

AURIFODINE E SFRUTTAMENTO DEI TERRAZZI AURIFERI

In epoca romana, e per buona parte del Medio Evo, con il termine *aurifodinae* venivano indicate le miniere d'oro, sia quelle in giacitura primaria, cioè filoni di quarzo aurifero incassati nelle rocce, che quelle in giacitura secondaria, cioè sedimenti alluvionali auriferi. I sistemi di sfruttamento, o meglio, di coltivazione, erano (e sono) diversi a seconda del tipo di deposito. I filoni di quarzo aurifero venivano seguiti con gravosi scavi, superficiali o profondi, il minerale estratto veniva cernito e solo le parti più ricche venivano frantumate, polverizzate e “lavate” con acqua per concentrare e separare per gravità l'oro contenuto, utilizzandone l'elevata densità. L'oro doveva essere presente, nel quarzo, allo stato libero e ben visibile: i filoni con oro contenuto nei solfuri non avevano interesse economico, se non quando contenenti anche ricchi solfuri d'argento che ne giustificavano i lunghi e complicati processi di fusione e raffinazione; le proprietà amalgamanti del mercurio erano note ma impossibili da applicare nelle attività minerarie (PIPINO 1994). Per i depositi alluvionali, in cui l'oro è contenuto in forma di particelle sciolte, gli scavi erano meno gravosi, per la minor coesione della matrice, ma, data l'irregolare distribuzione e i contenuti generalmente scarsi, occorreva lavare enormi quantitativi di sedimento per un recupero economico.

Le eventuali testimonianze di antiche coltivazioni sono quindi rappresentate, nel primo caso da trincee, pozzi e gallerie scavate nella viva roccia, con discariche poco evidenti o del tutto assenti, nel secondo da grandi accumuli di materiali scaricati durante i lavaggi, consistenti in accatastamenti di ciottoli ben lavati e talora, a valle di questi, di sedimenti sabbioso-ghiaiosi. È ovvio che, in questo secondo caso, le discariche possono conservarsi, in tutto o in parte, soltanto se posizionati sui terrazzi più alti e più antichi e generalmente più ricchi, allo sbocco in pianura dei corsi d'acqua che li hanno formati e li hanno poi abbandonati, per successiva erosione e abbassamento dell'alveo: nelle zone soggette a eventi alluvionali successivi, come possono esserlo quelli ubicati nella piana alluvionale o su terrazzi poco elevati, sommersi dalle acque in periodi di piena, le eventuali testimonianze residue sono meno evidenti o del tutto scomparse.

Le notizie storiche antiche, su miniere d'oro, si riferiscono, in genere, al secondo tipo di giacimento (e di coltivazione), le cui testimonianze più visibili (cumuli di ciottoli) vengono comunemente indicate col termine *aurifodine*. Le più note sono quelle della Spagna nord-orientale (*Provincia di Leon*) dove, secondo le testimonianze di Strabone e di Plinio, le coltivazioni avvenivano nel corso del I secolo dopo Cristo: esse sono state oggetto di un secolare interesse archeologico che, a parte poche eccezioni, ha del tutto distorto gli aspetti giacimentologici e storico-minerari. Nel vicino Portogallo, DE ALMEIDA (1970) segnala alcune discariche nel bacino del Tejo (Tago), una delle quali, detta *Conhal do Arneiro*, è stata recentemente messa a fruizione turistica (RODRIGUEZ e NETO DE CERVALHO, 2011). A parte quelli nostrani della Bessa, di altri depositi segnalati in letteratura (DAVIES 1935) sappiamo ben poco, ma è interessante notare che uno si trova nel bacino del fiume *Urbas* in Dalmazia, uno nella valle dello *Zsil* in Romania, uno sulle rive del *Gallikon* nell'antico territorio macedone, tutte zone tradizionalmente aurifere, secondo le fonti classiche.

Un altro deposito credo di aver individuato, io stesso, presso Jiloviste, in Boemia, pochi chilometri a sud di Praga (PIPINO 1997): si tratta di una serie di collinette boschive, allungate parallelamente al rio Korabka a sud del villaggio di Kliner, che soltanto in limitate zone di erosione lasciano affiorare grossi ciottoli ben arrotondati, alcuni di quarzo, dei quali sembrano

completamente costituite. Nella roccia di base è presente un'antica galleria che serviva a deviare le acque del torrente. Nella zona esaminata, i cumuli di ciottoli si trovano soltanto sulla sponda occidentale, mentre su quella orientale, meno elevata, così come in altre zone vicine, si trovano piccoli mucchi isolati, più eterogenei e freschi, che si sviluppano intorno a pozzetti verticali scavati per raggiungere lo strato aurifero ed estrarre il poco materiale possibile in cunicoli, col sistema artigianale, molto pericoloso, ancora attuale in alcuni paesi africani e sud-americani e noto come *coyoting*. Nella zona, secondo antiche tradizioni ceche e testimonianze archeologiche, c'è stata un'intensa attività di raccolta dell'oro da parte di popolazioni celtiche, mentre per quanto riguarda i pozzetti, questi sono generalmente considerati di epoca medievale (KRAL 1971, KUDRNAC 1977),

I depositi della Bessa, nel Biellese, corrispondono alle *aurifodine* di *Ictumuli*, coltivate fra il II e il I sec. a.C. da pubblicani romani e per le quali, secondo Plinio (XXXIII, IV), un antico provvedimento del Senato proibiva di utilizzare più di 5000 uomini: esse si trovano sul fronte orientale esterno dell'anfiteatro morenico d'Ivrea, nei comuni di Mongrando, Zubiena e Cerrione, e non vanno confuse con quelle coltivate dai Salassi utilizzando le acque della Dora Baltea (e della Dora morta), le quali si trovano lungo il fronte meridionale dello stesso anfiteatro, nei comuni di Mazzé, Villareggia, Moncrivello, Borgo d'Ale, Alice, Cavaglià (PIPINO 2001-2012). A valle delle cerchie moreniche pedemontane alpine si trovano pure altri depositi, recentemente da me evidenziati (PIPINO 2001, 2005) o studiati in dettaglio: si tratta dei limitati cumuli presenti a sud di Castellamonte nella valle dell'Orco, nel Cervo a valle di Biella e fra Grue e Agogna a sud di Gozzano, di quelli più estesi presenti sulla sponda piemontese del Ticino, nei comuni di Varallo Pombia e di Oleggio (PIPINO 2006), degli indizi presenti nei terrazzi sopra Castelseprio nella valle dell'Olna, e delle poche tracce residue sulla sponda orientale dell'Adda a sud del cimitero di Solza, attaccate da una cava di inerti. Nell'Ovadese si trovano i depositi delle valli Stura, Piota e Gorzente, gli unici noti a sud del Po e in relazione diretta con giacimenti auriferi primari (PIPINO 1997, 2001).

Nonostante la plurisecolare opera di livellamento naturale e di rimaneggiamento umano, i cumuli di ciottoli sono ancora ben visibili e, per essi, non è possibile ipotizzare un'origine naturale per dilavamento di strati alluvionali da parte di piene fluviali, come spesso viene proposto, anche da geologi: se è vero, infatti, che piene improvvise possono "scoperchiare" livelli alluvionali dal suolo vegetale e trasportare via i sedimenti più fini, lasciando sul posto i ciottoli più grossolani, è anche vero che, in questo caso, soltanto il primo strato appare ben lavato, mentre a profondità di pochi centimetri si trovano sabbia e ghiaia in abbondanza, al contrario dei nostri cumuli che si mantengono puliti ed omogenei per profondità di più metri. Non è possibile, inoltre, spiegare con eventi naturali la loro perfetta geometria e nemmeno l'omogeneità dei ciottoli, quanto a costituzione, forma e dimensioni. Sta di fatto, poi, che essi si trovano sempre in una precisa posizione geomorfologica, che a valle si trovano, spesso, enormi accumuli di sedimenti di scarica con evidenti spostamenti dei corsi d'acqua, che questi sedimenti sono caratterizzati dalla diffusione di oro fine, e che nell'alveo dei torrenti, a valle, si trovano arricchimenti di sabbie aurifere.

Ai precisi elementi di riconoscimento suddetti, possono poi aggiungersi testimonianze storiche e archeologiche, tradizioni popolari e richiami toponomastici.

TERRAZZI AURIFERI E ORO CONTENUTO

Nei primi e più alti terrazzi dei corsi d'acqua montani si trovano i depositi alluvionali auriferi più ricchi, formati a spese di depositi eluvio-colluviali giacenti su manifestazioni aurifere primarie e/o di conoidi alluvionali depositi da ripidi torrenti che le attraversano: la concentrazione aumenta a ogni evento alluvionale successivo, grazie alla naturale resistenza dell'oro al trasporto, almeno per quanto riguarda quello più consistente (granuli e pepite). Generalmente, il deposito aurifero risulta costituito da uno strato composto dal 50 % e più di massi e grossi ciottoli, più o meno smussati e arrotondati, il resto da ghiaie e sabbie con scarso limo, intrappolati tra i ciottoli: il tutto più o meno cementato a seconda dell'età e delle condizioni locali.

L'oro può essere contenuto in forma e dimensioni diverse, da polvere a scagliette di diametro vario ma difficilmente superiore al centimetro, a granuli di varia forma e dimensione. Polvere e scagliette rappresentano, quasi sempre, la maggioranza quanto a numero di presenze, e sono distribuite in modo abbastanza omogeneo all'interno del sedimento, ma, dato il loro estremo appiattimento, il loro peso totale è sempre più o meno trascurabile rispetto a quello di granuli e pepite, presenti solo localmente. Nonostante l'alta densità dell'oro naturale (da 16 a 19, a seconda della purezza), l'estremo appiattimento delle scagliette, cagionato dalla nota malleabilità del metallo, fa sì che anche le scaglie più grosse e più spesse, oltre che più rare, difficilmente raggiungono il grammo; il peso delle scagliette più piccole, e più abbondanti, può variare da meno di un milligrammo a qualche centigrammo, per cui occorrono migliaia di esemplari per raggiungere il grammo, centinaia nei casi più fortunati. Per quanto riguarda la polvere, possono volerci centinaia di migliaia di singoli elementi, per raggiungere il grammo. Le pepite possono invece raggiungere, singolarmente, ragguardevoli pesi assoluti: granuli di un solo centimetro di diametro possono arrivare a pesare una decina di grammi e più; pepite più grosse possono superare i 10 centimetri di massimo allungamento e il chilo di peso, ma sono, ovviamente, molto rare.

Le dimensioni di un singolo strato aurifero terrazzato variano enormemente quanto ad estensione, pur mantenendosi nell'ordine massimo di pochi chilometri, lo spessore, invece, è contenuto in pochi decimetri, qualche metro al massimo. Esso può trovarsi fresco e pulito, quando abbandonato da poco o ancora saltuariamente invaso dal corso d'acqua in piena, oppure essere ricoperto da un suolo di alterazione, più o meno spesso, quando sottratto da lungo tempo all'azione dello stesso corso d'acqua, abbassatosi per erosione dell'alveo. Questo quando si tratti di un deposito alluvionale singolo, prodotto da un costante regime idrologico. In genere, però, dato il mutevole regime delle acque, a periodi di trasporto violento seguono e/o si alternano periodi di bassa velocità e capacità di trasporto, per cui il deposito grossolano viene ricoperto da sedimenti più fini, costituiti da ghiaie, sabbie e limi in proporzioni molto variabili, che vanno a formare strati a granulometria medio-fine, più o meno spessi, tra i quali possono ancora inserirsi saltuari strati grossolani, il tutto con potenze complessive che possono arrivare ad alcune decine di metri.

Più potenti e continui sono i depositi terrazzati che si formano a spese dei sedimenti morenici, specie allo sbocco in pianura, dove possono aversi terrazzamenti a più gradini legati a diversi episodi glaciali (e fluvioglaciali). Lo strato grossolano di base, in questo caso, si forma per prolungato rimaneggiamento del deposito morenico e di allontanamento dei materiali più fini e leggeri, con conseguente concentrazione dell'oro detritico eventualmente contenuto, il quale può avere dimensioni (e pesi) veramente ragguardevoli. Il ghiacciaio in movimento, infatti, trascina tutti i materiali detritici che incontra sul suo

cammino e consente il trasporto, sul suo fronte, di masse d'oro resistenti a trasporti in torbida fluviale, anche molto violenti. E ovvio che la presenza di tali masse d'oro, disperse in milioni e milioni di metri cubi di detriti eterogenei costituenti i depositi morenici, è quanto mai saltuaria e irregolare, impossibile da localizzare.

Il rimaneggiamento da parte dei corsi d'acqua fluvioglaciali comporta una notevole diminuzione del volume, una stratificazione più o meno accentuata, con arrotondamento dei clasti, e un arricchimento dei ciottoli più grossi e dei minerali pesanti da essi intrappolati. Successive variazioni di regime, glaciale e idrologico, portano alla deposizione, sullo strato grossolano, di sedimenti generalmente più fini, con possibile, saltuario deposito di altri strati grossolani, il tutto in successioni che possono superare i 100 metri.

Negli strati grossolani, la quasi totalità dell'oro è presente, sotto forma di granuli e pepite, in poche e limitate sacche (*pay streaks*) al contatto con la roccia di base (*bed rock*), sacche che rappresentano zone di arricchimento sul fondo di un antico alveo. In molti casi esse presentano un significativo arricchimento in ciottoli di quarzo (*white channel*), in altri possono poggiare direttamente su filoni auriferi, la cui alterazione libera discrete masse di oro con quarzo. L'oro più minuto, in polvere e sottili scagliette, è distribuito più uniformemente e, in genere, è attaccato ai ciottoli assieme ad argilla; esso ha scarsa importanza pratica, sia perché il peso totale è poco consistente, sia perché è difficile da recuperare. Lo stesso vale per quello eventualmente presente nei livelli sabbioso-ghiaiosi che ricoprono gli strati grossolani, nei quali può raggiungere contenuti di alcuni decimi di grammo per metro cubo di sedimento, nelle zone di maggior concentrazione: localmente si possono avere moderati arricchimenti anche nel suolo di copertura vegetale, per concentrazione residuale e per aggregazione elettrolitica delle particelle di metallo contenuto, in forma dispersa o colloidale, nelle acque circolanti.

Il titolo dell'oro è piuttosto vario, da un giacimento all'altro ma anche nell'ambito dello stesso deposito, in relazione a quello del deposito primario da cui proviene, alla granulometria, al periodo di immersione in acqua e all'acidità di questa: quello primario può avere purezza variabile dal 75 a più del 90%, ma la purezza aumenta, in immersione, per soluzione dell'argento e del rame contenuti in lega (o, meglio, per idrolisi dei loro prodotti di ossidazione). Il fenomeno è tanto più sviluppato quanto maggiori sono il tempo d'immersione, l'appiattimento delle scaglie e, quindi, la superficie relativa esposta: le scagliette più piccole e sottili possono così raggiungere contenuti in oro dal 95 a più del 99%, indipendentemente dal titolo iniziale. Per le pepite, specie quelle più arrotondate, l'idrolisi riguarda soltanto le parti superficiali, che possono essere notevolmente più pure del nucleo.

La valutazione preliminare del tenore d'oro in uno strato aurifero grossolano è, per quanto detto, pressoché impossibile, anche quando vengano analizzati numerosi campioni di grosse dimensioni (più metri cubi): questi possono risultare del tutto sterili o contenere pochi decimi di grammo d'oro, quando non prelevati nelle zone ricche, mentre nel fortuito caso di prelievo in una di queste, il contenuto può risultare di centinaia di grammi e di chili, e talora è dato da una sola, accidentale, pepita.

L'imprevedibile presenza dell'oro, in questo tipo di giacimento, è già testimoniata da Plinio, procuratore romano nella penisola iberica, con rara efficacia. Dopo aver parlato delle “*opere da giganti*” necessarie per la preparazione del terreno da lavare e della soddisfazione degli operai nell'ammirare la “*ruina montium*” da loro provocata, l'autore latino aggiunge: “...*Tuttavia non c'è ancora oro, né sapevano se ce n'era quando scavavano. Nel mettersi a tanto lavoro e tanti pericoli bastò la speranza di trovare quello*

che cercavano". Lo stesso autore ci dice, però, che nei canali di lavaggio e nei pozzi si trovava oro in masse, anche eccedenti le 10 libbre (Kg 3,270), e che, secondo le fonti, ogni anno Asturia, Galizia e Lusitania producevano 20.000 libbre di oro (c. 6,5 Ton), per la maggior parte nella prima regione (N.H. XXXIII, XXI).

La presenza di pepite d'oro negli strati auriferi grossolani del nord-ovest della Spagna, lungo i due versanti della Cordigliera del Teleno (alti bacini del Rio Sil e del Rio Duerna), è testimoniata anche da autori moderni, che ne citano, oltre a quelle più comuni di 2-3 grammi e a non eccezionali esemplari di 30-60, una di 436 e altra di circa 1617 grammi (VIADERA 1850, BREIDENBACH 1893, DE NEUFVILLE 1896, ANONIMO 1902); SOLER (1883) ne segnala con pesi variabili da 113 a 1120 grammi e ci dice di aver visto una preziosa collana con incastonate pepite del Rio Sil; al Museo Geominero di Madrid ne è conservata una di 39,30 grammi, raccolta nel Rio Sil. Tutti gli autori citati, e altri, osservano che gli strati più ricchi sono quelli che si trovano alla base delle sequenze alluvionali, sopra la roccia di base (*bed rock*), e sono costituiti da "conglomerato" a grossi ciottoli arrotondati, a prevalenza di quarziti e quarzo, cementati da argilla ferruginosa di colore rosso. Particolarmente importante è la serie terrazzata di Las Medulas, nell'alto bacino del Sil, in cui lo strato aurifero è coperto da successioni di sedimenti fini con spessore vario, da pochi metri a più di cento, a seconda del terrazzo (HACAR et AL. 1999): alcuni di quelli con spessore minore (T1, T4) sono stati oggetto di completa coltivazione in epoca romana, mentre quello che si estende a monte dell'abitato (T3), potente fin quasi 150 metri, è stato oggetto di tentativi di scopercchiamento, antichi e recenti, che non sono riusciti a mettere a giorno lo strato aurifero di base ma hanno lasciato sul posto enormi fronti di distacco a circo e residui, spettacolari, pinnacoli (*La Valiñas*) dichiarati "Patrimonio dell'Umanità" nel 1997.

