

L'Ing. Gianfranco Perri, già assistente nell'Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino, ha svolto negli ultimi tre anni, in Ecuador, attività di insegnamento presso gli Istituti di indirizzo geologico-minerario della Università di Guayaquil. Recentemente, nel quadro di un accordo di collaborazione tecnica fra Italia ed Ecuador, ha partecipato, in qualità di esperto del Governo italiano, all'elaborazione di un progetto per la creazione di una Scuola di ingegneria mineraria presso l'«Escuela Superior Politecnica del Litoral» di Guayaquil.

Nell'occasione egli ha avuto modo di approfondire la conoscenza della situazione mineraria del Paese, di cui ci offre un quadro sintetico nel presente articolo; alla stesura di una parte di questo ha collaborato anche l'Ing. Sergio Aguayo, già Rettore della «Politecnica» di Guayaquil ed attualmente professore di Mineralogia e Preparazione dei minerali.

G. PERRI: Profilo geo-minerario dell'Ecuador (*)

GEOGRAFIA DELL'ECUADOR

L'Ecuador ha una superficie di 281.561 km², con circa 1.000 km di costa, tutti appartenenti all'Oceano Pacifico; una lunghezza massima di circa 700 km ed una larghezza di 500 km. La linea equatoriale attraversa la parte centrale del Paese, quasi sfiorando l'estremo nord della capitale Quito, sulle Ande, a 2.800 metri s.l.m.

È suddivisibile in tre regioni, geograficamente molto differenti tra loro; un'appendice, la quarta regione, è costituita dall'arcipelago di Colon o isole Galapagos.

— «La Costa» è la regione litoranea: una lunga pianura alluvionale, ai piedi delle Ande, che copre poco più di un quarto dell'intero territorio. L'Esmeraldas, al Nord, ed il Guayas, al Sud, sono i due principali corsi d'acqua che scendono dalle Ande e percorrono la regione litoranea. Un clima caldo ed umido ha quindi permesso la coltivazione di numerosi prodotti agricoli destinati alla esportazione: banane, caffè, cacao, canna da zucchero. La regione dispone anche di importanti allevamenti bovini. Guayaquil, a Sud, sulla foce del rio Guayas, è il porto più importante del Paese ed anche la città più popolata ed il centro economico della nazione.

— «La Sierra», seconda, montagnosa regione sulle alture delle Ande, costituisce circa un altro quarto del territorio nazionale. Più o meno parallelamente alla costa, in senso Nord-Sud, si innalzano la Cordigliera occidentale e quella orientale, separate da un ampio altopiano a più di 2.500 metri s.l.m., denominato altopiano interandino. Le cordigliere sono

(*) Nell'articolo non si tratta delle risorse petrolifere, che costituiscono attualmente per il Paese un capitolo a sé stante di tale importanza da meritare una specifica, estesa trattazione a parte. In proposito basti qui ricordare che l'anno 1972 vide l'inizio dell'esportazione del petrolio equadoriano, fatto che sconvolse la vita socio-economica del Paese portando (per riassumere tutto in poche cifre) il prodotto nazionale lordo da 1600 milioni di dollari USA nel 1971, a 5200 milioni di dollari nel 1976. La produzione totale di petrolio fino al primo semestre del 1976 è stata di 253 milioni di barili di greggio dei quali se ne è esportato il 70,24% con un ingresso totale di 1600 milioni di dollari nei quattro anni.

dominate da numerosi vulcani; il monte Chimborazo, il più alto di tutti, raggiunge i 6.272 metri s.l.m. La grande varietà di terreni e di climi permette in questa regione una grande diversificazione nelle coltivazioni agricole, dalle patate al mais, oltre a tutta una serie di prodotti destinati al consumo locale.

— «L'Oriente» è la regione amazzonica e copre la restante metà del territorio continentale ecuadoriano. Essa è costituita da altopiani, dominati dalle punte innevate della Sierra e percorsi dai numerosi fiumi provenienti dalle zone più alte di essa; sono interamente coperti da una fitta foresta tropicale, l'Amazzonia. A causa delle difficoltà di accesso e della mancanza di strade, alcune parti di questo territorio (così come accade in altre parti del Paese) sono praticamente vergini e non toccate dalla civiltà. L'agricoltura è poco sviluppata, mentre esistono buoni allevamenti bovini, favoriti da un ottimo clima in corrispondenza di altezze intorno agli 800 metri s.l.m.

— «Le Galapagos» rappresentano la quarta regione ecuadoriana. Si tratta di un arcipelago di cinque grandi isole e di numerose altre minori, per una superficie totale intorno agli 8.000 km², che distano mediamente dalla costa continentale 1.000 km. Sono abitate solo in minima parte e costituiscono attualmente un favoloso giardino zoologico e botanico, unico al mondo, ricco di rare specie vegetali ed animali inserite in un paesaggio incantevole.

