

FENOMENI CARSICI NELL'ALTO BACINO DEL CORNO

1. *Premessa.* — Il bacino imbrifero del Corno è situato tra la valle del Nera e quella del Velino, nel tratto in cui questi due fiumi scorrono quasi paralleli, fino all'altezza della piana reatina, diretti entrambi da NE a SO, separati da una distanza di 25-30 *km* in linea d'aria; contrariamente ad essi, il Corno scorre da S a N, in direzione pressappoco meridiana, andando a sboccare nel Nera, di cui è il principale affluente, presso Triponzo. La sezione superiore di questo bacino è costituita dalla vasta piana leonessana, da quella molto più piccola di Monteleone di Spoleto (o di Ruscio), che non è se non un'appendice della prima, e dalle montagne che le circondano. Dopo Monteleone, la valle del Corno cambia aspetto: lasciandosi alle spalle gli altopiani, il fiume entra nel suo medio corso, insinuandosi in una valle strettissima, quasi una gola, che lo conduce a Cascia, quindi a Serravalle, dove riceve le acque del Sordo, proveniente dalla conca di Norcia, per raggiungere infine il Nera.

L'alto bacino del Corno è tutto molto elevato: la piana di Leonessa, dove scorrono i due torrenti, Torrente di Vallelunga e Fosso Tascino, che sono i rami sorgentiferi del fiume, si trova sui 950-980 *m* e le montagne intorno, sulle quali passa lo spartiacque, si levano di 600, 800 e anche 1000 *m* al di sopra di essa. Lo spartiacque, sul quale corre per lunghi tratti il confine comunale di Leonessa, la cui circoscrizione comprende la maggior parte dell'alto bacino del Corno, va dal M. Aspra a O, a soli 6 *km* in linea d'aria di distanza dal corso del Nera, al M. La Pelosa, al M. Tilia, per poi salire sul Terminillo (2216 *m*), la cima più elevata della regione, e passare sulle montagne ad E della conca leonessana,

a soli 4 *km* dal letto del Velino, finché passa sulla cima del M. Pizzuto, che è la montagna da cui si origina il Velino stesso. Da qui piega verso O, sui monti Alvagnano e Pozzoni, dividendo il bacino del Corno da quello proprio del Sordo, suo affluente.

Nell'esame dei fenomeni carsici oggetto di questo articolo (*) non ho tenuto conto rigidamente dello spartiacque superficiale del bacino, ma me ne sono discostata in più punti, là dove zone interessate dal carsismo si prolungavano oltre il bacino stesso; del resto, in ambiente carsico, come è noto, lo spartiacque orografico può avere un valore orientativo, ma è ben lungi dall'essere fondamentale, essendo il carsismo legato soprattutto alle condizioni litologiche e tettoniche, poco o punto a quelle oro-idrografiche.

L'altopiano di Leonessa che, insieme con quello contiguo di Monteleone, è al centro di questo bacino, consiste nel fondo, colmato e livellato dalle alluvioni, di un antico lago, dalla forma allungata e ramificata, alle cui spalle, cioè a S, si innalza il massiccio del Terminillo. Due serie di rilievi anticlinalici fiancheggiano la conca a O e ad E, orientati secondo i meridiani (la direzione tettonica caratteristica della regione umbra) e una terza anticlinale corre nel mezzo, da M. Tolentino a M. Macchialaveta, affiancata da due sinclinali. La conca è dovuta ad uno sprofondamento legato principalmente alla grande faglia che limita la pianura verso S, visibile da Posta fino ai piedi del M. La Pelosa. A questo quadro generale, semplice solo in apparenza, non mancano complicazioni tettoniche di vario genere, come faglie dirette e inverse, sovrascorrimenti, estrusioni, discordanze stratigrafiche, che ne fanno una regione geologicamente assai complessa e variata.

La costituzione litologica del bacino è solo apparentemente omogenea: dappertutto calcari, fatta eccezione, beninteso, per i depositi lacustri di pianura, ma calcari dei tipi più svariati, sia riguardo all'età che alla composizione, alla struttura, al grado di permeabilità. Dagli affioramenti molto esigui di calcare retico si passa alle grandi estensioni occupate dai calcari liassici e cretacei, con le formazioni argillose e marnose che li accompagnano, per terminare con alcuni lembi di calcare terziario. Na-