Quanto al tenore medio degli strati auriferi, gli stessi autori citati riconoscono l'estrema difficoltà, se non l'impossibilità, di determinarlo e avvertono che le indagini andrebbero fatte con il lavaggio di campioni significativi di grandi dimensioni, dell'ordine di tonnellate: quelle eseguite da VIADERA (1850), al Cerro de Valdelera, portarono al riconoscimento di strati con tenori medi di mezzo grammo a tonnellata, e altri, più sviluppati e potenti, con tenori medi di un decimo di grammo, alternati a livelli del tutto sterili. Altri autori, citati da DAVIES (1935), parlano di tenori di circa 5 grammi per tonnellata a las Medulas, in un banco di "conglomerato" duro, rossastro, lavato dai Romani con sette canali larghi 4 piedi e lunghi da 16 a 25 metri, mentre altri strati grossolani dell'Astorga e della Boeza, con tenori di un grammo, erano stati trascurati.

La provenienza dell'oro è da ricercarsi nei filoni di quarzo aurifero incassati in quarziti e scisti paleozoici del Teleno, nel distretto di Salas, in particolare in micascisti ferruginosi: nel suolo di alterazione di alcuni filoni, presso Navelgas, furono trovate diverse masse d'oro sciolte, con peso variabile da pochi grammi a più di 1,5 Kg (PAILLETES 1852).

Negli anni 1885-87 le valli del Sil e del Duerna furono oggetto di accurate ricerche da parte della compagnia mineraria inglese Rio Sil and Leon Mining, che evidenziò la presenza di due livelli grossolani auriferi, separati da uno strato sterile e coperti da una successione di sedimenti poveri con spessore variabile da una diecina a oltre 50 metri: lo strato più profondo, poggiante sul *bed rock*, aveva spessore variabile da 2 a 3 metri e mezzo e conteneva oro grossolano; il lavaggio al piatto (*pan*) di numerosi campioni prelevati, con pozzi, da questo strato, diedero contenuti d'oro variabili da 2 a circa 5 scellini per tonnellata; nei campioni furono trovati una pepita di circa 2 grammi e una massa d'oro con quarzo di circa 50 grammi; 20 tonnellate di materiale fangoso, estratto

dai pozzi e lavato alle canalette (*sluices*), produssero circa 3,85 grammi d'oro per tonnellata (JONES 1900-1901). Le prospezioni dello stesso Autore nelle gallerie romane di Las Medulas, scavate in conglomerati cementati da argilla rossa, evidenziarono contenuti d'oro da poche tracce a più di 4 grammi e mezzo per tonnellata; nel contempo, un ANONIMO (1901) ci dice che un ingegnere spagnolo, che aveva fatto esperienza a Freiberg, aveva riscontrato tenori medi di un grammo e mezzo per tonnellata nei sedimenti del Rio Sil, analizzando campioni in grande scala.

Per i necessari confronti con i dati moderni, occorre ricordare che ci vogliono due tonnellate circa di sedimento per farne un metro cubo, per cui, rapportati a questo, i contenuti d'oro segnalati vanno raddoppiati.

La zona del Rio Duerna è stata oggetto di una tesi di dottorato in geomorfologia, nel 1976, presso l'Università francese Toulouse-Le Mirail, riassunta in una pubblicazione del 1978 e interamente pubblicata più tardi (HERAIL 1984), evidentemente a seguito del nuovo interesse per l'oro, dato dall'enorme aumento del prezzo. In essa, sulla base delle analisi di un limitato numero di piccoli campioni, si giunge all'incredibile conclusione che “...*non c'è alcuna relazione fra il tenore d'oro e la granulometria del sedimento*” e che lo strato grossolano di base contiene, soltanto, lo stesso tipo di oro (minute e sottili scagliette) e nelle stesse quantità (pochi decimi di grammo per mc) degli strati superiori a granulometria fine: i campioni, raccolti e setacciati preventivamente in campagna, erano stati trattati in laboratorio con liquidi pesanti, cosa che aveva consentito di recuperare le inconsistenti scagliette d'oro (*paillettes*) in essi contenuti. Quanto alle precedenti segnalazioni di alti tenori, nello strato grossolano, esse vengono liquidate come “fantasticherie”.

I risultati accademici, contrastanti con l'esperienza comune e con innumerevoli pubblicazioni specifiche, avranno, come vedremo, deleterie conseguenze per i successivi studi archeologici e interpretativi delle aurifodine spagnole e si rifletteranno, in qualche modo, anche negli studi riguardanti la Bessa.

Questa, contrariamente a quanto sostenuto da pressoché tutti gli autori, non è esaurita, ma, come scriveva Strabone (Geogr. V,1,12), era stata abbandonata perché quelle della Gallia Transalpina e dell'Iberia erano più produttive. Resta, infatti, un importante residuo dello strato aurifero grossolano alla base del terrazzo che si estende da Bornasco alla confluenza dell'Olobbia nell'Elvo, a metà circa del quale si trova la “Fontana Solforosa”. Lo strato, potente da 3 a 5 metri, è composto da grossi ciottoli arrotondati di quarzo, rocce verdi e scisti metamorfici immersi in una matrice composta da ghiaie, sabbie e limo che gli conferisce una discreta compattezza: poggia su sedimenti sabbioso-argillosi di origine lacustre o su sabbie e ghiaie di origine alluvionale, e su di esso si sviluppa una successione di sabbie e ghiaie fresche, potente da 5 a oltre 10 metri. Di 20 grossi campioni prelevati da questo strato, nel corso di un'indagine da me condotta in collaborazione con tecnici della società canadese Cominco, 19 hanno dato tenori d'oro variabili da 0,2 a 1 grammo circa per metro cubo, per lo più in polvere e minuscole scagliette, con rari granuli nei campioni più ricchi, ma in un campione è stata trovata una piccola pepita spugnosa di 0,82 grammi, lunga circa un centimetro, che, da sola, porta il tenore, dello stesso campione, ad oltre 32 grammi per metro cubo. Pepite di maggiori dimensioni farebbero aumentare enormemente i tenori, e la cosa non è improbabile tenuto conto che lo strato è il risultato del rimaneggiamento di depositi morenici provenienti dalla Valle d'Aosta, in particolare dalla Val d'Ayas, dove sono noti ritrovamenti di notevoli masse d'oro (PIPINO 1998, 2012).

Da notare che in passato il torrente Olobbia, che lambisce lo strato, era noto e apprezzato per la presenza dell'oro granuloso e che le ricerche effettuate negli anni '30 del

Novecento dall'altra parte del terrazzo, alle origini della Val Sorda, da un cercatore che era stato in Alaska, portarono al ritrovamento di alcune pepite (MARCO 1939-40): in questa zona è segnalato il ritrovamento, in tempi recenti, di una scaglia bi-centimetrica molto spessa, pesante circa 4 grammi.

Anche nel caso della Bessa, come vedremo, gli studi accademici non hanno tenuto conto della particolare peculiarità dello strato grossolano e, sulla base delle analisi di laboratorio di piccoli campioni raccolti per lo più nei sedimenti di copertura, con metodi molto discutibili, e sulla fede della tesi di Herail, sono giunti alle stesse assurde conclusioni giacimentologiche e storico-minerarie.

* * * * *

L'importanza dell'oro negli strati terrazzati di base, di età quaternaria o terziaria, seppure contenuto in maniera sporadica e imprevedibile, sta' alla base delle "corse" di tutti i tempi. Per quanto riguarda quelle americane della seconda metà dell'Ottocento, sulle quali abbiamo una vastissima letteratura, la completa coltivazione di terrazzi auriferi, con sistemi idraulici più o meno artigianali, ha dato produzioni variabili da 2 a qualche diecina di grammi per metro cubo di sedimento, ma si tratta sempre di dichiarazioni parziali, tenuto conto che la produzione effettiva veniva difficilmente dichiarata e che bastava sottrarre poche pepite per fare una enorme differenza. La sottrazione nei canali di lavaggio di sporadiche pepite, da parte di operai, era considerato un fatto endemico anche in Siberia orientale, e quelle trafugate, "*grosse come una mandorla*", venivano facilmente vendute nella vicina Cina (LEVAT 1897).

Dalle tabelle pubblicate da JERVIS (1881) si ricava che nei depositi della Carolina e della California furono trovate pepite di peso variabile da 3 a 4,5 chili, da quelli della Siberia da 1,2 a più di 10 chili e una, eccezionale, di Kg 36,02 col 91,67% di oro puro, da quelli dell'Australia, in particolare dallo stato di Vittoria, numerose di chili e di decine di chili, fino alla *welcome nugget* di 68 chili, di cui circa 5 di quarzo. Fonti successive aggiungono ritrovamenti di pepite di kg 10,39, 56,543, 59,717 e 72,781 per la California, di Kg 72 (*Welcome Stranger*) e 95 (*Molgavue*) per lo stato di Vittoria (LEVAT 1902). In Australia, e precisamente da una miniera dell'Hill End, fu estratta anche la massa aurifera primaria più grande conosciuta (*Beyers and Haltermann*): pesava circa 350 chili e conteneva, secondo le stime, circa 150 chili d'oro.

In California, i cercatori d'oro erano già 40.000 alla fine del 1848, anno di scoperta, salirono a oltre 100.000 l'anno successivo, il mitico 1849, e andarono aumentando negli anni immediatamente successivi. Nell'anno della prima grande corsa, il 1849, furono prodotte circa 40 tonnellate d'oro: negli anni successivi, fino al 1857 compreso, la media annua fu di oltre 75 tonnellate. Numerose sono le segnalazioni e le descrizioni delle pepite trovate: le più efficaci mi pare si trovino in un'insolita pubblicazione moderna, il catalogo della vendita all'asta della SOTHERBY'S a New York, nel 1999, nel quale sono illustrati, oltre a numerose monete, lingotti d'oro per un peso totale di circa 29 tonnellate, un migliaio di pepite di forma e dimensioni varie, pesanti da meno di un grammo a circa 2 chili e mezzo, e alcune palline di amalgama, il tutto proveniente dal recupero della nave "SS Central America", affondata nel 1857 mentre tornava dalla California.

Anche le successive corse del grande nord, in Alaska e nello Yukon, videro la partecipazione di oltre 100.000 cercatori, dei quali la metà circa distribuiti nei giacimenti intorno a Dawson City, nel Klondike. Anche qui le produzioni furono enormi, pur non trovandosi pepite eccezionali: ne furono comunque trovate parecchie di centinaia di grammi e di qualche chilo, fino alla "Alaska Centennial Gold", di circa 9 chili.

Per il Klondike abbiamo notizie dirette raccolte da uno staff di giornalisti del "Chicago Rekord" ad un anno della scoperta (ANONIMO1897). Dopo aver setacciato le acque dei torrenti *Bonanza* ed *El Dorado*, i cercatori avevano cominciato a scavare pozzi sui terrazzi laterali, avevano raggiunto il bed rock a profondità variabili da meno di tre metri a più di sette e mezzo, e vi avevano trovato, specie in quelli di El Dorado, una stupefacente ricchezza in oro grossolano: il materiale estratto e lavato con la padella (*pan*), dava oro per un valore variabile da 5 a 150 dollari per ogni padellata, talora molto di più, e si era in un periodo in cui, col prezzo dell'oro a circa mezzo dollaro il grammo, il recupero di 10 centesimi a *pan* era ritenuto soddisfacente. Il piatto più ricco aveva dato 39 once d'oro (più di un chilo e duecento grammi), per un valore di 495 dollari, e furono trovate pepite contenenti oro per più di 235 dollari. Nei terrazzi del Bonanza l'oro trovato era meno grosso e solo eccezionalmente si raggiungevano valori intorno ai 100 dollari per piatto. In totale, nel solo primo anno fu estratto oro per circa 10 milioni di dollari (quasi 25 tonnellate): nella nave che riportava a casa i più fortunati, tutti puntigliosamente indicati con nome, cognome e nazionalità, ce n'era uno con circa tre quintali d'oro, uno con circa due quintali e mezzo, uno con circa due quintali, una diecina con circa un quintale ciascuno e molti altri con quantità inferiori, ma ben consistenti.

Negli anni successivi il prodotto raggiunse i 300 milioni di dollari. Dal 1885 al 1982 la produzione d'oro dai giacimenti alluvionali dello Yukon è stata di circa 348 tonnellate, in gran parte provenienti dai depositi del Klondike, dove la produzione continua, al ritmo di circa due tonnellate l'anno.

La mia esperienza personale ha riguardato, alla fine degli anni '80 del Novecento, due depositi terrazzati, del Bonanza e del Bear Creek, in concessione alla Cal Denver, società canadese con la quale operavo anche in Italia. Gli strati grossolani, poco profondi, erano già stati oggetti di ricerche da parte di vecchi prospettori, e abbandonati perché ritenuti poco produttivi. In effetti, dai numerosi sondaggi effettuati non erano venute fuori grosse pepite, ma era stata accertata la saltuaria presenza di oro granuloso, anche superiore al centimetro. Le stime prudenziali, fatte più sulla base dei risultati ottenuti dal lavaggio di depositi vicini che dalle prospezioni effettuate, portavano a ritenere un contenuto medio di circa 10 grammi per metro cubo. Il lavaggio di materiale estratto dallo strato terrazzato del Bear Creek, nel corso di tre stagioni, aveva poi consentito un recupero pari a 14 grammi per metro cubo nel 1988, 6 nel 1988, 22 nel 1990: quest'ultimo risultato fu dovuto al fortunato ritrovamento di un gruppo di discrete pepite, la più grossa delle quali di 123 grammi. Per quanto riguarda l'oro fine, le perdite accertate risultavano notevoli (intorno al 50%), ma dato l'alto recupero dell'oro in granuli, la perdita totale si manteneva intorno al 10% ed era considerata accettabile: d'altra parte i tentativi di recupero dell'oro fine sarebbero risultati troppo onerosi, a fronte di recuperi effettivi sicuramente scarsi.

Depositi terrazzati simili sono molto comuni, sono stati coltivati e sono ancora in coltivazione in varie parti del mondo. In Sud Africa, ad esempio, nel 1873 i cercatori cominciarono a sfruttare quelli affioranti nella valle del Pilgrim's Creeck, in particolare uno strato di cottoli di quarzo, rocce carbonatiche e scisti metamorfici potente da 1 a 4 metri e coperto da uno strato di terra argillosa spesso da 60 a 80 cm: esso conteneva oro fine piuttosto diffuso, ma sotto i massi più grossi furono trovate pepite di grosse dimensioni (500-1000 grammi), una di circa 10 chili (BORDEAUX 1898). Per i depositi dei Grandi Laghi Africani abbiamo la documentazione fotografica di numerose "piccole" pepite (da 3 a più di 81 grammi), di 12 esemplari più grossi (da uno a più di 8 chili) e di uno, eccezionale, di Kg 64,797 (PASSAU 1945).

Nella Cordigliera delle Ande gli strati auriferi terrazzati più o meno profondi, chiamati *veneros*, sono innumerevoli e sono da secoli oggetto di coltivazione artigianale. I dati, sui contenuti e sulle produzioni, sono però rari, dubbi e controversi. Le piccole pepite sono abbastanza frequenti ed io stesso ne ho visto estrarne di centimetriche, ma amalgamate in superficie, dato l'uso massiccio che si fa del mercurio: i locali parlano di favolose "*pepe*" di un chilo e più, estratte da altri, ma si tratta sempre di notizie incontrollabili. Sappiamo, comunque, che nelle Ande peruviane, non lontano dal confine boliviano, nel 1730 ne fu trovata una di 20 chili e 693 grammi (LEVAT 1905) e che all'Esposizione Mondiale di Londra del 1851 ne fu esposta una di circa 50 chili, trovata da una compagnia inglese che operava in Cile. Per l'Argentina, NOVARESE (1890) descrive vari depositi osservati alla Puna di Jujuy, costituiti da depositi grossolani compatti, con spessore variabile da meno di un metro ai due metri, contenenti alcuni grammi d'oro per metro cubo di sedimento, seppure in piccoli granuli, raramente in pepite fino a un grammo: numerosi pozzi antichi "*...che vanno fino al fondo roccioso della valle, sembrano provare che nella parte inferiore della massa del conglomerato sia concentrata la maggior ricchezza aurifera*"; nel deposito più ricco, coltivato con lavaggi nel dipartimento di Santa Catalina, "*...il prodotto si mantiene costantemente intorno ai 30 grammi d'oro in pepiti per mc di conglomerato in posto, oltre all'oro minuto che va quasi completamente perduto*".

I tentativi moderni di serie prospezioni in America latina, da parte di compagnie minerarie canadesi, con le quali ho lavorato, sono state frustate dall'incertezza delle leggi, da difficoltà burocratiche e logistiche, corruzione e, soprattutto, dalla diffusa propensione al furto da parte dei locali, non solo del concentrato di lavaggio, ma persino del materiale naturale estratto per le prove.