GEOLOGIA DELL'ECUADOR

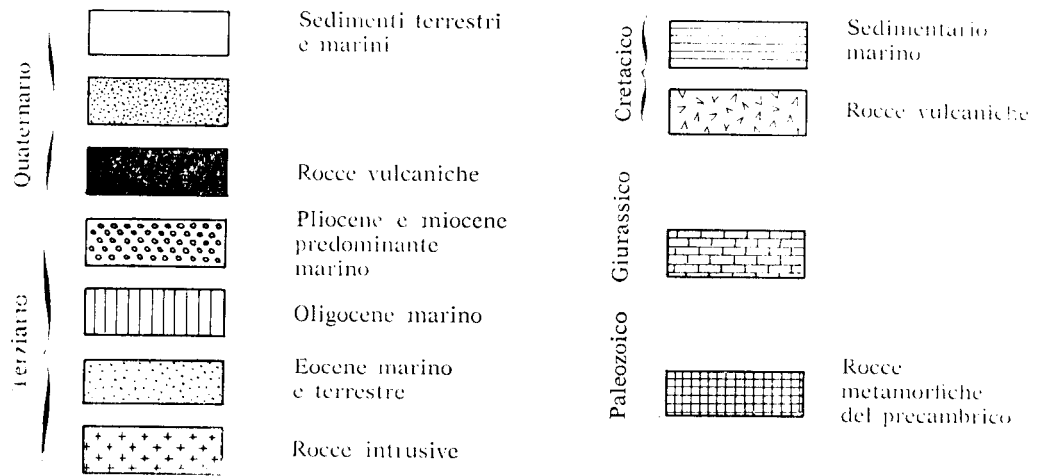
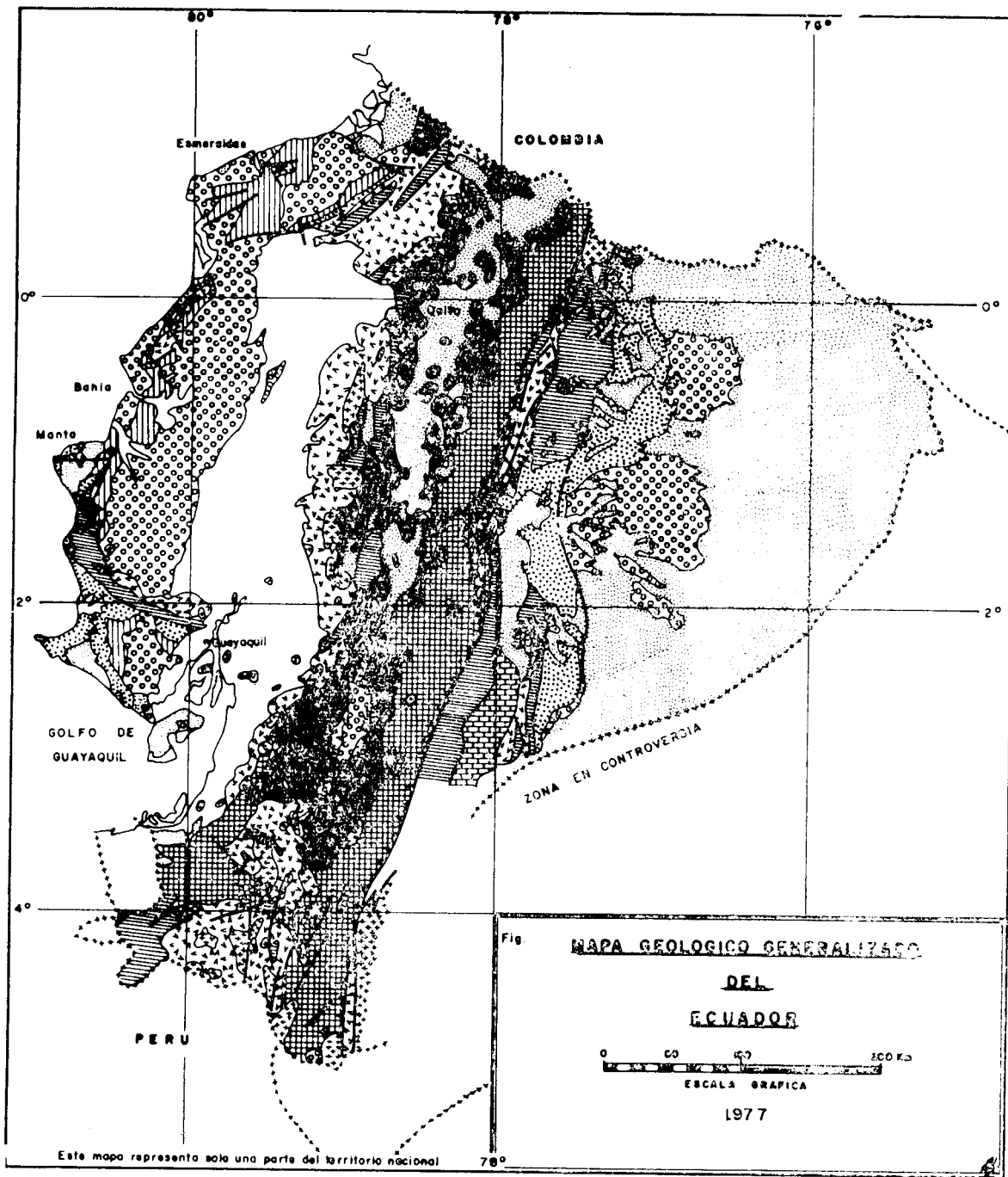
La prima descrizione geologica dell'Ecuador risale al 1892, quando Teodoro Wolf pubblicò il suo libro intitolato «Geografia e geologia dell'Ecuador», riunendo i risultati dei numerosi lavori scientifici che aveva realizzato nel Paese durante gli ultimi venti anni. La sua eccellente carta geografica in scala 1:445.000 non aveva alternative fino a soli pochi decenni fa. Le ricerche geologiche, petrografiche e mineralogiche, che occupano una parte considerevole del libro, costituivano fino a non più di trenta anni fa l'unica fonte scientifica abbastanza completa sull'argomento. Wolf allegò al suo libro una carta geologica dell'Ecuador, anch'essa costituente il primo tentativo di rappresentare graficamente in forma integrale la geologia del Paese; la scala della carta era di 1:2.000.000.

A quelle di Wolf seguirono numerose ricerche geologiche di studiosi principalmente tedeschi; però si è dovuto attendere fino al 1965 per vedere la pubblicazione di un nuovo libro di *Geologia dell'Ecuador* di WALTER SAUER, che già aveva redatto anche una carta geologica del Paese in scala 1:1.500.000, pubblicata nel 1957.

