce, consentono la visita delle numerose località circostanti. Ne deriverebbe un turismo multivariato, storico, artistico, archeologico, paesistico, naturalistico, sportivo e andinistico, rivolto a varie fasce di fruitori, dal quale si attendono copiose ricadute sulla popolazione sotto il profilo sia economico sia socio-culturale.

La nuova *política integral* adottata a Chuqui, che si propone lo sviluppo della sicurezza, della qualità della vita e dell'ambiente prevede anche il trasferimento a Calama del centro di Chuquicamata da realizzarsi a partire dal 2002 e approvato dall'86% dei lavoratori (*Traslado de Chuquicamata*, 2001, p. 12). Certamente le motivazioni sono anche altre e in primo luogo la necessità di proseguire l'escavazione proprio sotto il centro minerario, ma in ogni modo già nel primo trimestre del 2003 l'area, privata dall'abitato, diventerebbe sede industriale esclusiva e consentirebbe la certificazione dell'International Standard Organization ISO-14.001. Tale ambito riconoscimento internazionale assicurerebbe a Chuquicamata, accanto al primato della produzione di rame e della più grande miniera a cielo aperto, quello di una miniera all'avanguardia, non solo sul piano tecnologico, ma anche, e soprattutto, della sicurezza e della gestione ambientale, e al CODELCO quello di un'impresa che all'efficienza economica unisce una seria e determinata politica di sviluppo sostenibile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[«BSGI» = «Bollettino della Società Geografica Italiana», Roma; «MSGI» = «Memorie della Società Geografica Italiana», Roma; «RGI» = «Rivista Geografica Italiana», Firenze; SGI = Società Geografica Italiana]

APEY GUZMAN A., *Geografía de la actividad minera*, Santiago, Instituto Geográfico Militar, 1987 («Collección Geografía de Chile», t. XV).

BANDE J., I. MARSHALL e E. SILVA, *Cambios estructurales en la industria del Cobre y estrategias de Codelco después de la nacionalización. Una interpretación*, in VALENZUELA (1993), pp. 69-110.

BARRAZA J., *Intervento*, in ESCUELA DE PERIODISMO (1997), pp. 190-191.

BOISIER O.J. e Z.R. CHACÓN, *Conflictos ambientales. Relación entre Codelco y su entorno en el caso del transporte de ácido sulfúrico*, Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1999.

CODELCO, *Annual Report*, Santiago, s. d. [2001].

CORPORACIÓN DEL COBRE, *El Cobre Chileno*, Santiago, 1975.

ELTER D., *El conflicto laboral de Chuquicamata y su relación con la situación de Codelco-Chile*, Santiago, Programa Regional de Investigaciones Económicas y Sociales del Cono Sur, 1992.

ERRAZURIZ A.M. e altri, *Manual de geografía del Chile*, Santiago, Ed. A. Bello, 1992.

ESCUELA DE PERIODISMO DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE e CORPO-

- RACIÓN DE INVESTIGACIONES SOCIALES (CISO), *Una cultura minera para Chile*, Santiago, IMPREBESS, 1997.
- FERRI A. e P. PERSI, *Una geografia per lo sviluppo. La scienza del paesaggio nella geografia sovietica*, Milano, F. Angeli, 1979.
- HERRERA E., *La producción chilena y el precio del cobre*, in «Oasis», Chuquicamata, settembre 2001, pp. 15-17.
- Historia de la Minería en Chile*, Santiago, Comunicación Total Ltda, 1996.
- Inaugurado Hospital del Cobre «Salvador Allende»*, in «Cobre Chileno», Santiago, 2001, p. 63.
- Nacionalización del cobre: 30 años de desafíos para Codelco*, in «Minería Chilena», Santiago, luglio 2001, pp. 5-96.
- OSSANDON G. e altri, *Geology of the Chuquicamata Mine: A Progress Report*, in «Economic Geology», Stanford, 2001, pp. 249-270.
- PERSI P., *Strutture geografiche dell'estrazione stannifera malese; tre esempi nel Selangor*, in «RGI», 1979, pp. 415-449.
- PERSI P., *L'estrazione stannifera malese*, in «Geografia», Roma, 1980, pp. 168-174.
- Plan Tolerancia Cero en Chuqui para combatir accidentes*, in «Minería Chilena», Santiago, marzo 1999, pp. 65-67.
- RAMIREZ ARQUEROS D., *Un cinco de septiembre*, in «Oasis», Chuquicamata, agosto 2001, p. 4.
- SOLARI J., e R. DE ANDRACA, *Desarrollo sustentable y competitividad en la minería*, in VALENZUELA (1993), pp. 137-151.
- Traslado de Chuquicamata*, in «Oasis», Chuquicamata, agosto 2001, p. 12-15.
- VALENZUELA I. (a cura di), *Chile exporta minería*, Santiago, Editec, 1993.

MINING ACTIVITIES AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPE IN THE ATACAMA DESERT.
– The largest copper district and the biggest strip mine in the world are located in the Second Region of Chile. Situated in one of the driest deserts in the world, at a considerable altitude (over 2800 metres), this mine can count on modern technology and great machinery, which have amplified the process of demolition and construction of detritus hills (tortas). After an introduction on the mineral presence in Chile and the related international policies, this article will examine the mining activity of North American companies and Codelco, the new, ever evolving anthropogenic landscape, and environmental and health issues thereby entailed.

Università di Urbino, Istituto Interfacoltà di Geografia

persi@uniurb.it

mugolini@uniurb.it