Tra le esperienze personali, una ha riguardato i depositi terrazzati nella valle del *Rio Villaque*, non lontano da La Paz, interessanti per la loro natura e per le modalità di sfruttamento. In questo caso lo strato grossolano d'interesse, chiamato dai locali "*carga*" (carica, piena), non poggia sul bed rock, ma su un falso bed rock costituito da una potente successione di sedimenti più fini, chiamati "*piso*" (pavimento), questa a sua volta poggiante su roccia di base costituita da strati sub-verticali di arenarie. La *carga* affiora con potenza media di circa 5 metri ed è costituita da sedimento grossolano di origine fluvioglaciale con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose: i clasti, da decimetrici al metro, sono immersi in sabbia e limo, con scarsa ghiaia. Ad onta del nome, il contenuto d'oro è piuttosto scarso, da zero a qualche decimo di grammo per metro cubo, tuttavia esso aumenta, fino a 3 grammi per metro cubo, al contatto col sottostante *piso*, contatto spesso evidenziato da una sottile banda argillosa, pure aurifera: l'oro fine, distribuito abbastanza uniformemente nel sedimento, è costituito da piccole e sottili scagliette, che difficilmente superano i 5 millimetri, mentre alla base si addensano piccoli granuli che, in casi eccezionali possono raggiungere i 5 centimetri. Nel sedimento, oltre all'onnipresente magnetite, sono contenuti anche cassiterite, bismutinite e bismuto nativo, ma sempre in granuli di piccole dimensioni e in tenori poco interessanti. Il sottostante *piso*, costituito da sabbie e ghiaie grossolane, con le solite intercalazioni di lenti sabbiose e argillose, contiene gli stessi minerali, ma con granulometrie minori e minori tenori: la sua potenza supera i 30 metri, per cui risulta pressoché impossibile, per i locali, esaminare il contatto con le sottostanti arenarie.

Nell'area esaminata, il contatto fra *carga* e *piso* affiora lungo la parete della sponda destra, a 15-20 metri di altezza, ed è perforata da numerose piccole gallerie scavate dagli *orero* locali per estrarre materiale che, al tempo, veniva lavato nel sottostante torrente per ricavarne, nel migliore dei casi, fino a un grammo d'oro al giorno per cercatore. Sulla sponda sinistra operava invece un piccolo impianto di lavaggio artigianale che, oltre

all'oro, recuperava la cassiterite, ricavando mensilmente, a detta del concessionario, da 3 a 4 chilo d'oro e una trentina di chili del minerale di stagno; egli commercializzava, come inerte da inviare alla capitale, anche la sabbia limosa residuo dei lavaggi, sabbia che, dagli assaggi fatti, conteneva ancora oro per centinaia di milligrammi per metro cubo, saltuariamente fino al grammo, ma in scagliette minute e sottili, difficilissime da recuperare, anche a causa dell'abbondanza di argilla.

Per i terrazzi auriferi delle Ande boliviane (e peruviane) abbiamo una serie di recenti pubblicazioni frutto della collaborazione fra la Cooperazione francese e l'Università di La Paz, alla quale ha partecipato G. Herail. Anzitutto, viene riconosciuto che contenuti d'oro fino al grammo per metro cubo “...*non hanno, generalmente, interesse economico*” e che i tenori maggiori si trovano, nel conglomerato fluviale, al fondo di paleovalli (FORNARI ET AL. 1987). Poi, In contrasto con quanto sostenuto nella Tesi di dottorato (dallo stesso Herail), viene riconosciuto che il tenore d'oro è strettamente legato alle caratteristiche sedimentologiche e alla granulometria del deposito, che il suo aumento è dovuto all'aumento della grandezza delle particelle metalliche (cosa, peraltro, nota anche al più ignorante degli *orero* e generalmente esemplificabile con la mia semplice massima: “*sassi grossi, oro grosso*”), e che, nella serie dei sedimenti terrazzati quaternari, l'oro è prevalentemente contenuto nel sedimento grossolano di base e si concentra, al contatto con il bed-rock, in “*pay gravel*” localizzati (cosa che, come abbiamo visto, è da tempo riconosciuta in tutti i depositi simili ed è attestata da una infinità di pubblicazioni tecniche-operative). Nell'esempio riportato, lo strato grossolano, potente circa 4 metri, poggia su scisti paleozoici o su conglomerati terziari, pure auriferi, ed è ricoperto da due metri di sedimento sabbioso-limoso e dal relativo suolo d'alterazione; l'oro si presenta, per lo più, sotto forma di piccole e sottili scagliette e il contenuto aumenta dall'alto verso il basso, in media da 0,1 a 0,6 grammi per metro cubo, ma alla base, dove si trovano grani più grossolani, può superare i 4 grammi (HERAIL et AL 1988). Gli stessi concetti sono ripetuti in una successiva pubblicazione riguardante il Perù (HERAIL et AL. 1989), assieme ad altri ovvi e arcinoti ai tecnici: in particolare, parlando del terrazzo fluvio-glaciale di *Ancocala* nella zona di Pampa Blanca, derivato da depositi morenici, gli autori osservano che il rimaneggiamento ha comportato un aumento relativo dei grossi clasti e dell'oro più grossolano, a spese di quello fine, e che l'incremento di tenore è dovuto proprio all'incremento della granulometria dell'oro; unica informazione interessante è quella del ritrovamento, nel corso dei lavori di coltivazione, di una pepita di un centimetro e mezzo, del peso di 9 grammi.

Ci si aspetterebbe che, a seguito dell'esperienza estera, il nostro Autore rivedesse le tesi sostenute a proposito dei depositi spagnoli, ma non si trova traccia di alcun ripensamento in un successivo lavoro (DOMERGUE, FONTAN, HERAIL 1989), nel quale vengono messe a confronto le presunte tecniche minerarie romane con quelle recenti, osservate in Bolivia, Perù e Rwanda, e si continua a sostenere che i Romani abbiano coltivato potenti successioni di sedimenti fini, a La Leitosa e a Las Medulas, nonostante il basso contenuto e le caratteristiche negative dell'oro.

CENNI SU COMPORTAMENTO E RECUPERO DELLE SCAGLIETTE D'ORO (*fucking gold*)

La maggior parte dell'oro contenuto nei sedimenti terrazzati è costituito, quanto a numero di presenze, da scagliette piccole e sottili (*flakes*), impropriamente chiamate “pagliuzze” (*paillettes* in francese). La loro forma è molto varia, da grossolanamente

quadrangolare a circolare, ovale, stellata, raramente allungata in forma di sottili pagliuzze. I bordi possono essere più o meno regolari o molto frastagliati, arrotondati o smussati, spesso con ripiegamenti più o meno sviluppati ed evidenti: talora il ripiegamento riguarda gran parte o tutta la superficie (forme a sandwich) e, in qualche caso, può essere ripetuto più volte. Le dimensioni variano da microscopiche a più di un centimetro, con prevalenza di polvere minuta (*flour gold, color*) e di elementi con diametro o massimo allungamento minore di 0,5 mm; discretamente abbondanti sono, comunque, elementi con dimensioni variabili da 0,5 a 1 mm, frequenti quelle con dimensioni da 1 a 2 millimetri, rare quelle maggiori.

A occhio nudo la superficie appare liscia, ma al microscopio risulta essere sempre molto bugnosa, martellata, talora con evidenti striature.

Come detto, data l'estrema duttilità del metallo e le inevitabili abrasioni dovute al trasporto, le scagliette sono sempre molto sottili, con spessore estremamente variabile, da pochi micron a meno di un millimetro. Questo determina una grande variabilità di peso e, dato l'elevato peso specifico (16-19 a seconda della purezza), scagliette delle stesse dimensioni possono assumere pesi notevolmente diversi per minime variazioni dello spessore, pur mantenendosi generalmente molto bassi: ai fini del peso assoluto delle singole particelle, l'estrema sottigliezza finisce, infatti, per annullare gli effetti dell'alta densità specifica. Le scaglie con spessore maggiore cominciano ad assumere consistenza granulometrica e, quindi, pesi assoluti di un certo rilievo.

Nel corso dei lavaggi, le caratteristiche delle scagliette determinano grandi difficoltà di recupero. Le scagliette d'oro più piccole e sottili tendono a "galleggiare" (flottare) per effetto della tensione superficiale, fenomeno che aumenta con la presenza di grassi e di argilla e che rende problematico il recupero di questo "*floating gold*". Ma non si tratta solo di flottazione, anzi questo problema è in parte risolvibile aumentando il volume d'acqua, nella torbida, e creando turbolenze: più problematico è invece l'effetto vela provocato dalla corrente d'acqua su scagliette di maggiori dimensioni, le quali, a seconda del loro spessore e della velocità dell'acqua, vengono trascinate a notevoli distanze.

Per quanto detto, non è sempre vero che, in corrente d'acqua, le scagliette di maggiori dimensioni precipitano prima di quelle più piccole, come sostenuto da HERAIL (1984 e succ.), anzi, l'esperienza insegna che polvere e scagliette minute precipitano prima e, nel corso dei lavaggi, il loro recupero è maggiore rispetto alle scagliette più grandi. Del tutto inapplicabili sono poi i teoremi sulla precipitazione dei vari minerali comunemente presenti in alluvione, basati su peso specifico e diametro: a parità di diametro, infatti, una scaglietta d'oro può pesare meno di un granulo di minerale a medio ed elevato peso specifico, come quarzo (2,6), granati (3,4-4,3), ilmenite (4,7), magnetite (5,2), e non è nemmeno possibile inserire nel calcolo teorico un fattore relativo alla forma e allo spessore delle scagliette, dato che questi sono estremamente variabili. Nella pratica, occorre molta abilità, e attenzione, per recuperare questo che io, parafrasando il termine anglosassone relativo alla flottazione, sono solito definire "*fucking gold*".

L'esperienza insegna che il recupero è (proporzionalmente) maggiore quando si tratta poco materiale con mezzi artigianali, molto minore quando si opera a livelli industriali, anche se con attrezzature e macchine molto sofisticate.

L'attrezzo artigianale più utilizzato è il piatto di lavaggio, di varie forme e dimensioni, fatto di legno, di metallo o di plastica, con fondo che può essere piano (*pan* o *padella*), più o meno concavo (*coppone*), o conico (*batéa*); localmente esso è sostituito da strumenti a

forma di pala squadrata o di navetta che prendono nomi diversi a seconda delle zone. Con questi strumenti è possibile trattare, in acqua, un modesto quantitativo di materiale, in media due o tre chili, in un tempo che va da pochi minuti ad alcune decine, a seconda del tipo di materiale e dell'abilità dell'operatore: con il piatto, il movimento per eliminare sabbia e minerali leggeri è prevalentemente rotatorio, con gli altri strumenti è lineare, in avanti-indietro. In tutti i casi, l'abilità dell'operatore e la disponibilità di acqua pulita (del fiume) consentono di recuperare anche le particelle più piccole e sottili: il "segreto" consiste nel far prima precipitare l'oro al di sotto della sabbia, con opportune scosse in immersione, poi, una volta eliminata tutta la parte leggera sovrastante, far sì che le scagliette facciano attrito sul fondo dello strumento, mentre i granuli di minerali pesanti rotolano via.

In tempi recenti sono stati messi a punto vari macchinari che consentono di trattare maggiori quantitativi di materiali (*spirali, cicloni, tavole a scosse, crivelli*), ma deve trattarsi di materiali a granulometria omogenea e particolarmente ricco, come il concentrato delle canalette: in ogni caso, il recupero è sempre (proporzionalmente) minore rispetto agli strumenti manuali.

Per trattare maggiori quantitativi di sedimento naturale, con perdite accettabili, si ricorre ad altri tipi di strumentazione, dalla mitica pelle di montone a fascine di arbusti vari, fino ai moderni tappeti in cocco o in plastica, installati direttamente nel torrente aurifero o in vari tipi di canali e canalette, nei quali viene convogliata un'opportuna, e ben calibrata, corrente d'acqua in cui versare il materiale da lavare.

Nei canali, naturali o scavati ad hoc, l'oro (così come altri minerali pesanti) si deposita sul fondo, intrappolato dai ciottoli grossolani, mentre ghiaia, sabbia e argilla vengono trascinati via dalla corrente d'acqua: i ciottoli in eccesso vengono eliminati a mano, badando di lasciarne sempre, sul fondo, almeno uno strato. Le canalette in legno o in metallo, utilizzate massicciamente nelle corse all'oro americane e australiane (*long tom, sluice*), sono più o meno lunghe e contengono una serie di traversine (*riffles*) di diversa forma e altezza, più o meno distanziate: non è però affatto vero, come si legge, che queste servano a trattenere l'oro, a meno che non si tratti di grosse pepite; le traversine, infatti, trattengono uno strato di grossi ciottoli tra i quali, per turbolenza, va a nascondersi l'oro, con altri minerali ad elevato peso specifico. Il fondo delle canalette può essere costituito soltanto da uno strato di ciottoli, senza traversine, oppure, specie quando si tratta materiale più fine, da un tappeto di materiale ruvido, in fibra naturale o in plastica. Il concentrato pesante, intrappolato nei canali e nelle canalette, una volta raccolto, e separato da ciottoli e ghiaia, dovrà essere rifinito, con strumenti manuali o con moderni macchinari.

Nei fiumi della pianura padana sono stati utilizzati, per secoli, due strumenti in legno, l' *asse* e il *bancone*, per recuperare le scagliette d'oro piccole e sottili sfuggite agli antichi lavaggi dei terrazzi auriferi e concentrate dal fiume in particolari zone di arricchimento, dette *punte* (PIPINO 1989).

L'asse è un piccolo canale in legno, a sezione rettangolare, con traversine nella parte terminale; le dimensioni variano, a seconda della zona (e del materiale da lavare) dai 60 ai 100 centimetri di lunghezza e dai 30 ai 60 di larghezza; generalmente la parte non scanalata, su cui versare la sabbia da lavare, varia da un quarto alla metà della lunghezza; la larghezza delle traversine, e dei solchi che le separano, si aggira sui tre centimetri, la profondità dai 5 ai 15 mm. Le traversine sono intagliate in modo da presentare un angolo di circa 45° rientrante contro corrente, ed è in questi che, durante il lavaggio, si concentrano oro e altri minerali pesanti, a causa dei molinelli che vi si formano; occorre però che la sabbia sia non molto grossa, ben calibrata e omogenea, per

cui occorre setacciare preliminarmente il materiale grossolano da lavare, in genere con maglia variabile da 4 a 8 mm, ed occorre spazzolare o lavare i grossi ciottoli dal limo che vi può essere attaccato, che spesso intrappola oro. Generalmente, una o due persone provvedevano a scavo, setacciatura e trasporto della sabbia, una terza la versava con metodica continuità nella canaletta, opportunamente sistemata in corrente d'acqua.

Il bancone (o *banco*), era utilizzato nelle parti terminali, e pianeggianti, di alcuni fiumi lombardi (Ticino, Adda, Serio, ecc.), dove non ci sono rapide su greto ciottoloso e dove il sedimento e l'oro sono più fini. È formato da due o tre ruvide tavole di legno, lunghe fino a due metri, tenute assieme in modo da formare un largo canale: la ruvidità delle tavole è aumentata da innumerevoli intagli irregolari, obliqui, in modo da formare delle trappole poco profonde. Lo strumento veniva posizionato sulla sponda del fiume, adiacente al sedimento da lavare, e tenuto in posizione pressoché verticale da trespoli in legno che consentivano anche un leggero dondolamento; il materiale veniva caricato a badilate, senza setacciatura preliminare, e nel contempo vi veniva versata acqua, a secchiate, per agevolare lo scorrimento. L'oro e gli altri minerali pesanti restavano intrappolati negli intagli e nella ruvidità del legno.


























In California, ai tempi della prima corsa all'oro, fu introdotto, e diffusamente utilizzato, lo strumento chiamato *rocker box* (sedia a dondolo con scatola) o *cradle* (culla) che consentiva di lavorare in scarsità d'acqua: si tratta di una corta canaletta scanalata assemblata, nella parte iniziale, con una tramoggia fornita di setaccio, il tutto montato su due pezzi di legno a mezzaluna, per consentire il dondolio: il materiale veniva caricato sul setaccio e lavato a secchiate d'acqua mentre, con apposito manico, si imprimeva il movimento dondolante, cosa che agevolava la setacciatura e consentiva l'arricchimento, nelle scanalature della canaletta, anche di parte dell'oro fine contenuto nella sabbia che vi confluiva. Lo strumento sarebbe stato introdotto dai cercatori cinesi, secondo alcuni, secondo altri era stato introdotto dal primo prospettore di Coloma, Isaac Humphrey, che aveva appreso a utilizzarlo nello stato di Georgia, dove già veniva usato dai locali cercatori (SIMONIN 1877).

In tutti i casi, il concentrato aurifero, ottenuto con alcune ore di lavoro, doveva essere rifinito, cioè lavato accuratamente in acqua col piatto o strumento analogo, per eliminare tutti i minerali estranei, operazione che poteva durare mezz'ora e più.

Con questi sistemi di lavaggio, un gruppo di due-tre persone riusciva a trattare al massimo un metro cubo di materiale al giorno, ricavandone da meno di uno a pochi grammi d'oro, eccezionalmente più di 10, specie quando si trattava di materiale già naturalmente arricchito dal corso d'acqua.