Nel 1969 il Governo Ecuadoriano pubblicò (con la collaborazione dell'Istituto Francese del Petrolio), la carta geologica della Repubblica dell'Ecuador in scala 1:1.000.000; i due geologi francesi B. FAUCHER e E. SAVOYAT pubblicarono poi nel 1973 un riassunto della geologia ecuadoriana sotto il titolo di *Schema geologico delle Ande ecuadoriane*. Questi ultimi due lavori rappresentano le fonti più aggiornate di descrizione integrale della geologia dell'Ecuador. Esistono anche alcuni contributi parziali e studi regionali più recenti, condotti da ecuadoriani e stranieri; però il testo di geologia dell'Ecuador più classico e moderno allo stesso tempo resta quello del Sauer, il cui contenuto è considerato, almeno per l'80 %, completamente attuale.

Le grandi unità geologiche che si conoscono nell'Ecuador corrispondono quasi esattamente alle distinte unità geografiche che sono «Costa», «Sierra» ed «Oriente».

— La *Costa* ecuadoriana è costituita da due parti nettamente differenziate geologicamente e separate dalla «cordigliera di Chongon e Colonche», che si sviluppa, in senso Nord-Ovest/Sud-Est, dalla costa verso il centro, passando immediatamente a Nord della città di Guayaquil. A nord di questa cordigliera la regione è costituita da un substrato rigido eroso durante il cretacico, che fu posteriormente ricoperto da trasgressioni terziarie. L'insieme presenta un complesso di fagliature verticali, contemporanee ai movimenti andini. Infatti il carattere più marcato di questa zona è il suo basamento a «zoccolo»



molto duro, denominato con il termine generale di « formazione Pignon », costituito da rocce piroclastiche, lave basiche, ecc. Questo complesso vulcanico è considerato di età giurassica superiore - cretacea inferiore. Su di esso insistono trasgressivamente i terreni sedimentari del cretaceo superiore o del terziario. A sud della « Cordigliera di Chongon e Colonche », la regione è al contrario di tipo sedimentario profondo e subsidente. Si tratta infatti di un'ampia conca fagliata che si estende fino al Perù e che comprende alcune conche minori e la piattaforma continentale del golfo del Guayas. Lo spessore massimo dei terreni postcretacei di questa conca, è stimato intorno ai 9.000 metri.

— La *Sierra* ecuadoriana (ossia le Ande) comprende appena un corto segmento della lunga catena andina (600 km su alcune migliaia di km). Mentre in Colombia le Ande sono costituite da tre catene parallele, in Ecuador ne esistono praticamente solo due: la terza, bassa e discontinua, ha ricevuto il nome di zona subandina e comunemente la si considera appartenente alla regione orientale dell'Amazzonia. Le due catene principali sono la « Cordigliera occidentale » e la « Cordigliera orientale o reale » intercalate dalla « depressione andina ». La Cordigliera occidentale è il proseguimento della corrispondente colombiana, con un'altezza superiore ai 4.000 metri s.l.m. È ricoperta in gran parte da lava ed accumuli di sedimenti piroclastici pliocenici e quaternari. Le profonde spaccature delle valli trasversali costituiscono intagli naturali, che permettono di osservare fasce di terreni sedimentari disposti secondo gli orientamenti tettonici generali della catena: NE-SO al Nord, N-S verso Sud; esse si presentano in forma di sinclinali strette con giaciture quasi verticali. La tettonica in dettaglio è molto poco conosciuta e poco visibile; viceversa si sono datati con una certa precisione i terreni, stimandone l'età come cretaceo-superiore. Le predette sinclinali riposano su di un insieme di rocce diabasiche piroclastiche, equivalenti alla formazione Pignon e formanti lo scheletro della Cordigliera occidentale nel suo lato Nord. La depressione interandina separa le due cordigliere; in essa si ritrovano le principali città della Sierra ed anche la grande strada panamericana. I bordi Est ed Ovest della depressione sono delimitati dai grandi vulcani ricoperti di neve; a causa della presenza di questi vulcani, si considera che la depressione sia geologicamente un graben. Di fatto i contatti sono totalmente ricoperti da lave e ceneri vulcaniche recenti. In questa zona, si segnala anche la presenza di veri affioramenti di terreni metamorfici, così che il basamento sembra appartenere al dominio della Cordigliera orientale più che a quello della occidentale. La depressione presenta sollevamenti trasversali che separano le conche sedimentarie interandine fra di loro; in queste conche esistono serie lacustri molto potenti, dai 2 ai 3 mila metri. I terreni che riempiono le conche interandine appaiono fortemente sollevati, come se fossero stati compressi tra le due cordigliere. Al Sud gli orientamenti tettonici prevalenti delle cordigliere si allargano e la depressione perde la sua individualità. La Cordigliera orientale, quella « reale », costituisce l'asse della catena delle Ande. Le maggiori altezze variano tra i 4.000 ed i 4.500 metri s.l.m. Questa cordigliera degrada molto rapidamente ed in forma molto aspra verso l'Amazzonia; il fatto, unito alla forte nuvolosità ed alla vegetazione quasi impenetrabile che ricopre la zona lungo i pendii fino ai 4.000 metri, spiega la ragione delle poche conoscenze geologiche a disposizione. La Cordigliera reale è costituita da un asse di rocce metamorfiche (gneiss e mica-scisti), subverticali, fortemente sollecitate e dislocate verso Est; si tratta di terreni attribuiti al Paleozoico, ovvero di terreni mesozoici della zona subandina orientale. Vari autori sospettano la presenza di grandi faglie trasversali (NE-SO o E-O) che inciderebbero tutta la catena andina dividendola in vari segmenti. Nessuna prova in proposito può ancora dirsi definitiva, mentre invece sono accertate varie faglie NE-SO, oblique rispetto all'asse della catena.

— L'Amazzonia, od Oriente ecuadoriano, non è altro che una parte della grande conca, o della catena di conche successive che si sviluppano dal Venezuela fino alla Bolivia, tra la Cordigliera delle Ande ed il cratone Guayano-brasiliano. In Ecuador il riempimento di questa conca fu di tipo francamente marino fino al Cretaceo superiore, seguito da sedimenti salmastri con alternanze marine e più tardi continentali. Dal punto di vista tettonico, l'Amazzonia ecuadoriana è costituita da due distinte regioni; all'Ovest

la zona subandina, ed ad Est la conca amazzonica. La zona subandina, contigua alle Ande, può essere suddivisa in tre aree strutturali che appaiono chiaramente nella carta geologica dell'Oriente: al Sud la Cordigliera di Cutucù; al Nord il duomo anticlinale del Napo; a Est spostata leggermente rispetto alle prime due, la zona del « fronte di spinta », corrispondente ad un contatto tettonico tra la struttura subandina e la Conca amazzonica. La Cordigliera di Cutucù si eleva fin quasi ai 2.000 metri s.l.m. e si prolunga a Sud fino al Perù. Corrisponde ad un'anticlinale molto sollevata di direzione NNE-SSO, il nucleo della quale è costituito da terreni liassici. A causa di faglie assiali vi affiorano terreni paleozoici; verso il Nord l'asse dell'anticlinale si inclina rapidamente e si perde. Il duomo anticlinale del Napo è localizzato tra i due fiumi Napo ed Aguarico. Si tratta di un'enorme struttura della formazione calcarea del cretacico superiore con asse NNE-SSO: l'altezza media è di 1000 metri s.l.m., ma verso la parte centrale si innalza su di essa il vulcano Sumaco, alto 3.900 metri. Di fatto, tutta questa zona subandina rappresenta in Ecuador il prolungamento della cordigliera orientale colombiana.

Il limite segnato dal « fronte di spinta » è di carattere esclusivamente tettonico, dato che geograficamente la zona subandina forma parte dell'Amazzonia; il « fronte » è assimilabile ad un piano inclinato a 45°, con spinta verso Est. Nella parte meridionale, la sovrapposizione della zona subandina sulla conca è di circa 700 metri; invece a Nord sembra che la spinta sia stata meno intensa ed il « fronte » è segnalato solamente da faglie subverticali.

La conca amazzonica dell'Est, finalmente, è l'antiregione della catena andina e si appoggia sullo zoccolo cristallino del cratone Guayano-brasiliano verso Est; lo zoccolo non affiora in territorio ecuadoriano. Verso il Nord, la conca si ritira e si richiude completamente contro un sollevamento dello zoccolo in Colombia. Verso Sud, la conca si allarga e si approfondisce in direzione del Perù, dove sbocca la depressione intracratonica amazzonica, che separa il cratone Guayano da quello Brasiliano. La parte orientale della conca presenta una pendenza abbastanza regolare fino all'asse centrale il quale ha una direzione grosso modo NNE-SSO e si ubica abbastanza prossimo al fronte di spinta andino. Vicino alla frontiera con la Colombia, in una zona denominata « Vertedor de lago Agrio », si trovano varie strutture anticlinali poco accentuate, prodotte probabilmente da fenomeni di assestamenti differenziali intorno ai punti alti dello zoccolo, più che da ripercussione diretta della orogenesi andina. In queste strutture le compagnie petrolifere hanno incontrato i principali giacimenti petroliferi dell'Ecuador.

RISORSE MINERARIE DELL'ECUADOR

Le cronache dei conquistatori d'America, così come i continui ritrovamenti archeologici, rivelano come nel territorio dell'attuale Ecuador fin dalle origini si estraessero ed utilizzassero i minerali metallici e quelli non metallici. L'estrazione dell'oro, dell'argento e del platino si effettuava essenzialmente dai « placers », localizzati lungo determinati fiumi, o dalle rocce primarie coerenti.

Con l'arrivo dell'uomo bianco e la sottomissione del popolo aborigeno si apre una nuova epoca nella quale l'attività mineraria, lungi dal paralizzarsi, trova incentivo nello spirito coloniale spagnolo.

Sorge così in poco tempo la famosa e fugace « età dell'oro e dell'argento del Regno di Quito » che termina nel 1640 non solo per le centinaia di aborigeni morti durante lo svolgimento dei lavori minerari, ma anche per le conseguenti ribellioni tra la popolazione e, principalmente, perché in Perù ed in Cile i giacimenti presentarono condizioni molto più favorevoli alle coltivazioni.

Posteriormente al 1640 l'attività mineraria resta quasi abbandonata, a tal punto che le nuove generazioni dimenticarono i luoghi in cui erano localizzati i centri minerari. Solamente si salvarono i « placers » d'oro di Esmeraldas, a Nord, ed i filoni auriferi di Zaruma sulle Ande meridionali.

Con la indipendenza dalla corona spagnola e la conseguente creazione della Repubblica

dell'Ecuador, l'attività mineraria scompare completamente e le coltivazioni di Zaruma restano nella storia del passato.

Verso la fine del secolo XIX, TEODORO WOLF inizia uno studio sistematico dei giacimenti e degli indizi minerari nella Sierra e nella Costa, realizzando un vero e proprio lavoro di inventario delle risorse naturali dell'Ecuador. Il suo libro, già citato, è servito da base per la prospezione dei giacimenti minerari ed anche come punto di partenza per più approfonditi studi di carattere minerario.

I giacimenti conosciuti a quel tempo erano piuttosto una serie di indizi di minerali, metallici e non, individuati da Wolf o da altri ricercatori. Tra queste localizzazioni si ritrovano in primo piano le miniere d'oro di Portovelo in Zaruma, i giacimenti d'oro dei « placers » sulla Cordigliera orientale, di lignite e carbone in Loja e Cuenca, sempre nelle Ande meridionali, di allumina e baritina, quindi le cave di alabastro e marmi in generale a Cuenca, di caolino, calcari e gesso a Nord-Ovest di Quito, di sali minerali sulle Ande a Sud di Quito, ecc.