In tempi recenti, con l'avvento delle pompe a motore, in molte zone il lavaggio alla canaletta è stato potenziato e, con l'impiego di sorbone ad acqua, è diventato possibile recuperare anche il minerale depositato nell'alveo. L'uso del motore ha consentito pure di imprimere una vibrazione laterale alle canalette in metallo, per facilitare l'eliminazione di limo e sabbia leggera e impedire la formazione di uno strato compatto sul quale l'oro scorre via facilmente, ma in questo caso occorre una preventiva setacciatura del materiale, in quanto lo strumento non potrebbe sopportare lo scuotimento di grossi ciottoli.

* * * * *

ORO DELL' ORBA					
ORO	DIAMETRO mm	PESO mgr	ORO	DIAMETRO mm	PESO mgr
	5	94		3.5	11
	5	50		3	14
	3.5	57		3	11
	4	24		2.5	12
	3	32		2	10
	3	24		1.5	8
	2.5	28		1	10
	3	27		1	4
	3	18		1	3
	2.5	18		-	1
	3	40		-	1
	2	26		-	1
	4	18		-	1

Scaglette d'oro dell'Orba, perse nel corso dei lavaggi delle aurifodine del torrente Piota



L'Autore nel 1980, con apparecchiature da lui ideate e utilizzate per le ricerche aurifere: sul carrello piccolo, trasportabile a rimorchio, è montata una canaletta vibrante con pompa, vaglio rotante e separatore magnetico a nastro, il tutto alimentabile con motore a scoppio

Fin qui gli strumenti artigianali di lavaggio e cattura per gravità dell'oro, senza uso di prodotti chimici. Ma da tempo viene utilizzato il mercurio per aumentare il recupero.

La proprietà amalgamante del mercurio era un fenomeno noto nell'antichità e utilizzato, ai tempi di Roma, per recuperare l'oro tessuto nelle vesti (VITRUVIO VII, 8). Anche PLINIO conosce, e descrive, il fenomeno dell'amalgamazione e il sistema di distillazione per recuperare l'oro dall'amalgama (XXXIII, 32), ma non ne accenna quando parla dei sistemi di raccolta del metallo dai suoi giacimenti (XXXIII, 21): d'altra parte, riferisce che l'amalgama, con oro puro, era utilizzata soprattutto per indorare statue e che il mercurio era tanto raro e costoso da essere falsificato. Nell'alto Medio Evo il procedimento era invece diffusamente utilizzato per recuperare l'oro nativo, sia dalle sabbie che dai filoni di quarzo, nei quali era contenuto allo stato libero, dopo averli macinati e polverizzati: per i minerali auriferi (e argentiferi) l'amalgamazione diverrà possibile più tardi, grazie all'utilizzo dei prodotti chimici artificiali (PIPINO 1994).

Per quanto riguarda le sabbie aurifere, le prime testimonianze, risalenti al XII secolo, si riferiscono al Reno tedesco (*Theophilo*) e al Nilo (*Al-Edrisi*) e concordano nel dire che veniva amalgamato il concentrato ottenuto con lavaggi preventivi su tavole o in "vaschette" di legno. In seguito, probabilmente grazie alla maggiore disponibilità di mercurio, questo finì coll'essere usato direttamente nel piatto o nelle canalette di lavaggio: nel primo caso, molto utilizzato durante le ultime grandi corse all'oro e, ancora oggi, da cercatori indigeni in Africa, America meridionale e Asia, si ottiene un migliore risultato, in quanto la manualità dell'operatore consente all'oro di entrare in contatto col mercurio per tutto il tempo che serve; nel secondo caso, solo una parte dell'oro riesce ad entrare in sufficiente contatto col mercurio, e ad essere trattenuto, mentre buona parte non lo tocca nemmeno o scivola via troppo velocemente dopo essersi "sporcat". Un maggior risultato si ottiene nelle canalette vibranti, dove il movimento laterale costringe le scaglette d'oro ad avere maggiore contatto col mercurio, ma lo stesso movimento finisce col suddividere questo in fini particelle che vengono trascinate via, determinando perdite molto maggiori di quelle delle canalette fisse, già solitamente elevate (10-30%).

Il piatto resta, quindi, lo strumento più pratico e funzionale, anche col mercurio, per il recupero delle scaglette d'oro, tanto che, a seconda del prezzo del metallo e delle condizioni locali, il trattamento artigianale di sedimenti alluvionali può diventare economico anche con tenori inferiori al decimo di grammo d'oro per metro cubo, al limite della sussistenza e con la perenne speranza di ritrovamenti maggiori. Per il recupero dell'oro dall'amalgama, oltre alla classica distillazione o alla semplice evaporazione, operata spesso all'aperto senza alcuna cautela ambientale, oggi si ricorre sempre più spesso alla soluzione in acido nitrico, con analoghe cautele.

La singola produzione, dei cercatori locali, diventa enorme quando moltiplicata per il loro numero totale: secondo alcune stime, in tutto il mondo ve ne sono più di un milione, secondo altre circa due milioni, per lo più distribuiti nelle tre aree geografiche suddette, cosa che comporta la produzione, ogni anno, di centinaia di tonnellate d'oro che sfuggono ai dati ufficiali e che, a quanto pare, è, ed è sempre stata, maggiore di quella proveniente dalla coltivazione industriale delle alluvioni a bassi tenori.

Si legge spesso della coltivazione (o, meglio, dei tentativi di coltivazione) di alluvioni contenenti appena un decimo di grammo (100 mg) d'oro per metro cubo di sedimento, ma, in questo caso, si tratta di alluvioni di pianura, molto estese e coltivabili con draghe galleggianti capaci, secondo le ottimistiche previsioni, di trattare da 2000 ai 6000 metri cubi di materiale nelle 24 ore, recuperando il 90% dell'oro contenuto grazie al massiccio uso di mercurio. In realtà, alla prova dei fatti il recupero è sempre stato molto minore,

intorno al 50% nella migliore delle ipotesi, e trattando un quantitativo minore delle previsioni, ma ancora troppo elevato per consentire un sufficiente contatto fra oro e mercurio: le società che se ne sono occupate hanno potuto sopravvivere, per un certo periodo, soltanto grazie all'emissione di titoli azionari sottoscritti da molti illusi, ingannati dai grandi numeri teorici.

Per quanto riguarda i depositi terrazzati, ne sono stati coltivati con tenori di 3-5 decimi di grammo (300-500 mg) utilizzando “moderni” sistemi di abbattimento idraulico e incanalamento della torbida in lunghi “sluices” riempiti di mercurio, ma i risultati non sono stati migliori. Nel Rio Duerna, in Spagna, nel 1886 la Rio Sil and Leon Mining Company trattò con questo sistema i sedimenti poveri ricoprenti, con spessore di oltre 30 metri, lo strato grossolano riconosciuto discretamente aurifero, evidentemente per scoprire questo gradualmente senza provocare grossi disastri ambientali e, nel contempo, cercando di recuperare il poco oro contenuto. Della cosa si occupò l'ing. W.S. Welton, esperto di “hydraulicking” e ben noto per la sua attività in California e in Colombia: furono riattivate vecchie canalizzazioni romane e ne furono costruite altre per alimentare due *monitors* (cannoni idraulici) di tipo californiano e, avendo a disposizione *“tutto il mercurio necessario”*, si riteneva di poter trattare con poco costo da 2.500 a 5.000 tonnellate di sedimento al giorno recuperando l'oro contenuto, prima di arrivare allo strato grossolano. Dopo due anni di preparativi e sette mesi di lavaggi, secondo la relazione dello stesso Welton, il trattamento dei livelli superiori aveva dato *“risultati molto insignificanti, rispetto a quelli sperati”*: nel contempo iniziavano i lavori a Las Medulas, dove lo spessore dei sedimenti di copertura era di circa 60 metri (ANONIMO 1887). Gli scarsi risultati, e l'insofferenza degli azionisti spagnoli, portarono all'abbandono dei lavori. Questi furono ripresi nel 1896 dalla società El Oro Español che ricorse a più sbrigativi metodi per scoperciare lo strato grossolano, provocando disastri ambientali e il sollevamento degli agricoltori, i quali ottennero l'ordine di interdizione dei lavori, dal governo provinciale (JONES 1900-1901).

Alcune fonti riferiscono che il fallimento della compagnia inglese fu dovuta agli ottimistici risultati delle prospezioni preliminari, probabilmente fraudolenti, cosa che, peraltro, viene riferita per numerose altre iniziative, in tutto il mondo. È certamente possibile, e in alcuni casi provato, che i campioni delle prospezioni siano stati “salati” per spingere le compagnie ad acquistare i diritti di sfruttamento e a iniziare lavori in grande stile, ma è anche vero che, nella maggior parte dei casi, c'è stato un errore di valutazione nel ritenere che, con i lavaggi in grande, si potessero avere gli stessi recuperi di quelli artigianali e, spesso, alla valutazione non sono estranei comportamenti fraudolenti, più o meno consapevoli, da parte dei responsabili delle stesse compagnie.

In definitiva, anche per quanto riguarda i risvolti economici, le peculiarità del nostro oro in scaglette non vengono mai sufficientemente valutate e non si tiene conto, almeno non abbastanza, delle differenti possibilità di accertamento e del recupero effettivo che, grosso modo, possono essere distinti in tre categorie:

- 1) oro effettivamente contenuto, rilevabile in laboratorio, su campioni, mediante analisi chimiche o con estrazione totale (con metodi chimici o gravimetrici)
- 2) oro recuperabile con sistemi manuali o artigianali, trattando limitatissimi quantitativi di materiale, con continua e semplice possibilità di controllare, intervenire e modificare, a seconda delle necessità, i parametri in gioco (tempo, quantità assoluta del sedimento, quantità relativa acqua-sedimento, ecc.). Il recupero, in questo caso, può raggiungere l'80-90%, specie con uso di mercurio

3) oro recuperabile con lavaggi industriali di migliaia, ma anche solo di centinaia di metri cubi al giorno, nell'impossibilità di controllare e modificare continuamente i vari parametri a seconda delle necessità contingenti. In questo caso il recupero supera raramente il 50%, anche utilizzando il mercurio.

Va ancora specificato che, nel nostro caso, non sono utilizzabili economicamente altri procedimenti chimici (clorurazione, cianurazione, ecc.) o meccanici (flottazione, cicloni, spirali, crivelli, tavole a scossa, ecc.), per i quali occorrono tenori di alcuni grammi d'oro per tonnellata. Tali tenori sono infatti possibili, in grandi quantità di sedimento naturale, soltanto quando l'oro è presente in granuli (e pepite), ma, in questo caso, il recupero idro-gravimetrico (lavaggio) è il migliore possibile.

SISTEMI DI FRUTTAMENTO E DI COLTIVAZIONE DEGLI STRATI AURIFERI TERRAZZATI

La ricchezza degli strati auriferi terrazzati viene evidenziata dai corsi d'acqua che li incidono e lasciano sul posto grosse pepite d'oro, non riuscendo a trascinarle a valle. Una volta individuati, gli strati possono essere sfruttati irregolarmente o coltivati regolarmente con sistemi che prevedono l'estrazione e il trasporto a secco del materiale ai canali di lavaggio (*dry mining*), oppure il lavaggio in posto, previo canalizzazioni più o meno lunghe e articolate (*alluvial mining, placering*).

I sistemi, in entrambi i casi, sono numerosi e più o meno antichi. Di essi, specie per quelli utilizzati durante le ultime grandi corse all'oro, esiste una diffusa letteratura, utilmente riassunta nel manuale PEELE (1918).

Il primo approccio prevede sempre la raccolta di sedimento dallo strato aurifero e il lavaggio nel vicino torrente, con canalette (*sluicing*) o soltanto col piatto (*panning*), poi si prosegue optando per uno dei possibili sistemi di coltivazione, a seconda delle condizioni logistiche e delle capacità imprenditoriali.

Nel caso di trasporto del materiale a secco, è ovvio che il lavoro diventa sempre più oneroso man mano che ci si allontana dal vicino torrente o dai canali eventualmente predisposti per il lavaggio, deviando l'acqua dello stesso torrente. Lo scavo può essere superficiale o più o meno profondo, a seconda della copertura, e il materiale può essere trasportato integro o preventivamente setacciato sul posto, per portare al lavaggio soltanto la granulometria utile. Nel caso di strati superficiali, senza alcuna copertura o con sottile ricoprimento, i sistemi antichi prevedevano lo scavo di larghe fosse adiacenti e la setacciatura grossolana del materiale sul posto. Quando la copertura era più consistente, lo scavo proseguiva in galleria partendo dal fronte del terrazzo (*tunneling*), fin tanto che lo consentiva la stabilità del sedimento e la convenienza economica, oppure, partendo dalla superficie, a distanze più o meno grandi dal fronte, con pozzi ed estrazione del materiale dal fondo, con cunicoli radiali (*coyoting*).

Alcuni residui di aurifodine sul fronte dell'anfiteatro morenico di Ivrea conservano ancora testimonianze di questi sistemi di lavorazione (PIPINO 2012). In Boemia ve ne sono del Medio Evo (KUDRNAC 1977, PIPINO 1997). Per la California, abbiamo la testimonianza diretta di un anonimo friulano che, nel 1856, faceva il negoziante a Mokelumne Hill: *“Io pure nel 1850 ho lavorato alla ricerca dell'oro, che a quel tempo non costava molta fatica, perché lo si scopriva e raccoglieva nei ruscelli che scorrono tra*

collina e collina...Adesso esige maggior lavoro; lo si trova a profondità talvolta di due soli palmi, tal'altra di ben trenta piedi. Per estrarlo vengono costruiti dei pozzi e dei tunnel: estratto che sia, lo si trasporta al luogo della lavatura, mediante secchie e carriole" (PERUSINI 1949).

Il sistema dei cunicoli (*coyoting*), ancora molto utilizzato in paesi africani e sud-americani, è estremamente pericoloso a causa dei frequenti crolli di pozzi e gallerie di fondo, non protetti o "armati" in modo approssimativo. Esso ha avuto fortuna e grande applicazione nello Yukon e in Alaska grazie al perenne strato di congelamento del terreno (*permafrost*) che ne assicura la stabilità, pur dovendo ricorrere al fuoco per lo scavo. Io stesso credo di aver assistito all'ultimo in attività, nell'estate del 1990 nei pressi di Dawson City: il pozzo, profondo 6-7 metri e armato grossolanamente, con tavole di legno, conduceva a una vasta caverna, scavata negli anni, con al centro una pozza d'acqua ricoperta da un sottile strato di ghiaccio; il materiale veniva scavato dalle pareti, con l'ausilio di un getto d'acqua prodotto da una piccola pompa a motore, e portato in superficie per essere lavato. Secondo il solitario concessionario, in autunno il laghetto ghiacciava completamente e lo scavo, del sedimento ghiacciato, era possibile soltanto dopo averlo sciolto, localmente, lasciandovi bruciare per alcune ore una catasta di legno opportunamente preparata.

In alcuni casi, gli scavi sotterranei portavano ad una vera e propria coltivazione mineraria di discrete dimensioni (*shift mining*), con le quali lo strato aurifero veniva estratto, con pozzi e gallerie, alla stregua di uno strato di carbone o di un orizzonte metallifero. Al contrario di questi, nel nostro caso non era però possibile, per quanto detto, determinare preliminarmente il tenore medio e il valore totale del giacimento, con i conseguenti rischi economici, e, in più, l'armatura del tetto doveva essere molto più consistente, e costosa, per sostenere i sedimenti soprastanti, troppo sottili quando ghiacciati, più o meno sciolti e incoerenti a profondità maggiori. In California, il sistema è stato particolarmente usato per depositi alluvionali terziari ricoperti da colate laviche che da una parte erano difficili, se non impossibili, da scoperchiare con sistemi meccanici o idraulici, dall'altra garantivano una certa stabilità al tetto.

In caso di copertura poco spessa (1-3 m), già nei primi anni della corsa in California questa poteva essere eliminata e ammucchiata a lato con grandi pale meccaniche, per poi procedere all'estrazione del sottostante strato aurifero che poteva essere trasportato ai canali di lavaggio più o meno distanti. Questo sistema di scoperchiamento (*stripping*) è ancora molto attuale nello Yukon. Da noi è utilizzato per l'estrazione di sabbie e ghiaie poco profonde: talora, data la crescente difficoltà di ottenere permessi di estrazione per inerti alluvionali, l'attività viene spacciata come ripristino di terreni sassosi.

Sui sistemi di coltivazione "idraulica" dei terrazzi auriferi, che prevedono la conduzione dell'acqua sul posto, abbiamo importanti testimonianze antiche e recenti. Per l'Iberia, Plinio, dopo aver parlato delle opere da giganti suddette...aggiunge"*...C'è poi un altro lavoro, pari e di maggior spesa, perché per lavare quella rovina bisogna condurvi fiumi dagli alti gioghi, e spesso da distanze di cento miglia (circa 150 Km)....All'inizio delle cascate, sul ciglio dei monti, fanno piscine che misurano 200 piedi per lato e dieci di fondo (oltre 10.000 mc)...e quando poi sturano il lago riempito, l'acqua esce con tanta furia da trascinare i sassi"* (Lib. XXXIII, XXI).

I bacini, che potevano essere riempiti di notte o durante fasi di stasi delle lavorazioni, avevano lo scopo di garantire l'erogazione ed erano muniti di paratie,

mediante le quali l'acqua veniva fornita con flusso regolare, per alimentare canali di lavaggio, oppure a ondate violente, col sistema poi noto come *hushing* e "*booming*". In accordo con la descrizione di Plinio, dopo aver provocato il franamento delle gallerie (col metodo oggi noto come subbissamento o *caving*), venivano utilizzate le ondate violente d'acqua per "lavare" il materiale collassato, ma è ovvio che, data la stessa violenza, era possibile recuperare l'oro grossolano contenuto, non certo quello fine. In qualche caso, il collasso veniva agevolato con lo scavo di grosse cavità sotterranee che, per il principio di Pascal, "esplodevano" a seguito della pressione esercitata dalla corrente d'acqua immessa nelle gallerie (PIPINO 2012), ma non è vero che tale metodo sia descritto da Plinio, come si legge in alcuni autori recenti.

Il sistema a ondate violente era, comunque, principalmente diretto allo scoperchiamento (*stripping*) dello strato aurifero, liberandolo dai sedimenti sterili (o scarsamente auriferi) che lo ricoprivano: il tipico paesaggio di Las Medulas, con ampi fronti di distacco a circo e persistenza di pinnacoli isolati, risparmiati dalla distruzione totale, è il risultato del suo massiccio uso, non certo di presunte coltivazioni della potente successione di sedimenti sabbiosi e ghiaiosi, con scarsa presenza di oro fine. Come detto, la coltivazione di questi è stata tentata in tempi recenti, con risultati scarsissimi nonostante il massiccio uso di mercurio, mentre il successivo tentativo di scoperchiamento sbrigativo dello strato aurifero sottostante fu interrotto, d'autorità, per ragioni ambientali.

I metodi di lavaggio violento e di scoperchiamento idraulico sembrano essere stati usati anche nella Bessa (PIPINO 2012) e sarebbero stati usati, dai Romani, anche nella coltivazione dei giacimenti auriferi primari di *Dolaucothi* (*Ogofau*) nel Galles (LEWIS e JONES 1969), evidentemente per scoperchiare i filoni e/o per lavare i sedimenti eluviali di copertura e gli accumuli di detriti, più o meno auriferi. Nella prima metà dell'Ottocento il metodo *hushing* veniva diffusamente utilizzato nelle miniere di piombo del Cumberland e di contee vicine, per il lavaggio, ad ondate violente successive, degli accumuli detritici naturali, dai quali venivano estratti a mano i blocchi mineralizzati, man mano che venivano scoperti dall'acqua (FORSTER 1809; MITCHELL 1842). Nelle Americhe, e in varie parti del mondo, è stato ampiamente utilizzato per la coltivazione dei terrazzi auriferi, oltre che per lo scoperchiamento di giacimenti metalliferi diversi e di cave lapidee. LONGRIDGE (1910) ci dice che, agli inizi del Novecento, l'utilizzo del sistema, in Alaska, aveva consentito di scoperchiare in 3 settimane un terrazzo esteso per più di 2000 metri quadrati dalla copertura di terriccio e ghiaie, spesso un metro e mezzo, e che la spesa totale era stata di poco superiore a 7 centesimi per metro cubo di materiale rimosso.

A Las Medulas sono stati riconosciuti una diecina di canali romani, alcuni dei quali lunghi da 30 a 40 km, e le tracce di alcuni bacini, con capacità variabili da 5000 a 15.000 mc. Per le aurifodine italiane non sono noti sicuri resti di bacini e canalizzazioni, a causa delle intense modifiche successive, agricole e urbane: in genere, esse si trovano a valle di aree montuose solcate da innumerevoli torrenti, alcuni di discreta portata e profondamente incassati, per cui anche dighe di modeste dimensioni potevano servire a formare bacini di grandi dimensioni; questi, inoltre, potevano essere formati deviando le acque in vicine depressioni intra-moreniche, molto diffuse.

Per la Bessa, non pare possano esserci dubbi che il bacino di alimentazione sia stato quello del torrente Viona che, una volta, era molto più ricco d'acqua: dopo l'abbandono delle miniere, parte delle acque del torrente furono deviate per alimentare l'acquedotto romano di Ivrea e, ancora in tempi recenti, sono state deviate per alimentare gli opifici di Borgofranco, provocando le lamentele di quelli di Mongrando (MARCO 1939-

40), poi per rifornire Sala Biellese e per alimentare l' "Acquedotto della Serra" ad uso dei comuni di Torrazzo, Magnano e Zimone. I canali residui, in molti casi, possono essere stati riutilizzati, e modificati, per le rinnovate esigenze agricole e artigianali: va segnalato, in particolare, il lungo canale di Mongrando (*roggia del Borgo*) che si sviluppa lungo il versante sinistro della Viona, a partire dalla località Lace, a valle di Donato. Nell'altro versante del torrente si trova una lunga depressione intra-morenica, da Scalveis a Sala Biellese, nella quale ha origine uno dei rami del torrente Ollobbia: essa diventa un acquitrino in occasioni di forti piogge e vi sussiste, nei pressi di Sala, il piccolo laghetto Lissello. Nel Settecento è attestata l'esistenza di una roggia che conduceva l'acqua dalla Viona a Scalveis; nei fianchi della collina vicina al villaggio, oggi abbandonato, si trovano alcune vecchie gallerie, una delle quali, lunga circa 50 metri, termina in corrispondenza di un pozzo "*...armato accuratamente in pietra con l'apertura superiore chiusa da una lastra di granito*" (TORRIONE E CROVELLA 1963).

Dall'eventuale bacino ottenuto riempiendo la depressione, se non direttamente dalla Viona, potevano essere facilmente alimentati i rami principali dell'Ollobbia e del parallelo Rio della Val Sorda, che limitano ai due lati il residuo di terrazzo aurifero (della Sorgente Solforosa) e che appaiono essere di origine artificiale.

La necessità di trasportare l'acqua da molto lontano era sentita anche durante le grandi corse all'oro americane, tanto da dare origine alla formazione di compagnie specifiche che vendevano l'acqua ai cercatori. E' ancora il nostro anonimo friulano a darcene notizia in anteprima, nel 1856, per le vicinanze di Sacramento: "*...Siccome ne deriva sul luogo mancanza d'acqua per le lavature, una compagnia di speculatori fece costruire un acquedotto in legno, che somministra l'acqua bisognevole ad un prezzo fisso per ogni pollice quadrato. Dicesi che tale acquedotto abbia costato quattrocentomila scudi all'incirca*". Numerosi altri acquedotti, per migliaia e migliaia di chilometri, furono costruiti da altre compagnie.

Ritornando all'Iberia antica, abbiamo sicure testimonianze sulla coltivazione idraulica dei terrazzi auriferi. Strabone ci dice che "*...fiumi e torrenti trasportano sabbie con oro, che si trova un po' dovunque, anche in luoghi asciutti, ma mentre in questi non si nota, nell'acqua corrente i frammenti d'oro brillano: allora i Turdentani inondano i luoghi asciutti, con acque all'uopo canalizzate, rendendo visibili le particelle d'oro e, scavando pozzi e utilizzando altre tecniche a loro note, ricavano oro col lavaggio della sabbia, tanto che al giorno d'oggi i cosiddetti lavatoi della sabbia sono più numerosi delle miniere...si dice che tra le pagliuzze d'oro si trovano anche dei pezzi grossi da mezza libbra, dette pale, che necessitano di scarsa raffinazione*" (Geogr. L. III, 2,8). Plinio aggiunge: "*...Certi monti spagnoli, aridi e sterili, nei quali non nasce altra cosa, sono fertili d'oro. Quello che cavano dai pozzi chiamano canalicio o canaliense...Gli scavi nei monti si chiamano arrugia...Un'altra fatica è nel piano, perché scavano fosse per farvi scorrere le acque, che si chiamano aganga, riempite di tanto in tanto da un arbusto simile al rosmarino, chiamato ulice, che trattiene l'oro. Ai lati vengono chiuse con tavole e, sospesi sulle macerie, i canali scorrono dalla terra al mare. In questo modo la Spagna ha tratto gran profitto. ...L'oro cercato nelle arrugie non si cuoce, ma subito è perfetto. Si trova in masse. Nei pozzi se ne trovano che oltrepassano le 10 libbre di peso*" (N.H. XXXIII XXI).

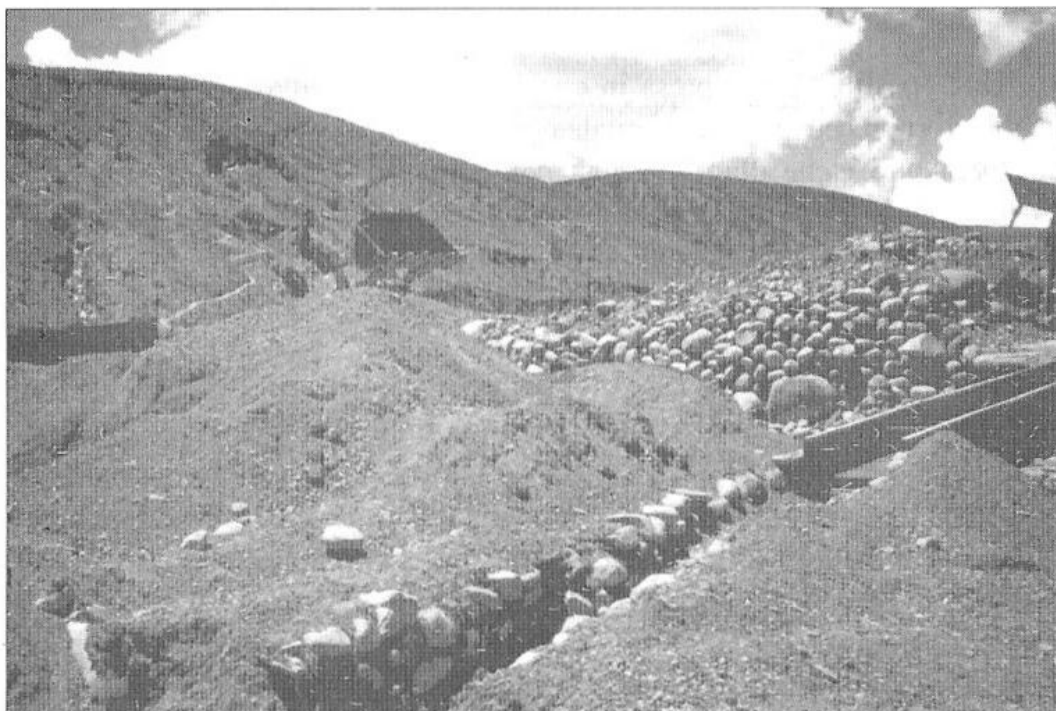
È ovvio che non ci si può aspettare dai due autori antichi, "generalisti", una perfetta descrizione dei metodi utilizzati, ma, per quanto riportato, non è affatto vero, come sostengono molti autori, che Plinio abbia affermato l'uso di canalette di legno inserite direttamente nei canali di lavaggio. Egli, infatti, parla genericamente di uso di tavole laterali in alcuni punti dei canali destinati a convogliare lontano la terra lavata. D'altra parte, la

storia recente e l'esperienza insegnano che non solo non c'è alcuna necessità di inserire strumenti nei canali di primo lavaggio, scavati nel sedimento, ma che essi sarebbero difficilmente stabili e potrebbero creare fastidi. Per trattenere l'oro basta e avanza uno strato di ciottoli grossi: quello più fine può essere trattenuto, in parte, con altri accorgimenti inseriti a valle, come la mitica pelle di montone (*vello d'oro*), gli arbusti descritti da Plinio o i moderni tappeti in plastica. Il lavaggio avveniva nei canali scavati direttamente, e in successioni parallele, nello strato aurifero quando questo era superficiale o ricoperto da un sottile strato terroso, alla base del terrazzo quando lo strato aurifero era più profondo e la successione esposta per alcuni metri d'altezza sul fronte dello stesso terrazzo. In questo secondo caso, più frequente, tutta la sponda veniva gradualmente abbattuta facendo cadere il materiale nel canale: i sassi grossi (dello strato aurifero) che rallentavano lo scorrimento, venivano man mano eliminati (dal canale) e ammassati a retro, mentre la parte più fina e leggera (ghiaia, sabbia e limo) era convogliata nella sottostante vallata. L'oro più grossolano restava intrappolato dallo strato sassoso nel fondo del canale e veniva recuperato alla fine del ciclo di lavaggio, mentre era inevitabile che una parte di quello più fine venisse trascinato via dalla torbida.

Alla fine di ogni ciclo di lavaggio, dal canale prosciugato veniva recuperato il concentrato aurifero, da rifinire a parte; il canale veniva costantemente riattivato e avvicinato alla sponda, man mano che il lavaggio procedeva e il fronte del terrazzo retrocedeva, fino al completo esaurimento.

Come ampiamente osservato in tempi recenti, con questo metodo di lavaggio continuo, definito *ground sluicing*, un uomo può abbattere e versare nel canale da 5 a 10 metri cubi di sedimento al giorno, e anche più a seconda della consistenza. La necessità d'acqua varia da 2 a 10 volte il materiale da lavare, cioè da 10 a 100 metri cubi al giorno per operaio, e la sua velocità deve essere almeno di 2-3 metri al secondo. Ma, poiché in un cantiere buona parte degli operai è addetta a funzioni complementari e accessorie, e tenuto conto di inevitabili interruzioni e rallentamento del lavoro, il rendimento pro-capite, per quanto riguarda il materiale scavato e lavato, si riduce in media a 2 metri cubi x uomo x giorno: questo vuol dire, ed è attestato in letteratura, che una squadra di 100 uomini può lavorare completamente un ettaro di deposito alluvionale spesso 3 metri nel giro di 150 giorni (ovviamente avendo a disposizione l'acqua necessaria).

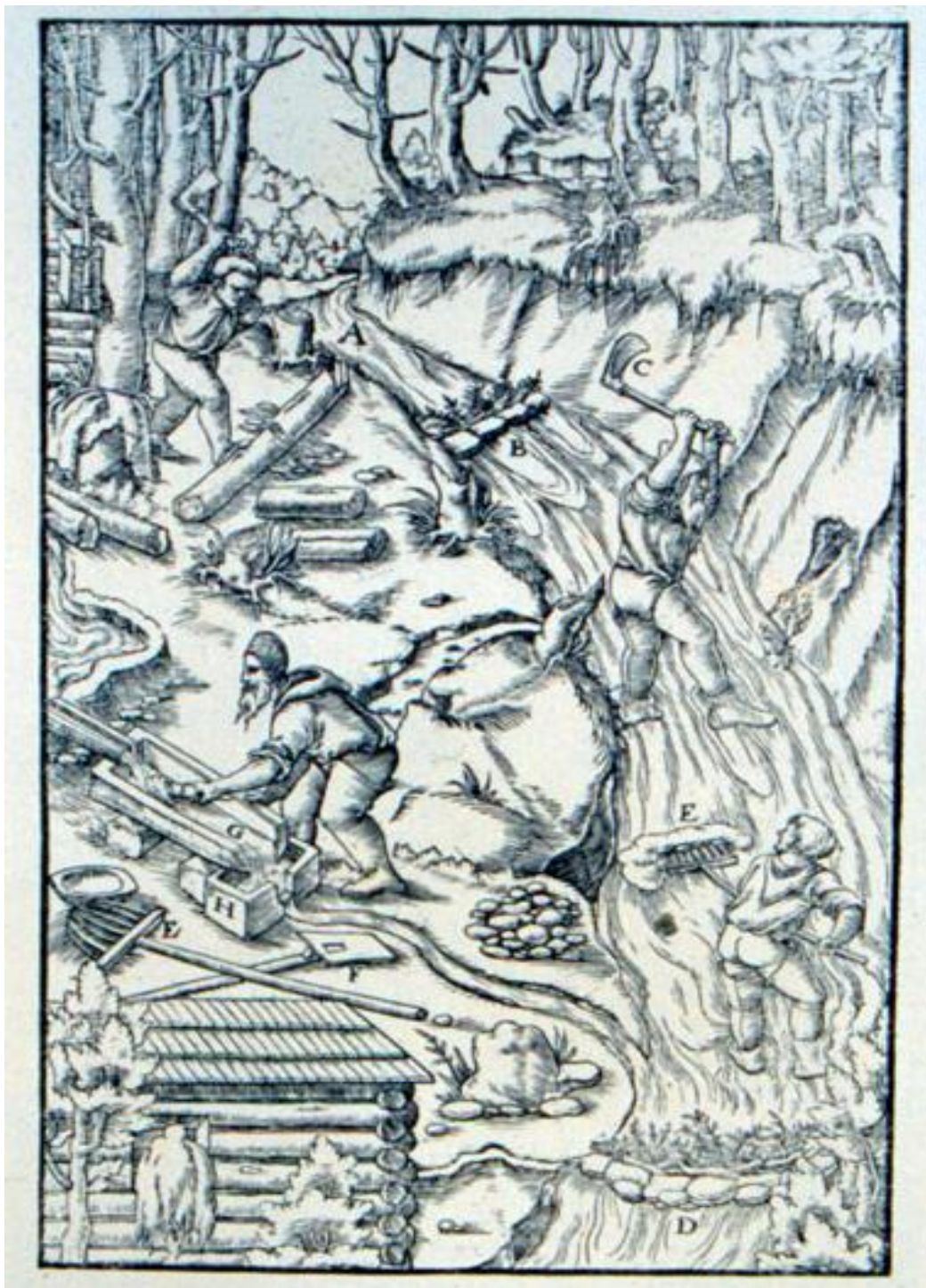
La necessità di captare, deviare e accumulare grandi quantitativi d'acqua, nonché le inevitabili conseguenze causate dalla torbida scaricata a valle, giustificano l'abbandono della tecnica nel Medio Evo: la sua applicazione, infatti, era possibile soltanto grazie all'organizzazione tecnico-militare dei Romani e, soprattutto, al loro potere e alla loro autorità, oltre alla scarsa densità di popolazione e di coltivazioni agricole nelle zone minerarie. In Europa il procedimento non potrà più essere applicato, nel Medio Evo e in tempi successivi, se non in misura molto ridotta e soltanto in alcune aree poco abitate e ricche di acque, ma non è affatto vero, come si legge spesso, che esso non è descritto nella fondamentale opera cinquecentesca di AGRICOLA (1556), il quale, invece, lo illustra perfettamente, anche se utilizzato in piccola scala e applicato alla coltivazione di alluvioni a cassiterite, "*pietre nere da cui si ricava il piombo bianco*" (stagno). L'Autore si riferisce a giacimenti di area tedesca, ma accenna al fatto che il minerale veniva ottenuto, con lavaggi, anche in Lusitania. Per i giacimenti della Cornovaglia, già coltivati nell'antichità, è probabile l'uso di sistemi di lavaggio nel Medio Evo, anche se la prima testimonianza certa e diretta è dei primi anni del Seicento: per la coltivazione venivano captati e deviati torrenti, cosa che provocava liti fra minatori e agricoltori (CAREW 1602). L'autore ci dice anche del ritrovamento di antichi reperti e di una moneta di Domiziano, negli antichi lavori, e che, ai suoi tempi, uno degli imprenditori si serviva di un metallurgo tedesco.