Nel 1904 nasce infine l'industria estrattiva ecuadoriana, allorché la società nordamericana « South American Development Company » inizia un'autentica attività di coltivazione mineraria, estraendo l'oro e gli altri metalli presenti nella miniera di Portovelo. La presenza di questa società mineraria dà il via a ricerche e prospezioni di nuovi giacimenti molti dei quali passano rapidamente alla coltivazione. Nella stessa area di Portovelo si apre così la miniera di « Minas Nuevas », dalla quale si estraggono grandi quantità d'oro; la miniera di « Macuchi » sulle falde della Cordigliera occidentale è sfruttata per l'oro ed il rame; la miniera di « La plata », a Sud-Ovest di Quito, risulta ricca in oro, argento e rame; la miniera di « Sigchos », a Sud di Quito, presenta interessanti mineralizzazioni cuprifere; ecc.

Tuttavia, in seguito, anche la SADCO si ritira chiudendo nel 1950 la miniera di Portovelo (che era l'unica ancora in coltivazione). Questa stessa miniera fu poi riaperta nel 1951 sotto la direzione della società ecuadoriana CIMA, la quale continua tutt'oggi ad operare.

Gli anni tra la fine del '50 e l'inizio del '60 assistono all'arrivo di una serie di « missioni scientifiche » di differenti paesi europei e di una giapponese, che realizzano studi di prospezione e valutazione di giacimenti più o meno noti, senza però riuscire a concretizzare i lavori con attività più impegnative ed apportando solo sporadici contributi al riconoscimento delle risorse minerarie del Paese.

Nel 1964 si crea il Servizio Geologico Nazionale (più tardi Direzione Nazionale di Geologia e delle Miniere) il quale affronta per la prima volta il problema di realizzare una ricerca sistematica dei giacimenti ed indizi minerari dell'Ecuador. Nello stesso anno si firma una convenzione con le Nazioni Unite per l'esecuzione di lavori di esplorazione e prospezione su una gran parte del territorio nazionale, allo scopo diviso in otto zone operative del Progetto Minerario. La convenzione fu più volte rinnovata, per concludersi nel 1972, dopo circa sette anni di lavoro.

Nel Progetto Minerario delle NN. UU. si impiegarono differenti metodi di ricerca mineraria sia nell'area dei minerali metallici che in quella dei minerali non metallici; però il metodo fondamentale che si applicò in quasi tutte le zone, date le condizioni naturali del territorio, fu quello geochimico. Per studi complementari e tenendo in conto le condizioni specifiche di alcuni giacimenti, si utilizzò anche la geofisica (magnetometria, prospezione elettromagnetica e radiometria).

Le aree nelle quali si realizzarono queste ricerche sono:

a) - *Carbone* (Cuenca Biblian e Loja)

L'esistenza di estese mineralizzazioni a carbone creò la necessità di determinarne, mediante perforazioni, la consistenza. Le ricerche hanno dimostrato che, data la complessa tettonica dei giacimenti, la coltivazione di questi giacimenti non è oggi economica, soprattutto con i metodi meccanici tradizionali. Il peso di tal risorsa per l'Ecuador è d'altra parte sminuito notevolmente dopo la scoperta del petrolio nell'Oriente ecuadoriano. Attualmente il combustibile solido è impiegato nella piccola industria della regione.

b) - *Oro e solfuri metallici pesanti* (Portovelo e Zaruma)

L'obiettivo fu quello di localizzare mineralizzazioni interessanti commercialmente nelle zone contigue alle vecchie miniere, al fine di prolungarne la vita. L'esplorazione geofisica accertò una prosecuzione del giacimento nella zona di « Vizcaya »; ciò ha reso possibile mantenere in vita fino ad oggi l'attività estrattiva nella miniera.

c) - *Argilla e travertino* (Azuay e Cagnar)

Le operazioni di prospezione coprono un'area abbastanza ampia, con l'obiettivo di assicurare la materia prima, sia in qualità sia in quantità, all'industria della ceramica ed a quella dei marmi di tutta la regione. I risultati furono decisamente positivi; esistono infatti notevoli quantità di minerali idrosilicatici e di rocce calcaree sfruttati per la produzione di ceramiche, di materiali refrattari, impiegati dall'industria chimica, dei fertilizzanti e delle costruzioni in generale.

d) - *Sabbie da vetreria e quarzo* (Manabì e l'Oro)

Gli sforzi condotti per localizzare materie prime di buona qualità corrispondenti ai requisiti dell'industria del vetro non furono ben ricompensati; però la recente costruzione di nuove vie terrestri di penetrazione nelle zone petrolifere dell'Amazzonia ecuadoriana ha permesso di localizzare, lungo i piedi della Cordigliera orientale, grandi riserve di sabbia pura, bianca e friabile, utilizzabili sia nell'industria del vetro che altrove.

e) - *Minerali metallici nella « Zona d'operazione N. 5 »* (Azuay e Cagnar)

Partendo dal previo rilevamento di anomalie geochimiche, interessanti depositi a rame, molibdeno, zinco, piombo ed argento si individuarono in 14 zone di prospezione di dettaglio, i cui risultati più interessanti furono:

— *Chaucha* (Cu-Mo): si tratta del primo deposito porfirico di Cu e Mo scoperto nell'Ecuador. I risultati delle ricerche geologiche, geochimiche e geofisiche preliminari furono eccellenti in un'area centrale di 3.500 ha. Un corpo mineralizzato di 50 milioni di tonnellate (con tenori dello 0,7 % in Cu e 0,4 % in Mo) fu localizzato a 95 km a S-E di Guayaquil e 50 km ad Ovest della città di Cuenca.

— *San Bartolomè* (Ag - Zn - Pb): il giacimento, situato 20 km a S-O di Cuenca è accessibile con una via carrozzabile. I lavori geologici di dettaglio, la campionatura geochimica, la prospezione geofisica ed i lavori di verifica diretta permisero di stimare le riserve in 23 milioni di tonnellate di minerale, con tenori di 2 onces di Ag per tonnellata. L'area mineralizzata è rettangolare e copre 60.000 m²; è costituita da una serie di vene parallele, in cui i sondaggi indicano una profondità minima delle mineralizzazioni di 200 metri ed allo stesso tempo rivelano l'esistenza di zone più ricche (circa 10 milioni di tonnellate con un tenore di 10 onces di Ag per tonnellata).

— *San Fernando* (Ag): in questa zona, che si trova 45 km a S-O di Cuenca, si scoprì un'area intensamente piritizzata in associazione con rocce vulcaniche silicificate. L'area abbraccia un'estensione di 3 km² con sporadiche presenze di mineralizzazioni al 3 % in zinco e di 2 onces di Ag per tonnellata.

f) - « *Placers* » di oro e platino (Esmeraldas)

I depositi alluvionali auriferi e platiniferi, in questa zona come in altre del Paese, crescono d'importanza ed il Governo ha già stipulato contratti di prospezione e coltivazione; a causa però di difficoltà amministrative create dalla vecchia legge mineraria, non fu possibile realizzare le ricerche programmate nel Progetto Minerario.

g) - *Ferro* (Guayas e Manabì)

Nelle regioni suddette affiorano rocce diabasiche nel nucleo della Cordigliera della Costa. In territori della popolazione di Pascuales, pochi km a Nord di Guayaquil, esistono depositi ferriferi, prospettati su un'area di 8.315 km² con rilievi aero-magnetometrici e radiometrici. Le linee di volo coprono una lunghezza di 19.500 km lineari, però le anomalie riscontrate non corrisposero a giacimenti economicamente interessanti. Sempre in questa stessa zona si rilevarono invece depositi di barite, peraltro di piccola cubatura.

h) - *Minerali metallici nella « Zona d'operazione N. 8 »* (a Sud, nella Cordigliera occidentale, fino ai confini con il Perù)

L'area esaminata, di 8.300 km², fu inizialmente coperta da una prospezione geochimica sui sedimenti fluviali, prelevando mediamente un campione ogni 1,8 km²; causa dell'inaccessibilità di alcune porzioni del territorio, si impiegò un elicottero per la campionatura geochimica. Si localizzarono 15 zone con anomalia geochimica, la maggior parte situate in zone di contatto tra le rocce intrusive e quelle vulcaniche. Seguì uno studio di ognuna delle anomalie ed i risultati più importanti si ottennero per le seguenti aree:

— *Fierro Urco* (Cu - Zn - Pb - Mo): si tratta di un deposito porfirico che copre una area di 93 km². I campioni di sedimenti fluviali diedero tenori di 350 p.p.m. di rame e 45 p.p.m. di molibdeno; alcuni sondaggi meccanici diedero tenori al 4 % in rame; è in ogni caso indispensabile un approfondimento degli studi in tutta l'area.

— *Uritohuaser* (Pb - Zn): questa zona geochimicamente anomala permise la scoperta di una importante vena mineralizzata, presso il contatto tra roccia intrusiva e vulcanica. L'affioramento ossidato, scoperto mediante l'apertura di trincee, appare con una larghezza di 30 o 40 metri. In alcuni posti si rilevarono tenori del 25 % di zinco associato a piombo e di 3 onces di argento per tonnellata; in altre zone i valori più bassi risultarono rispettivamente del 7 % e di 1 oncia per tonnellata. La localizzazione di questa mineralizzazione corrisponde alla provincia di Loja, a 2.500 metri s.l.m.

— *Los Linderos* (Cu - Mo): si tratta di una zona molto arida, situata a pochi km dalla frontiera col Perù. Nei 5 km² coperti dalla zona mineralizzata si trova un'area di circa 0,75 km con una grande concentrazione di rame segnalata da macchie di malachite in un porfido quarzifero a grana grossa. La mineralizzazione principale è costituita da solfuri con tenori di rame del 2 % ed indizi di molibdeno.

— *Rio Playas* (Cu - Mo): è ancora una zona arida, che si trova 40 km a N-O di « Los Linderos ». L'area più importante, di circa 10 km², è una zona di forte alterazione idrotermale. Sui campioni estratti da perforazioni fra i 100 ed i 300 metri si riscontrarono tenori di rame compresi tra l'1 % ed il 5 %.

— *Saraguro* (Sn - W): questa zona, con scisti micacei, gneiss e probabili rocce intrusive verso l'Est, è situata 35 km a Nord di Loja. Durante un rilievo geologico regionale si accertò che alcune formazioni contenevano indizi di cassiterite e scheelite, minerali apparsi per la prima volta nell'Ecuador.

* * *

Conclusi i lavori del Progetto Minerario, seguirono alcuni anni di valutazione dei risultati ottenuti e, per i casi più favorevoli, di apertura di lavori di estrazione.

Non mancano naturalmente le critiche a questo grande lavoro di prospezione, accusato di essere stato condotto con metodi non sempre indicati, e soprattutto di essere stato portato avanti sotto la spinta di interessi particolari, trascurando una prospezione completa e generalizzata delle aree assegnate. D'altra parte l'attenzione fu concentrata sulle aree andine sudoccidentali, che erano le più facili da prospettare e le più ricche di antichi indizi.

Di fatto però il Progetto Minerario costituisce ancor oggi il tentativo più completo di prospezione realizzato in Ecuador; sulle tracce dei suoi risultati si sono mosse gran parte delle successive attività di ricerca realizzate negli anni seguenti.