Lavaggio di sabbia aurifera a Rio Villaque, in Bolivia (da PIPINO 1998). Data la scarsità d'acqua, la sabbia viene preventivamente setacciata, con trommler, e viene fatta scorrere in un canale composto da due tavole poggianti su un telo cerato con uno strato di ciottoli (empedrado); i ciottoli vengono utilizzati anche per sostenere le sponde del canale scavato nel materiale di discarica, per agevolarne l'allontanamento, sistema che si ritrova, tal quale, nelle discariche delle aurifodine della Bessa.



Recupero del concentrato in canaletta formata da fogli di plastica con ciottoli, in Perù (bacino del fiume Huallaga, presso Huanaco)



Lavaggio di terrazzo alluvionale contenente cassiterite, “pietre nere da cui si ricava il piombo bianco” (stagno): da AGRICOLA 1556. Il sistema di lavaggio è del tutto analogo, seppure in piccolo, a quello utilizzato per la coltivazione dei terrazzi auriferi in epoca romana (lavatoi, agangae, arrugie) e nei primi tempi della corsa all'oro in California (ground sluicing): il canale (A) viene fatto scorrere ai piedi del terrazzo da lavare e, nella fossa predisposta, viene fatto cadere il materiale scavato sul fronte, con una zappa (C); i ciottoli, che rallentano lo scorrimento, vengono eliminati con una forca (E) e ammassati sulla sponda; all'uscita della fossa vengono predisposti arbusti per catturare le parti fini (D); il concentrato recuperato nella fossa viene rifinito, a parte, in canalette (G) e tinozze (H) di legno.

Secondo le ipotesi di alcuni autori inglesi, tutte da verificare, i sistemi di lavaggio sarebbero stati ampiamente utilizzati, nel Cinquecento, in varie miniere di piombo e di rame della Gran Bretagna, oltre che in quelle di stagno della Cornovaglia: di certo c'è che la regina Elisabetta incentivò notevolmente l'attività mineraria e fece molte concessioni a minatori tedeschi (PETTUS 1670). Recenti scoperte stanno comunque confermando un interessamento nelle miniere di stagno e di altri metalli da parte dei Romani, e la cosa potrebbe riguardare l'origine e l'applicazione dei lavaggi idraulici anche per queste.

I sistemi di lavaggio ricompaiono in California nella prima grande corsa, iniziata nel 1848 ed esplosa l'anno successivo, e, secondo SIMONIN (1877) che vi aveva operato come ingegnere minerario, quello di lavaggio continuo, poi noto come *ground sluicing*, veniva chiamato "*metodo cileno*", perché "*importato dai minatori del Cile che lo mettono giornalmente in pratica nel loro paese*". Viene da pensare, al riguardo, che il sistema sia stato importato in America meridionale dagli spagnoli (o dai portoghesi) che lo avevano appreso dai Romani, a meno che non si tratti di convergenza obbligata nella pratica di coltivazione.

Ben presto i sistemi *hushing* e *ground sluicing* furono completamente soppiantati, in California e in tutto il Mondo, da quello poi noto come *hydraulic mining* o *hydraulicking*, sviluppatosi in pochi anni. A quanto pare il primo approccio risale al 1852, quando il cercatore francese Antoine Chabod, che operava a Buckeye Hill in Nevada, si accorse che l'acqua, derivata da un canale con un lungo tubo di tela cerata, all'uscita aveva una pressione tale da sgretolare il sedimento alluvionale. L'anno successivo, a Yankee Jim's in California, Edward Mattson applicò, all'uscita del tubo, un bocchettone in legno che, riducendo la superficie di uscita dell'acqua, ne aumentava notevolmente la pressione; in seguito il bocchettone (*nozzle*) fu costruito in ferro, con possibilità di variare a piacere pressione e volume d'acqua, fino a costituire dei veri e propri *cannoni ad acqua* (*monitors*). Il procedimento, che consentiva di lavare grandi superfici in breve tempo e al costo di meno di un centesimo per metro cubo di materiale rimosso, si estese rapidamente e assunse dimensioni tali da creare forti contrasti fra minatori e agricoltori, soprattutto per le immense quantità di torbida che ricopriva i campi e ostruiva i canali irrigui. Dopo anni di controversie giudiziarie, nel 1881 il procedimento fu regolamentato, in California, con una legge regionale (*The Debris Act*), poi, nel 1893, esteso a tutti gli Stati Uniti con la legge federale *Caminetti Act*, dal nome del deputato californiano Antonio, figlio del noto *forty-niner* Rocco, un calabrese che aveva partecipato alla prima grande corsa (del 1849).

Grazie anche all'introduzione delle pompe a motore, il procedimento, ancora attuale per la coltivazione di alluvioni aurifere terrazzate, nel Klondike e altrove, trovò largo impiego anche in campo civile, per abbattere colline ad uso urbanistico e per la costruzione di strade e ferrovie: fu utilizzato, in parte, anche per il taglio del canale di Panama. Come detto, a Las Medulas fu prima usato con moderazione nel vano tentativo di coltivare i sedimenti fini, poco auriferi, ricoprenti gli strati grossolani di base, poi per cercare di eliminarli brutalmente, causando la sollevazione degli agricoltori che chiesero e ottennero la proibizione di utilizzarlo.

CUMULI DI CIOTTOLI E DISCARICHE SABBIOSE

I residui più evidenti del lavaggio di depositi auriferi terrazzati sono i cumuli di ciottoli, rimasti sul posto, e le discariche di sedimenti più fini (ghiaia, sabbia, limo) scaricati a valle.

Nonostante la plurisecolare opera di livellamento naturale e antropico, i cumuli di ciottoli sono, in molti casi, ancora ben conservati ed evidenti. Dalle nostre parti vengono genericamente indicati come “pietraie” o “macerie”; in Lombardia e nel Canton Ticino venivano chiamati “garaverio”, “caraveio” e simili. In Spagna e Portogallo sono chiamati “*urias*”; il nome specifico *Conhal* (de Arneiro) è dovuto all’abbondanza di quarziti abrasive (coti = conhos).

Geralmente si sviluppano, ordinati e paralleli, con lunghezze e altezze variabili, separati da canali più o meno riempiti da ciottoli rotolati in basso nel corso dei secoli. La loro base, per quanto riguarda quelli osservati in particolare nell’Ovadese e nella Bessa, è talora curata con particolare attenzione “...*tanto da assomigliare a vere e proprie murature a secco, e questo evidentemente per consentire un miglior sviluppo in altezza*” (PIPINO 2006): tale caratteristica mi fa sempre pensare alla collina del Testaccio, a Roma, sebbene in quel caso ad essere ordinati siano cocci di orci e anfore. Le lunghezze osservate, dei singoli cumuli, variano da 20 a 100 metri circa, l’altezza da un paio di metri a più di 10.

Nei depositi più recenti, osservati in alcune aree della California e del Perù, che pure assumono un certo allineamento geometrico, la base non risulta essere particolarmente curata e le altezze non superano i 3-4 metri.

La superficie totale coperta da cumuli, può estendersi da meno di mezzo chilometro quadrato ai 5 della Bessa e ai probabili 10 della valle Gorzente-Piota (PIPINO 1997, 1998, 2006, 2012). Nella penisola Iberica i cumuli di ciottoli residui (*urias*) sono numerosi ma poco descritti da parte dei vari autori che li segnalano: per la Spagna ne sono segnalati su superfici di mezzo chilometro quadrato, a *Las Omanas*, e di due chilometri quadrati lungo il *Rio Eria* e il *Rio Duerna* (DOMERGUE 1971); vanno aggiunti quelli, molto significativi, del terrazzo più alto (T1) e di quello inferiore (T4) di Las Medulas, nel bacino del Sil (HACAR et AL. 1999); in Portogallo, la superficie coperta dai cumuli del *Conhal de Arneiro*, su un terrazzo del Tago, è di circa 0,6 Km² (DEPREZ e DE DAPPER 2008).

I ciottoli, costituenti i cumuli, hanno forma irregolare, per lo più poco appiattita, ma sempre con bordi e spigoli ben arrotondati. Le dimensioni variano dai 10 centimetri al metro, con prevalenza della frazione 10-50 cm, sono però piuttosto omogenee nello stesso cumulo e diminuiscono procedendo da monte a valle. Localmente, in zone periferiche o alla base di qualche cumulo, si trovano massi isolati di maggiori dimensioni, con lati di alcuni metri. Questi, come dimostra anche l’osservazione diretta in strati auriferi grossolani ancora in posto, alla Bessa e nella Valle del Ticino (PIPINO 1998, 2006), sono da considerarsi trovanti emersi nel corso dello smantellamento del terrazzo aurifero, non di massi erratici già affioranti, per cui è evidente che eventuali incisioni rupestri, sulla loro superficie, non possono essere precedenti all’epoca dei lavori minerari, come invece ipotizzato per la Bessa (PIPINO 2012).

Massi e ciottoli sono sempre molto puliti e non si nota, neanche in profondità, la presenza di sabbie e ghiaie derivanti dal loro dilavamento a opera degli agenti atmosferici, per cui è evidente che erano già puliti quando sono stati accatastati. Generalmente sono anche abbastanza freschi, se non per una leggera patina di alterazione nei clasti metamorfici più superficiali, dovuta, in genere, a ossidazione dei solfuri contenuti. Diffuse sono anche, nei clasti superficiali, macchie colorate da colonie di licheni e locali coperture di muschio.

La composizione rispecchia la litologia dei bacini montani di alimentazione, ma, rispetto a questa, mancano o scarseggiano le rocce sedimentarie e quelle intrusive e

metamorfiche più alterabili, mentre abbondano litotipi molto resistenti che pure sono rari nei monti di origine. Tra questi è degno di nota il quarzo proveniente da sporadici e poco estesi filoni idrotermali: il più delle volte questi sono auriferi, per cui è chiara la relazione, nei depositi secondari, fra ricchezza aurifera e abbondanza di ciottoli di quarzo, relazione riconosciuta da sempre.

Tuttavia non sempre alla ricchezza aurifera si associa abbondanza di ciottoli di quarzo. Nell'Ovadese, ad esempio, i cumuli di ciottoli sono costituiti in prevalenza da ultramafiti più o meno serpentizzate, con abbondanza di metagabbri, anfiboliti ed eclogiti, rocce, queste ultime, che sono scarse, se non rare, nel complesso metaofiolitico-calcescistoso, noto come "Gruppo di Voltri", che affiora nei monti immediatamente sovrastanti, mentre scarseggiano, o mancano del tutto, i calcescisti che pure ne sono parte importante. Manca quasi del tutto anche il quarzo, sebbene sappiamo che l'oro tragga origine dai filoni quarzosi idrotermali dispersi nel "Gruppo" (PIPINO 1976, 2001). La ragione è nella natura di questi: più che compatti filoni di quarzo, si tratta, infatti, di sottili vene quarzoso-carbonatiche che cementano prodotti di alterazione delle rocce ofiolitiche, a costituire rocce note come idrotermaliti o listwaeniti, i cui detriti si sgretolano facilmente durante il trasporto torrentizi. Buona parte dell'oro, inoltre, è contenuto nelle stesse rocce ofiolitiche, senza quarzo, e nei prodotti di alterazione superficiale delle manifestazioni primarie.

I ciottoli di quarzo idrotermale erano invece abbondantissimi, anche in superficie, nei cumuli della Bessa e in altri minori situati lungo il fronte esterno dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea, prima che iniziasse la raccolta a uso industriale: se ne trovano ancora molti appena sotto la superficie e la loro provenienza è da cercare, in gran parte, nei poderosi filoni di quarzo aurifero della Val d'Ayas, con l'intermediazione dei depositi morenici che ne hanno trascinato a valle i detriti; sono accompagnati da gneiss, pietre verdi (ofioliti) e termini variabili da quarziti a quarzoscisti a micascisti (PIPINO 1998, 2012).

Anche i ciottoli di quarzo dei cumuli presenti nella valle del Ticino, a valle del cordone morenico che chiude il Lago Maggiore, sono stati oggetto di intensa raccolta, ad uso delle vetrerie lombarde e veneziane, attività che, in questa zona è molto antica e ben documentata. Sono però ancora abbondanti appena sotto la superficie e sono accompagnati, in prevalenza, da ciottoli di gneiss, dioriti, pietre verdi, quarziti, porfidi e brecce del verrucano lombardo. Il bacino di alimentazione, a monte del Lago, è vastissimo e, per quanto riguarda l'oro, l'origine è prevalentemente da cercarsi nei filoni auriferi dell'Ossola e del Malcantone svizzero (PIPINO 2000, 2003).

Una discreta selezione dei litotipi si nota anche nel modesto deposito a cumuli riconosciuto nel Malcantone, dove i ciottoli sono costituiti, in grande prevalenza, da gneiss e termini variabili da quarzoscisti a micascisti, con scarsi elementi di quarzite, pietre verdi e quarzo, e totale assenza di litotipi più fragili ed alterabili, nonostante che questi affiorino nelle vicinanze (PIPINO 2012).

Le caratteristiche citate depongono, per tutti i cumuli osservati, a favore di prolungati trasporti e di selezione dei ciottoli, anteriori ai lavaggi minerari, e conseguente ulteriore selezione ad opera di questi.

Sui cumuli della Bessa sono presenti numerose piccole depressioni circolari che alcuni scavi hanno dimostrato essere fondi di capanne quadrangolari, parzialmente riempiti dal crollo delle pareti a secco, fatte con gli stessi ciottoli: vi sono stati trovati frammenti di ceramica gallica e monete romane che confermano l'età (II-I sec. a.C.) delle coltivazioni minerarie (CALLERI 1985). Sulla cima di alcuni di essi si trovano depressioni

di maggiori dimensioni con al centro un pozzo circolare delimitato da ciottoli a secco: si tratta, in questo caso, di opere predisposte in epoche recenti a scopo irriguo (PIPINO 2010, 2012).

Per i cumuli spagnoli e portoghesi non si hanno dettagliate descrizioni, specie per quanto riguarda natura, forma e dimensione dei ciottoli costituenti. Le superfici coperte da cumuli sono indicate come "arados" (terre arate) o "valleos" da SÁENZ e VÉLEZ (1974), "chantiers-peigne" (cantieri a forma di pettine) da DOMERGUE (1988 e segg.) che ne indica la presenza in *Valduerna, Valderia, Las Omañas, Val Turtienzo* e sulle rive del *Miño* e del *Tago*; vi aggiunge poi (1990) *Las Murias, Moncelos, Ria de Foz, Puebla del Bróllon, Rio Ponsul, Villar del Monte, Los Cavenes* e i bordi del *Sil*, sempre senza descrizioni specifiche. Dalle foto aeree prodotte, specie per quelli di Las Omañas, in parte riportati anche sulla copertina dell'opera omnia (DOMERGUE 1990), si nota che i cumuli si sviluppano notevolmente in lunghezza, ordinati e paralleli, separati da solchi netti, non intasati da ciottolame rotolato giù dai cumuli e non interessati da vegetazione arborea. Questo è dovuto, probabilmente, alla scarsa altezza (al massimo 5 metri), alla relativa minor antichità rispetto a quelli italiani e alla minore esposizione ad attività antropiche successive alla deposizione.

Alla periferia di alcuni cantieri spagnoli è segnalata la presenza di antichi nuclei abitativi di forma circolare circoscritti da fossati, detti "coronas" o "castellos", che sembrano essere, almeno in alcuni casi, direttamente legati alle coltivazioni aurifere.

Anche le discariche di materiali più fini (ghiaie, sabbie, limo), scaricati a valle dei cumuli, sono localmente ancora molto estese, nonostante dilavamenti e trasporti successivi a opera delle acque superficiali. Sono generalmente poco apprezzabili e riconoscibili, a causa dell'intensa vegetazione che le interessa. La loro abbondanza ha, in molti casi, deviato o occluso il corso dei fiumi: il corso inferiore del torrente Piota, nell'Ovadese, è stato visibilmente spinto contro le colline che lo delimitano ad est; a valle di Mazzè la Dora Baltea è costretta ad un'ampia curva, e così pure il Ticino a valle di Varallo Pombia; l'interruzione di un affluente del Rio Sil, a valle di Las Medulas, ha portato alla formazione del Lago de Carucedo.