Le prospezioni intraprese dalla Direzione di Geologia e delle Miniere in nuove zone si sono mosse dall'esplosato Sud, fino alla regione centrale sul fianco occidentale della Cordigliera occidentale; però i lavori si sono scontrati con i più gravi problemi di accesso connessi alla densità della vegetazione. Ancor più, la regione metamorfica della Cordigliera orientale, a causa della sua inaccessibilità e delle altitudini elevate, presenta serie difficoltà per la prospezione. Infine, gran parte della Cordigliera andina, nella regione Nord-

centrale del Paese, è ricoperta da vulcani del quaternario che occultano le rocce più antiche, con la conseguenza di impedire qualsiasi indagine mineraria che non faccia uso di metodi non tradizionali, in modo da superare gli spessori delle grosse coltri di roccia vulcanica presenti.

L'ATTIVITÀ MINERARIA ATTUALE E LE PROSPETTIVE IMMEDIATE

Esistono attualmente nell'Ecuador in totale 27 miniere in coltivazione, 6 delle quali corrispondono a « grandi miniere » avendo una produzione maggiore di 1.500 tonnellate giornaliere. Se a questo gruppo si aggiungono le 26 miniere che entreranno prossimamente in coltivazione, 3 delle quali di grande potenzialità, risulterà un totale di 53 giacimenti minerari in via di sfruttamento entro l'anno 1978. Questi numeri sono inoltre destinati ad un sicuro aumento, una volta che saranno terminati i lavori di assaggio che attualmente si stanno realizzando in altri 87 giacimenti in tutto il Paese. I 53 giacimenti in coltivazione rappresentano concessioni su un'area totale di 7.300 ettari ed investimenti intorno ai 4 milioni di dollari USA; gli altri 87 interessano concessioni per un'area totale di 500.000 ettari ed investimenti previsti intorno ai 2 milioni di dollari.

L'attuale produzione mineraria ecuadoriana comprende minerali metallici e non metallici. Tra i primi si segnalano i seguenti: oro, argento, rame, piombo, zinco e antimonio nelle regioni della Costa e della Sierra; manganese nella Sierra.

I minerali non metallici si distribuiscono tra le tre regioni geografiche del Paese e comprendono attualmente i seguenti: zolfo, caolino, talco e marmi nelle regioni della Sierra; calcari e gesso distribuiti tra Costa e Sierra; sabbie silicee nell'Oriente; infine feldspati tra le regioni della Sierra e dell'Oriente.

Il valore della produzione mineraria di tutto l'Ecuador, per l'anno 1970 e riferita ai soli minerali non metallici, ascese ad 1 milione di dollari; detta produzione fu completamente utilizzata nell'industria nazionale. La produzione di minerali metalliferi per lo stesso anno fu totalmente esportata e si aggirò intorno allo stesso valore di 1 milione di dollari. Negli anni seguenti il valore della produzione dei minerali non metalliferi aumentò, raggiungendo il milione e mezzo di dollari nel 1973; per lo stesso anno il valore della produzione dei metalliferi fu solo leggermente inferiore.

La coltivazione mineraria dal 1970 al 1975 ha rappresentato una partecipazione crescente del settore nel prodotto nazionale lordo, passando dall'1,3 % nell'anno 1970 al 5,9 % nell'anno 1975.

Le poche e sommarie cifre citate sopra dimostrano chiaramente come, in termini quantitativi, l'Ecuador non possa oggi considerarsi Paese minerario e come l'attività estrattiva in campo nazionale si trovi in una fase che può definirsi solo incipiente. D'altra parte è risaputo come l'Ecuador fu il Paese minerario e come molti sono coloro i quali, con ragione e senza, uomini di scienza e non, nel passato e nel presente, hanno detto e dicono, che l'Ecuador per le sue caratteristiche geografiche, geologiche e per i suoi precedenti storico-economici, deve essere un paese minerario.

In effetti si tratta di una contesa tutt'altro che superata e che è destinata a rimanere ai livelli dialettici fino a quando l'esplorazione geomineraria di tutto il territorio nazionale non si compia con mezzi e metodi più adeguati. Rari e limitati sono stati infatti gli studi realizzati nelle prospezioni geominerarie e sempre in funzione di interessi economici settoriali e quasi sempre stranieri; basti a tal proposito ricordare che appena si dispone oggi di una ventina di fogli geologici al 100.000, che ricoprono una porzione minima di tutto il territorio ecuadoriano.

Passando ora ad illustrare quelle che sono le prospettive immediate e future dell'attività mineraria nell'Ecuador, il panorama diventa decisamente più ottimistico grazie ad un interesse nuovo che sembra essere finalmente nato, nei riguardi del problema minerario, da parte degli organismi governativi della Repubblica.

Il centro motore di un processo attivo in tutto il campo minerario è la Direzione Nazionale di Geologia e delle Miniere, che si trova in una fase avanzata di ristrutturazione

e che direttamente sta promuovendo una serie di iniziative e di progetti destinati a sollevare il ruolo minerario del Paese.

Il più importante ed ambizioso tra i progetti comprende l'inventario delle risorse geologiche e minerarie dell'intero Paese, realizzato utilizzando sensori remoti. Lo strumento di ricerca mineraria impiegato fino ad ora nell'Ecuador è la fotografia aerea, che si scontra nella pratica contro gli ostacoli della nuvolosità, della copertura vegetale e dei depositi vulcanici superficiali, fattori tutti che ne limitano notevolmente la soddisfacente applicazione. È inoltre richiesta ai fini della prosperazione mineraria un'adeguata base topografica del territorio esplorato, realizzata attualmente solo per il 40 %.