Il sedimento di discarica si presenta, in genere, sotto forma di conoidi alluvionali imbricati e sovrapposti, con stratificazione poco evidente o assente e composizione molto varia. Generalmente è composto dal 50% e più di sabbia e limo, per il resto da ghiaie a granulometria varia e rari ciottoli. Abbondante è anche il contenuto vegetale, rappresentato da frammenti più o meno voluminosi di tronchi, rami e radici di alberi, frustoli e, soprattutto, filamenti radicali. L'oro è generalmente presente e ben distribuito, ma sempre in sottili scagliette e in tenori che raramente superano 0,2 grammi per metro cubo: il rimaneggiamento e l'arricchimento ad opera dei corsi d'acqua, nelle zone periferiche e nelle sabbie fluviali immediatamente a valle, possono far raggiungere, localmente, tenori di qualche grammo d'oro per metro cubo.

L'estrazione per inerti, in alcune discariche della Bessa, ha portato in luce numerosi canali paralleli costituiti da due file di grossi ciottoli giustapposti a secco, senza base e senza volta, che si estendono per centinaia di metri (all'interno del sedimento di discarica) con larghezza media di due metri e altezze che variano da 2 a 4 metri: essi, come avevo evidenziato, sono del tutto analoghi a quello osservato, in attività, nel cantiere di Rio Villaque, in Bolivia, e, come questo, servivano per allontanare la torbida di discarica tendente ad ammuccinarsi a valle dei canali di lavaggio (PIPINO 1998, 2012). Nella cava Barbera di Cerrione sono stati anche trovati, immersi nel sedimento e a profondità di

alcuni metri dal piano di campagna, frammenti di ceramica gallica e alcuni picconi romani (CALLERI 1985, PIPINO 2010).



Cumuli di ciottoli della Bessa fra Cerrione e Mongrando con estesa vegetazione arborea nei canali di separazione (bunde). Al centro si vede la traccia, rettangolare, di una cava (foto aerea Pipino, 1985)



Veduta aerea di un cantiere a pettine di Las Omañas (da DOMERGUE 1990)

IPOTESI SU RENDIMENTO E DURATA DELLE AURIFODINE: gli errori di Herail, Domergue e C.

I risultati accademici del geologo Herail, sull'oro contenuto nelle serie sedimentarie terrazzate del Rio Duerna, furono accolte in pieno dall'archeologo Domergue, della stessa Università (Toulouse-Le Mirail), ed estesi agli altri giacimenti spagnoli e portoghesi. I Romani, secondo le loro tesi, poi accolte da numerosi altri autori, anche spagnoli, avrebbero coltivato imponenti serie di sedimenti terrazzati per recuperare le scarse tracce d'oro (20-100 milligrammi per metro cubo) contenute in piccole e sottili scagliette: di conseguenza, avrebbero impiegato secoli per coltivare un singolo cantiere (o un gruppo di cantieri vicini) recuperando, nel caso della Valduerna, al massimo 4 tonnellate d'oro in duecento anni. Come detto, le segnalazioni di autori precedenti sui tenori dello strato grossolano di base, e sull'esclusivo interesse di questo, furono liquidate come fantasticherie, e la stessa testimonianza di Plinio, sulla produzione annua di circa 6,5 tonnellate, liquidata come esagerata (DOMERGUE 1970 e segg.; HERAIL 1978 e segg.; DOMERGUE e HERAIL 1977 e segg.). In qualche caso i nostri autori, talora con altri, fanno riferimento alle grandi corse all'oro americane o a coltivazioni in atto in altre parti del mondo (DOMERGUE et AL. 1989; HERAIL et AL 1989), ma solo per confrontare le tecniche di lavorazione, sorvolando sull'oggetto specifico delle coltivazioni (strato grossolano di base), su dimensioni e tenori dell'oro contenuto in esso, sull'elevata quantità totale del metallo estratto e sui limitati tempi di esaurimento dei giacimenti.

Seri dubbi sulla bontà delle tesi sostenute dai due cattedratici francesi (e dai loro seguaci), furono espresse da noti archeologi e storici al Colloquio Internazionale di Madrid, del 1985, nella discussione seguita alla relazione di HERAIL e PEREZ GARCIA, il tutto pubblicato nel 1988. Conophagos, in particolare, non crede che possano essere stati coltivati, economicamente, giacimenti con tenori medi così bassi, tenuto conto del solo costo di mantenimento dei numerosi addetti necessari, e fa notare come siano stati trascurati sedimenti ben più ricchi, a detta degli stessi relatori, di quelli coltivati; Barrandon fa presente che le analisi di laboratorio non rispecchiano e non danno informazioni certe sull'oro recuperato; Weisgerber afferma che il quantitativo totale d'oro prodotto, secondo i calcoli dei relatori e di altri, è troppo basso, incredibilmente basso, per giustificare le spese preparatorie per centinaia di chilometri di canali e per grandi bacini di raccolta, oltre a quelle dei lavori di coltivazione.

Alle mancate risposte dei relatori cerca di rimediare Domergue, che fa parte del comitato organizzatore, affermando che non può essere messa a confronto l'organizzazione del lavoro antico con quella moderna e prospettando che la mano d'opera fosse fornita dalle popolazioni sottomesse, come riferito da Floro, ma, incredibilmente, con tutte le spese di sostentamento a loro carico. In seguito, come vedremo, si correggerà, pur cercando di mantenere bassi i costi, ma continuerà a sostenere, anche nell'opera omnia (DOMERGUE 1990), la coltivazione di potenti successioni sedimentarie con oro fine in bassi tenori, in particolare a Las Medulas e a La Leitosa, influenzando, in modo negativo, tutte le ricerche successive.

Per quanto illustrato in precedenza, e secondo le affermate conoscenze giacimentologiche e minerarie, i tenori indicati non sono e non possono essere mai stati oggetto di coltivazione, neanche se moltiplicati per 10, tenuto anche conto che si tratta di oro piccolo e sottile (il mio *fucking gold*), il cui recupero, in caso di lavaggi in grande, sarebbe stato infinitamente basso, molto di sotto dell' 80-90% prospettato. sarebbe stato infinitamente basso, molto di sotto dell' 80-90% prospettato.

MUSEO STORICO DELL'ORO ITALIANO

15077 PREDOSA AL info@oromuseo.com

Predosa, 12/04/1999

SPETT. SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA
PIAZZA SAN GIOVANNI 2 - 11122 TORINO

ARCHEOLOGIA IN PIEMONTE

articolo di C. Domergue: La Miniera d'oro della Bessa

Ill.ma Dott.sa Mercado,

facendo seguito alla mia del 29 marzo scorso e dopo aver approfondito la lettura dell'articolo in oggetto, ribadisco e specifico quanto già detto, come richiesto.

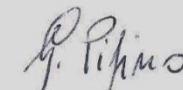
L'Autore afferma, nell'introduzione, che la Soprintendenza, "desiderosa d'inserire la Bessa in una prospettiva storica più vasta", gli ha chiesto di gettarvi un doppio sguardo da specialista, sostenendo che fino ad anni recenti la Bessa avrebbe suscitato soltanto un interesse locale. Questa, invece, è ricordata in alcuni volumi sull'oro pubblicati nella seconda metà dell'Ottocento e nei primi del Novecento, tra i quali ricordo LOCK (Londra 1882) e MACLAREN (idem 1908); vi sono poi il fondamentale lavoro di BESNIER (1919), che pure egli dovrebbe conoscere, e il classico DAVIES (1935), da lui citato in lavori relativi alla Spagna, ma ignorato per quanto riguarda la Bessa.

Stupisce poi il fatto che egli, dopo aver aspramente criticato e deriso Micheletti, alla fine giunge alle stesse conclusioni, attribuendo ai Salassi lo sfruttamento della Bessa e sostenendo che avrebbero anche potuto portarvi le acque della Dora Baltea. Questo perché non ha trovato testimonianze simili "sulle rive della Dora Baltea a monte di Pont-Saint-Martin". E come avrebbe potuto, quanto è noto che la Bessa si colloca sul fronte esterno dell'anfiteatro morenico d'Ivrea? Se avesse guardato intorno a questo, avrebbe potuto, forse, vedere una delle altre manifestazioni esistenti, peraltro da me segnalate: non poteva certo trovarne all'interno, di parecchi chilometri, e in una valle stretta e profonda in cui frequenti fenomeni alluvionali hanno, ovviamente, cancellato ogni traccia di eventuali testimonianze che, in ogni caso, sarebbero state ben differenti da quelle in questione.

Certo non ci si aspetterebbero errori tanto grossolani da un professore che, senza falsa modestia, si autodefinisce specialista dell'argomento.

Quanto alla necessità di collaborazione fra archeologi e geologi, nel caso specifico occorrerebbe che il geologo fosse esperto in ricerche e coltivazioni minerarie, e meglio servirebbe un ingegnere minerario pratico di alluvioni aurifere. La collaborazione dell'archeologo Domergue con il geologo-geomorfologo Herail, della stessa Università (Toulouse-Le Mirail), ha portato a distorte interpretazioni di carattere giacimentologico e storico-minerario, con deleterie conseguenze per i successivi studi archeologici e interpretativi delle aurifodine spagnole, i quali si riflettono negativamente anche in quelli riguardanti la Bessa. La loro tesi, come noto, è che, in Iberia, i Romani abbiano coltivato imponenti successioni di sedimenti fini contenenti oro scarso e minuto, impiegando due secoli per produrre poche tonnellate d'oro, in totale: l'affermazione di Plinio sulla produzione annua di 6,5 tonnellate, è, da loro, liquidata come esagerata; gli studi degli ingegneri minerari inglesi sui reali sistemi di coltivazione liquidati senza i necessari confronti con le arcinote pratiche operative, antiche e moderne; le precise, e provate, testimonianze di autori precedenti sulla reale consistenza dell'oro nello strato grossolano di base, l'unico degno di interesse, liquidate come fantasticherie. Che più?

Mentre resto disponibile per ulteriori chiarimenti, porgo distinti saluti


dott. G. Pipino

Nel caso particolare di Las Medulas, inoltre, appare evidente che il sistema di abbattimento utilizzato, a ondate violente (*hushing*), ha provocato flussi di torbida caotica e veloce, non controllabili ai fini di eventuali tentativi di recupero: esso, come avevano osservato il primo JONES (1900-1901) e i successivi ingegneri minerari inglesi, denigrati da Domergue, era finalizzato allo scoperchiamento (*stripping*) dello strato aurifero grossolano di base, l'unico che valeva la pena di coltivare. Il sistema era stato utilmente utilizzato in altri giacimenti più o meno vicini, con copertura sedimentaria più limitata: nel caso specifico, con copertura di cento e più metri, il lavoro è rimasto interrotto, lasciando grandi distacchi (a circo) nella parte superiore della successione, numerosi pinnacoli residui della parte asportata e resti di pozzi e gallerie scavati per agevolare i distacchi, mentre lo strato aurifero grossolano è rimasto sepolto sotto metri, o decine di metri, di sedimento residuo. Quello distaccato, data la violenza del flusso d'acqua, è andato a depositarsi a ben due chilometri: DOMERGUE (1996), aggiungendo errore a errore, sostiene che, una volta lavato per recuperare l'oro, il sedimento di discarica sia poi stato allontanato con una successiva operazione di canalizzazione ed evacuazione (cosa contraria a qualsiasi principio minerario).

I sondaggi eseguiti dagli inglesi, alla fine dell'Ottocento, hanno in qualche modo evidenziato la ricchezza dello strato aurifero grossolano di base rimasto sul posto, il quale, d'altra parte, ha le stesse caratteristiche di quelli che, coltivati in epoca recente in varie parti del mondo, hanno fornito enormi quantità d'oro, seppure per tempi limitati. Giacimenti o gruppi di giacimenti vicini, di questo tipo, vengono, infatti, completamente esauriti nel giro di pochi anni o decine di anni: l'eccezione del Klondike è dovuta al fatto che è possibile lavorarvi soltanto due o tre mesi l'anno, e ogni anno bisogna ripartire con le opere preparatorie.

Per quanto detto, è assurdo tentare di risalire al quantitativo d'oro estratto attraverso le discariche scaricate a valle delle lavorazioni: a parte il fatto che queste sono soltanto una parte di quelle originarie, e non possiamo sapere quanta parte è stata trascinata via dai corsi d'acqua superficiali, esse rappresentano, per lo più, i sedimenti fini che coprivano lo strato aurifero e che contenevano, al massimo, oro fine in bassi tenori che non aveva alcun interesse. In esse non è difficile riscontrare ancora la presenza di quell'oro, e in quei tenori, presenza ancora priva d'interesse, se non in limitate zone di successivo arricchimento fluviale.

Le "certezze" Herail-Domergue hanno influenzato anche gli studi accademici sulla Bessa, eseguiti per conto di una società mineraria parastatale (Ri.Min): BAIO e GIANOTTI (1996), che fanno riferimento, in Bibliografia, a HERAIL (1984) e a HERAIL et AL (1990), sostengono, infatti, che vi sarebbero stati coltivati sedimenti di copertura con tenori d'oro variabili "...da 0,01 mg/t a 118,6 mg/t" e che le coltivazioni si sarebbero protratte "... per circa 100-150 anni". Da parte sua, la Soprintendenza Archeologica per il Piemonte incaricò Domergue di studiare la Bessa, col risultato di aggiungere alla cialtroneria dei suoi funzionari, da me più volte evidenziata, quella del cattedratico francese, come si evince dalla lettera da me inviata dopo aver letto le affermazioni e le conclusioni da lui pubblicate.

* * * * *

Teoricamente, si può cercare di risalire al quantitativo d'oro estratto, da un terrazzo aurifero, attraverso i cumuli di ciottoli lasciati sul posto, come ipotizzato per la Bessa (PIPINO 1998, 2012). I ciottoli rappresentano la parte grossolana dello strato aurifero coltivato, nel quale erano contenuti in ragione del 50% circa. Il volume dei cumuli potrebbe quindi essere raddoppiato, per farlo coincidere con quello dello strato aurifero

d'origine, ma occorre tener conto dei vuoti lasciati tra ciottolo e ciottolo, tanto più grandi quanto maggiori sono le dimensioni di questi, vuoti che vanno riempiti con una parte dei fini. Le osservazioni su eventuali residui dello strato aurifero possono dare informazioni più specifiche, ma in linea generale si può ammettere un aumento in volume del 50%. Eventuali lembi residui potrebbero dare indicazioni utili pure riguardo al tenore, anche se, come abbiamo visto, è praticamente impossibile determinarlo con certezza. Il tenore minimo limite non può comunque scendere sotto i 2 grammi a metro cubo, tenuto conto che deve pagare anche l'evacuazione degli strati sovrastanti e che i contenuti accertati in strati analoghi, coltivati in tempi recenti, sono sempre molto più elevati.

Per i depositi italiani, non è facile calcolare l'estensione e, soprattutto, l'altezza media dei cumuli originali, a causa delle modifiche intervenute, per cause naturali o antropiche, dell'asportazione di ciottoli di quarzo e delle estrazioni di ciottoli in genere, per inerti. Per quelli della Bessa, che si estendono su una superficie di circa 5 chilometri quadrati, alcuni autori danno altezze variabili da 1 a 25 metri e medie molto differenti, da 4-5 metri a 12: livellandole al minimo, si avrebbe una cubatura totale di circa 20 milioni di metri cubi di ciottoli, rapportabili a 30 di originario strato aurifero, per una produzione minima totale 60 tonnellate d'oro, ma si può pensare anche a 50 milioni rapportabili a 100, con produzione di 200 tonnellate d'oro. Per i cumuli ovadesi, che coprono una superficie doppia ma con altezze generalmente inferiori, le produzioni possono essere state simili.

Si tratta, ovviamente, di calcoli molto approssimativi che, tuttavia, possono essere raffinati analizzando, per settori, le esatte caratteristiche dei cumuli e degli eventuali residui dello strato aurifero.

Per quanto riguarda la penisola Iberica, un chilometro quadrato coperto da ciottoli, con altezza media livellata a 2 metri, potrebbe essere equiparato a 3 milioni di metri cubi di sedimento aurifero e avrebbe prodotto non meno di 6 tonnellate d'oro. Se moltiplichiamo tale valore per i circa 20 chilometri quadrati totali indicati da DOMERGUE (1990), abbiamo una produzione totale minima di 120 tonnellate, che può essere stata prodotta nell'arco di poche decine d'anni. Se poi vi aggiungiamo l'oro prodotto dalle sabbie fluviali e dalle miniere di quarzo aurifero, possiamo tranquillamente affermare che le produzioni annue riferite a Plinio (circa 6,5 tonnellate l'anno) non sono affatto esagerate e che, anzi, egli *"che era procuratore romano in Spagna, aveva certamente informazioni dirette ed attendibili per difetto e non per eccesso, dato che le produzioni d'oro ufficialmente dichiarate sono sempre state inferiori a quelle effettive"* (PIPINO 1998).

D'altra parte, sappiamo che nel solo 1849 in California furono prodotte circa 40 tonnellate d'oro da sabbie fluviali e da terrazzi analoghi a quelli spagnoli, a opera di una moltitudine di disperati poco o niente organizzati. La produzione salì a 75 tonnellate annue nel periodo successivo, grazie anche all'apertura di miniere in roccia e all'uso del mercurio, e si mantenne elevata per alcune decine d'anni.

Utili informazioni, sulla produzione antica, potrebbero venire anche dall'analisi dei costi di coltivazione, ma, per farlo, sarebbe necessario conoscere con esattezza il numero degli addetti, la loro condizione sociale e l'ammontare dei salari. In mancanza, si possono solo fare ipotesi molto approssimative, da raffinare caso per caso, epoca per epoca, in situazioni spaziali e temporali specifiche.