Il nuovo metodo aereo che si pensa di impiegare, il sensore radar (SLAR), è in cambio quello che in modo migliore risponde al proposito di esplorare geominerariamente il Paese, in considerazione soprattutto delle caratteristiche orografiche dell'Ecuador. Come mezzo d'indagine di superficie, è il più indicato per individuare strutture idrocarburiifere e giacimenti minerari in zone non ancora minimamente esplorate.

Gli altri mezzi di prospezione che saranno impiegati, come la magnetometria e la geochimica per spettrometria a raggi gamma, sono importanti per esplorare il basamento e rivelare giacimenti di uranio, costituendo pertanto un utile complemento del radar nella fase iniziale dell'inventario del petrolio, delle risorse geotermiche e giacimentologiche del Paese.

L'applicazione del radar all'esplorazione permetterà in un primo tempo di ottenere la base orografica dell'intero territorio nazionale, quindi l'inventario geologico, geomorfologico, idrologico, ecc., con un dettaglio sufficiente ed in un tempo relativamente corto.

Le trattative per la realizzazione di questo progetto si trovano attualmente nelle ultime fasi e riguardano il Governo ed una ditta specializzata nordamericana. Una volta che il progetto entrerà in esecuzione, si otterranno, dopo soli tre mesi, le prime informazioni; dopo terminata l'elaborazione di queste (cosa che richiederà due o tre anni), seguiranno le tappe di esplorazione diretta e di valutazione tecnico-economica definitiva dei giacimenti eventualmente scoperti.

Un altro interessante progetto, in corso di definizione, è quello relativo allo sfruttamento delle risorse geotermiche del Paese. In Ecuador non esistono ancora studi sistematici sulle risorse geotermiche, però rapporti isolati contengono dati interessanti sull'attività vulcanica, con misurazioni localizzate lungo la catena andina; questi dati permettono di formulare un criterio preliminare per delimitare le aree più promettenti del Paese.

Secondo il « Sumaryo Ejecutivo » presentato dalla California Energy Company al Governo Ecuadoriano il 14 settembre 1977, sulle risorse geotermiche del Paese, esistono nell'Ecuador perlomeno quattro aree con eccellente potenziale (El Tingo en Pichincha; Bagnos en Azuay; Bagnos en Tunguragua e Tufigno en Carchi), stimando nel totale da 350 a 1.200 i MW di energia producibile.

Anche per questo progetto il momento di passare ai lavori di prospezione definitiva, previa allo sfruttamento, è molto vicino.

Per concludere le notizie sulle prospezioni effettuate con i metodi più tradizionali, bisogna citare l'esistenza di quattro convenzioni internazionali in corso di attuazione. Una prima, firmata con l'Inghilterra, sta permettendo il rilevamento geologico superficiale del Paese per la compilazione dei fogli al 1:100.000 della carta geologica; allo stesso tempo si stanno realizzando lavori di prospezione mineraria nella zona centrale, montagnosa, della Cordigliera occidentale corrispondente alla provincia del Cotopaxi. La convenzione con la Spagna è invece specialmente orientata verso la prospezione mineraria; due sono le zone in prospezione: una prima al Nord, sulla base di una esistente anomalia di rame, ed una seconda al Sud, sempre intorno alle anomalie di rame rilevate a Rio Playas ed a Los Linderos. Una nuova convenzione con le Nazioni Unite ha lo scopo di intensificare le prospezioni di aree interessanti nel Sud del Paese e di dare una valutazione tecnico-economica di eventuali giacimenti scoperti; uno dei fronti di lavoro è la zona di San Bartolomé, vicina alla città di Cuenca, ed un secondo è situato nella zona di Angas, a 40 km ad Ovest della stessa Cuenca, dove esistono prospettive di incontrare piombo, zinco, argento ed oro. L'ultima convenzione è quella firmata con il Belgio: l'obiet-

tivo è in questo caso la prospezione e valutazione dei giacimenti già conosciuti di Chaucha, che contengono mineralizzazioni di rame e molibdeno, sempre nella provincia dell'Azuay: questi giacimenti furono previamente esplorati da una compagnia giapponese, che determinò l'esistenza approssimata di 50 milioni di tonnellate di rame porfirico con tenori dello 0,07 % in rame e 0,04 % in molibdeno.

Guayaquil, 1 marzo 1978

BIBLIOGRAFIA

- WOLF T.: *Geografia y geologia del Ecuador*. Quito 1892.
- SAUER W.: *Il mapa geologico del Ecuador*. Quito 1957.
- SAUER W.: *Geologia del Ecuador*. Quito 1965.
- OTTONE F.: « Ecuador, paese da scoprire », *Bollettino della A.M.S.*, VIII, 1-2, Torino 1971.
- GOOSSEN P.: *Los Yacimientos e indicios de los minerales metalicos y no metalicos de la Republica del Ecuador*. Quito 1972.
- NN.UU.: *Informe sobre los resultados, conclusiones y recomendaciones del Proyecto Minero*. Quito 1972.
- FAUCHER B., SAVOYAT E.: *Esquema geologico de Los Andes Ecuatorianos*. Guayaquil 1973.
- PERRI G.: « Che ne è della famosa miniera d'oro di Portovelo in Ecuador », *Bollettino della A.M.S.*, XIII, 3, Torino 1976.
- PERRI G.: « In Ecuador, Paese petrolifero; ciclo di conferenze sul carbone », *Notiziario della A.M.S.*, III, 3, Torino 1977.
- DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINAS: « Documenti dell'archivio ». Quito.
- MOSQUERA C.: *Los recursos minerales del Ecuador, su desarrollo y nuevos descubrimientos*. Quito 1975.
- PERRI G., AGUAYO S.: « Proyecto ICU-ESPOL para la creacion de la carrera de ingenieria de minas en el D.I.G.M.P. ». Guayaquil.
- AGUAYO S.: *Halagadoras perspectivas mineras del pais*. Guayaquil 1976.