Per la Valduerna, DOMERGUE (1990) sostiene vi lavorassero soltanto 1000 uomini, con salario annuo di 142 sesterzi, *"...ai quali bisogna aggiungere i salari dei quadri amministrativi"*, ma occorre rifarsi a una pubblicazione molto precedente (1988) per conoscere i motivi dell'affermazione: mille uomini circa sarebbe il numero massimo

ospitabile nei tre insediamenti antichi (*coronas*) noti nella zona; a 142 sesterzi ammonterebbero le spese di sostentamento di uno schiavo impiegato nell'azienda agricola di Columella, ricavate da DUNCAN JONES (1974).

In entrambi i casi, i numeri si basano su considerazioni distorte e lontane dalla realtà.

Per quanto riguarda il numero totale di operai, a parte il fatto che potevano esserci altri insediamenti, oltre a quelli conservati, appare logico ritenere che nei piccoli insediamenti fortificati alloggiassero soltanto le guarnizioni militari e i quadri dirigenti, mentre la massa di operai-minatori viveva in tende e capanne disperse o raggruppate in villaggi fittizi, come è sempre stato. Lo stesso autore ricorda che, secondo la testimonianza di Polibio, che ritiene attendibile, nelle miniere di Cartago Nuova lavoravano 40.000 uomini, e certamente non vi erano grandi castelli per ospitarli. Per la Bessa, dove una legge proibiva di usare più di 5000 uomini, abbiamo le tangibili testimonianze di un buon numero di capanne costruite sugli stessi cumuli di ciottoli, man mano che il lavoro procedeva, ed è molto probabile che la maggior parte degli alloggiamenti si trovasse nella pianura al di là dell'Elvo, nei pressi dell'odierna Borriana.

Quanto ai dati ricavati da DUNCAN JONES (1974), questi riporta soltanto alcuni dei costi parziali ricavati dal "*De Re Rustica*" di Claudio Columella e, in altra parte, calcola in 300 sesterzi il costo annuo di mantenimento di uno schiavo. Non è poi detto che i minatori iberici fossero schiavi, o prigionieri di guerra (*dediticii*), o condannati *ad metalla*, anzi lo stesso DOMERGUE (1990) riferisce che "...oggi c'è la tendenza a considerare che la mano d'opera libera ha occupato un posto importante nel lavoro delle miniere", e riporta alcune testimonianze epigrafiche a conferma.

Alla fine dei conti non pare, comunque, che ci possa essere grande differenza di costi tra i diversi tipi di mano d'opera, al contrario, un salariato poteva costare di meno: infatti, mentre un uomo libero poteva lavorare per un salario minimo o di sussistenza, per schiavi, prigionieri e dannati occorreva aggiungere, al necessario sostentamento, le spese di vestiario, alloggio, sorveglianza e cure. Per quanto riguarda gli schiavi, ci sarebbe poi da aggiungere l'ammortamento del loro prezzo di mercato (c. 2000 sesterzi per uomo) che, dato il tipo di lavoro, non doveva essere in ratei molto prolungati. È per queste ragioni, e per la loro maggiore efficienza, che gli uomini liberi, salariati, venivano preferiti nei lavori minerari, così come in altri lavori.

Per le miniere della Dacia, viene ricordata una testimonianza secondo la quale nel II secolo un minatore percepiva 5-7 assi al giorno (meno di due sesterzi) ma, come in altri casi, si tratta di una paga parziale, alla quale aggiungere altri "benefits". Al tempo di Augusto il salario giornaliero per lavoratori ordinari era di circa tre sesterzi, per alcuni autori, per altri di 4 sesterzi (1 denaro), per altri ancora equivaleva al 5% del prezzo dell'oro, quindi circa 5 sesterzi. I legionari, soldati semplici ai quali toccavano, talvolta, anche lavori manuali, pure minerari, percepivano 900 sesterzi l'anno, oltre a vitto, alloggio e varie gratifiche. Per cui il salario indicato da Domergue (142 sesterzi anno) è da ritenersi irrisorio e va moltiplicato per 4 o 5 come minimo.

Sempre per fare i conti al minimo, considerando una paga giornaliera di due sesterzi, al limite della sussistenza, per le miniere dell'Iberia al tempo di Augusto si avrebbe un costo della mano d'opera di almeno 600 sesterzi annui. Ma a questo vanno aggiunte le spese per attrezzature, sorveglianza, amministrazione e tasse che, in genere, distribuite sui costi operai, portano a raddoppiarne la spesa. Considerando, comunque, un costo totale di soli 1000 sesterzi a operaio, e sapendo che un aureo di Augusto, pari a

100 sesterzi, pesava 7,8 grammi, se ne deduce che ogni uomo doveva produrre almeno 78 grammi d'oro l'anno per le sole spese. E se moltiplichiamo tale produzione per 10.000 uomini, numero credibile di addetti a un grosso cantiere o a un gruppo di cantieri vicini, abbiamo, per questi, la produzione annua minima di 780 chili d'oro, da moltiplicare ancora per il numero delle zone minerarie attive.

Si tratta, come evidenziato, di quantitativi calcolati al di sotto del minimo, che possono, certamente essere più che raddoppiati. Ad esempio, se consideriamo la produzione giornaliera per operaio di un grammo d'oro, ricavato dal lavaggio di due metri cubi di sedimento più o meno ricco, otteniamo una produzione annua, pro-capite, di circa 300 grammi d'oro, da moltiplicare per il numero complessivo di uomini impegnati in tutti i cantieri (alcune decine di migliaia).

In ogni caso, per quanto conteggiate al minimo, risultano produzioni annue maggiori di quella comunicata a Plinio, e soltanto dalla coltivazione dei terrazzi auriferi.

BIBLIOGRAFIA CITATA

AGRICOLA G. (Georg Bauer). *De Re Metallica Libri XII*. Froben, Basilea 1556.

ANONIMO. *El oro del Sil*. "Revista Minera", T. 38 n. 1140, 1887.

ANONIMO. *Klondike. The Chicago record's book for gold seekers*. The Chicago Rec. Co., Chicago 1897.

ANONIMO. *El oro en España*. "Revista Minera", T. 52 n. 1842, 1901.

ANONIMO. *Criaderos de oro en Asturias*. "Revista Minera", T. 53 n. 1900, 1902.

BAIO M., GIANOTTI F. *Studio geologico e giacimentologico dell'area della "Bessa" (Biella-Italia)*. "Geol. Insubr.", 1, 1996.

BONNEMAISON M. et AL. *Evolution geomorfológica y placers de oro en los Andes surorientales del Perú*. „Bol. Soc. Geol. Perú“, n. 75, 1985.

BORDEAUX A. *Les mines de l'Afrique du Sud. Transvaal, Rhodésie, etc.* Dunod Ed., Paris 1898.

BREIDENBACH Th. *Das Goldvorkommen in nördlichen Spanien*. "Zeitschr. Prakt. Geologie", 1893.

CALLERI G. *La Bessa. Documentazione sulle Aurifodinae romane nel territorio biellese*. Città di Biella, 1985.

CAREW R. *Survey of Cornwall*. Esquire, London 1602.

DE ALMEIDA F. *Mineração romano em Portugal*. "La Minería Hispana e Hispanoamericana. Contribución a su investigación histórica", Vol I, Leon 1970.

DE NEUFVILLE H. *Aluviones auríferos de la provincia de Leon*. "Revista Minera", T. 47 n. 1590, 1896.

DEPREZ S., DE DAPPER M. *The Conhal of Arneiro (Nisa, Nordeste Alentejano, Portugal). A geoarchaeological view on ancient gold exploitation in a late Quaternary Tagus riverine landscape*. "Geogr. Fis. Dinam. Quat.", 31, 2008.

- DOMERGUE C. *Introduction à l'étude des mines d'or du Nord-Ouest de la Péninsule Ibérique dand l'antiquité*. Legio VII, Gemina. Excma. Diputacion Provincial, Leon 1970.
- DOMERGUE C. *Dix-huit ans de recherche (1968-1986) sur les mines d'or romaines du nord-ouest de la Peninsule Iberique*. Actas I Congr. Intern. «Astorga Romana», Astorga 1986. Vol. II, 1988.
- DOMERGUE C. *Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'antiquité romaine*. Collection de l'école française de Rome, 127, 1990.
- DOMERGUE C. *La miniera d'oro della Bessa nella storia delle miniere antiche*. "Archeologia in Piemonte. L'età romana", U. Allemandi & C., Torino 1998.
- DOMERGUE C., HÉRAIL G. *Une methode pour l'etude des mines antiques en alluvion. L'exemple des mines d'or romaines de la Valduerna (Léon, Espagne)*. «Mél. Casa Velasquez», XIII, 1977.
- DOMERGUE C., FONTAN F., HÉRAIL G. *Les techniques artisanales d'exploitation des gîtes alluviaux. Analogie dans le temps et dans l'espace*. «Chr. Rech. Min.», n. 497, 1989.
- DUNCAN JONES R. *The economy of the Roman Empire*. University Press, Cambridge 1974.
- FORNARI M. et AL. *Yacimiento de oro alluvial y fuente primarias en el Norte de la Cordillera oriental de los Andes bolivianos*. "X Congr. Geol. Argent.", Acta II, 1987.
- FORSTER W. *A Treatise on the Discovery, the Opening, and the Working of Lead Mines*. In "A Treatise on a section of the Strata...", Geological Press, s. l. 1809.
- HACAR M., PAGÉS J.L., ALONSO A. *Nueva interpretaciòn de la geologia de la mina romana de Las Médulas. El Bierzo, Leòn*. "Geogaceta", n. 25, 1999.
- HÉRAIL G. *Le piémont aurifère du nord du Teleno (Leon-Espagne): contribution géomorphologique à l'étude d'un gisement alluvial*. "Cron. Rech. Min.", n. 446, 1978
- HÉRAIL G. *Géomorphologie et Gîtologie de l'or détritique. Piémont et bassins intramontagneux du Nord-Ouest de l'Espagne*. Éditions du CNRS, Paris 1984.
- HERAIL G. et AL. *Geomorphological control of gold distribution and gold particle evolution in glacial anf fluvioglacial placers of the Ancocala-Ananea basin – Southeastern Andes of Peru*. "Geomorphology", 2, 1989.
- HERAIL G. et AL. *Geodynamic and gold distribution in the Tipuani-Mapiri basin (Bolivia)*. "Proc. Inter. Symp. Interm. Basins: Geology & Resources. Thailand 1989", University, Chiang Mai 1989.
- HURLEY T.J. *Famous gold nuggets of the world*. Copyr. T.J. Hurley, s.l. 1900.
- JERVIS G. *Dell'Oro in Natura. La sua storia presso i popoli antichi e moderni. La sua distribuzione geografica. Le sue relazioni geologiche, mineralogiche ed economiche*. Roux e Favale, Torino 1881.
- JONES J.A. *Development and working of minerals in the province of Leon, Spain*. "Trans. Instit. Min. Eng.", Vol. XX, 1900-1901.
- KRAL J. *Les Celtes sur le territoire de la ville actuelle de Prague: étude d'archéocivilisation*. "Melanges de préh., d'arch. et d'ethol. offert à A. Veragnac", Paris 1971.
- KUDRNAC J. *Präistorische und mittelalterliche Goldgewinnung in Böhmen*. "Anshnitt", 29, 1977.
- LEVAT É.D. *L'or de la Sibérie orientale. Tome I, Transbaïkalie*. Ed. Éd. Rouveyre, Paris 1897.
- LEVAT É.D. *L'industrie aurifere*. Ed. V. Dunad, Paris 1905.

LEWIS P.R., JONES F.S.A. *The Dolaucothi gold mines. I: the surface evidence*. "Ant. Jour.", XLIX, 1969 n. 2.

LONGRIDGE C.C. *Hydraulic mining*. Mining Journal, London 1910.

MARCO C. *La Bessa e il suo oro*. Estratto da "Illustrazione Biellese", 1939-1940, S.A.T.E.B., Biella 1940,

MITCHELL J. *The Lead Country of Northumberland, Durham, and Cumberland*. In "Reports from Commissioners: 11° Vol.. Children Employment (Mines)" Vol. XV, 1842.

NOVARESE V. *I giacimenti auriferi della Puna di Jujuy (Repubblica Argentina)*. "Riv. Serv. Min." 1890, Appendice alla Relazione Generale.

PAILLETTE A. *Recherche sur l'histoire et les conditions de gisement des mines d'or dans le nord de l'Espagne*. "Bull. Soc. Geol. Fr.", s. II, 9, 1852.

PASSAU G. *Les plus belles pépites extraites des gisements aurifères de la Compagnie Minière des Grands Lacs Africains*. "Mém. Ist. R. Colonial Belge", VII, 3. Bruxelles 1945.

PEELE R. *Mining engineers' handbook*. J. Wiley & Sons, New York 1918 (e successive edizioni).

PERUSINI G. *Vita da emigranti*. "Ce fastu?", XXV, 1949.

PETTUS. *Fodinae Regales*. London 1670.

PIPINO G. *Le manifestazioni aurifere del Gruppo di Voltri con particolare riguardo ai giacimenti della Val Gorzente*. "L'Industria Mineraria", XXVII, 1976..

PIPINO Giuseppe. *La raccolta dell'oro nei fiumi della Pianura Padana*. Tipolit. Novografica, Valenza 1989.

PIPINO G. *L'amalgamazione dei minerali auriferi e argentiferi. Una innovazione metallurgica italiana ai tempi dell'Agricola*. "Collana Monografie", 1, Politecnico di Torino, Museo delle Attrezzature. CELID, Torino 1994.

PIPINO G. *Liguri o Galli? Sicuramente Celti! L'età del ferro (e dell'oro) nell'Ovadese e nella bassa Val d'Orba*. "URBS", giugno 1997.

PIPINO G. *L'oro della Bessa*. "Not. Min. Palent.", 12, dic. 1998.

PIPINO G. *Ictumuli: il villaggio delle miniere d'oro vercellesi ricordato da Strabone e da Plinio*. "Boll. St. Verc.", 2000 n. 2.

PIPINO G. *L'oro del Monte Rosa e la sua storia*. "Boll. St. Pr. Nov.", XCI, 2000 n. 2.

PIPINO G. *Exploitation of gold-bearing terraces in the Cisalpine Gaul Region*. "News. Int. Liais. Gr. Gold Min.", n. 32, Southampton 2001.

PIPINO G. *Le miniere d'oro delle valli Gorzente e Piota*. Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo – Museo Storico dell'Oro Italiano, Tip. Artistica, Savignano 2001.

PIPINO G. *Lo sfruttamento dei terrazzi auriferi nella Gallia Cisalpina*. "Oro, Miniere, Storia. Miscellanea di giacimentologia e storia mineraria italiana", Museo Storico dell'Oro Italiano, Ovada 2003.

PIPINO G. *L'oro del Canton Ticino e dei territori italiani confinanti. Natura e storia*. "Oro, Miniere, Storia. Miscellanea di giacimentologia e storia mineraria italiana", Museo Storico dell'oro italiano, Ovada 2003.

PIPINO Giuseppe. *Le miniere d'oro dei Salassi e quelle della Bessa*. "L'Universo", LXXXV, 2005 n. 5. Poi in "L'oro del Biellese....", 2012.

PIPINO G. *Le aurifodine dell'Ovadese e quelle della Bessa*. "Archeomedia, L'archeologia on line. Auditorium". 27/05/2005. Poi in "L'oro del Biellese....", 2012.

PIPINO G. *Resti di aurifodine sulla sponda piemontese del Ticino in Provincia di Novara*. "Boll. St. Prov. Novara", XCVII, 2006 n. 1.

PIPINO G. *Emergenze archeologiche, vere e presunte, nelle aurifodine della Bessa*. "Auditorium. Ricerche, studi, e saggi on line", 27 luglio 2010. Poi in "L'oro del Biellese....", 2012.

PIPINO G. *L'aurifodina di Bombinasco nel Canton Ticino*. "ARCHEOMEDIA. L'Archeologia on line", A. VII, n.16, giugno 2012.

PIPINO G. *L'oro nel fronte meridionale dell'anfiteatro morenico d'Ivrea e nella bassa pianura vercellese. Interesse storico, conseguenze geopolitiche, testimonianze archeologiche*. "Archeomedia, l'Archeologia on line". A. VII n. 17-18, 16 settembre 2012.

PIPINO G. *L'oro del Biellese e le aurifodine della Bessa. Miscellanea di giacimentologia, archeologia e storia mineraria*. Museo Storico dell'Oro Italiano, Ovada 2012.

RODRIGUEZ J., NETO DE CERVALHO C. *Conhal do Arneiro: Minas de Ouro Romana. Guião para Monitores*. Naturtejo Geo-Park, 2011.

SÁENZ RIDRUEJO C., VÉLEZ GONZÁLES J. *Contribución al estudio de la minería primitiva del oro en el Noroeste de España*. S.E., Madrid 1974.

SIMONIN L. *L'or et l'Argent*. Biblioteque des Merveilles. Libr. Hachette, PARIS 1877.

SOLER J.M. *Reseña geológico-minera y catalogo de minerales, rocas, etc. de la Provincia de León*. Impr. Diputacion Próvincial, Leon 1883.

SOTHEBY'S. *Tresasures from the SS Central America. Glories of the California Gold Rush*. Auction, New York, December 8 and 9, 1999.

TORRIONE P., CROVELLA V. *Il Biellese. Ambiente-Uomini-Opere*. Centro studi Biellesi, S. Tip. Unione Biellese, Biella 1963.

VIADERA F.J. *Memoria sobre los terrenos auríferos de la Provincia de León....*"Revista Minera", T. I, 1º dic. 1850.