(*) Le indagini sono state condotte a termine mediante una sovvenzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

turalmente, il variare delle caratteristiche chimico-fisiche della roccia, della sua stratificazione, del grado di fessurazione e delle condizioni tettoniche generali ha effetti determinanti sulla carsificazione e sulla morfologia che ne consegue: la diversa combinazione dei vari fattori produce un diverso « ambiente carsico », che dà un'impronta particolare all'intensità e alle modalità del processo. Anche in una regione poco estesa come questa, tali differenze sono sensibili da luogo a luogo e conducono ad una « localizzazione » del fenomeno, di cui è opportuno tener conto anche nella descrizione; per questa ragione ho distinto nell'alto bacino del Corno le seguenti « aree carsiche »: 1) l'altopiano di Leonessa; 2) il gruppo M. Tilia-M. Corno; 3) il gruppo del M. Terminillo; 4) i monti tra la piana di Leonessa e quella di Norcia; 5) i monti Le Ferrare e il Salto del Cieco.

La distinzione di queste cinque aree, la cui individualità ho cercato di mettere in luce nel corso dell'esposizione, non è stata presa a priori come metodo di ricerca, ma è stata adottata in un secondo tempo, durante l'elaborazione dei dati derivati dall'osservazione sul terreno. In ognuna di esse, il tipo di calcare, i fattori topografici e tettonici, ed anche le condizioni climatiche, nel caso delle zone più elevate del Terminillo, danno alla fisionomia carsica una nota personale, tanto evidente da non poter venire trascurata.

Il Leonessano è stato oggetto dell'attenzione di parecchi studiosi per quanto riguarda la geologia e il glacialismo quaternario del Terminillo, ma per l'argomento che ci interessa poco o nulla è stato fatto finora. Notizie frammentarie sullo sviluppo del carsismo sul Terminillo, limitatamente al versante tirrenico, si trovano in un lavoro di C. Lippi Boncambi (1), e interessanti osservazioni di carattere generale, per quel che riguarda le alture tra la piana di Leonessa e quella di Norcia, in un lavoro di F. Scarsella (2), accompagnate dalla descrizione di alcuni fenomeni che però non rientrano nel territorio dell'alto bacino del Corno. Qualche altro cenno molto generico sui rapporti glacialismo-carsismo nell'Appennino centrale offrono anche alcuni scritti di

(1) C. LIPPI BONCAMBI, *Appunti geologici sull'Appennino Umbro-Marchigiano-Abruzzese*, in « L'Universo », Firenze, 1942, pp. 191-205.

(2) F. SCARSELLA, *Sulla geomorfologia dei piani di Castelluccio e sul carsismo dei monti Sibillini*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1947, pp. 28-36.

A. Hassert, K. Suter e F. Sacco (3). Peraltro, la regione non è affatto contemplata nell'opera di A.G. Segre sul carsismo del Lazio (4) e né il Terminillo, né altre parti dell'alto bacino del Corno figurano nella carta delle principali zone carsiche riconosciute nell'Appennino centrale di Ortolani e Moretti (5).

2. — *L'altopiano di Leonessa.*

L'altopiano di Leonessa, com'è stato già detto, è costituito dal fondo di un lago plio-pleistocenico colmato dai sedimenti lacustri cui si sovrappongono le alluvioni posteriori alla scomparsa del lago stesso (6). Tra le conche appenniniche che, in tempi geologici recenti, ospitarono, o tuttora ospitano, specchi lacustri, questa di Leonessa è una delle più elevate, trovandosi il piano alla quota di 950-970 m.

La piana, ampia circa 70 kmq, è tutta coltivata e cosparsa di numerosi piccoli centri e nuclei, che fanno capo a Leonessa, il centro maggiore, 1500 ab., situato ai piedi del M. Tilia nella parte centrale dell'altopiano, là dove questo attinge le sue massime dimensioni, misurando poco più di 3 km di larghezza (NE-SO) e una decina di km di lunghezza (NO-SE).

La forma dell'antico lago, e quindi anche quella dell'altopiano

(3) A. HASSERT, *Tracce glaciali negli Abruzzi*, in « Boll. R. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1900, pp. 620-628; K. SUTER, *Die eiszeitliche Vergletscherung des Zentralapennins*, in « Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesell. in Zürich », Beiblatt No. 31, Zurigo, 1939; ID., *Les glaciers quaternaires de l'Apennin central*, in « Rev. de Géogr. Alp. », Grenoble, 1934, pp. 471-483; F. SACCO, *Il glacialismo nell'Appennino*, in « L'Universo », Firenze, 1941, pp. 568-602.

(4) A.G. SEGRE, *I fenomeni carsici e la speleologia del Lazio*. Roma, Pubbl. dell'Istituto di Geografia dell'Università, 1948.

(5) M. ORTOLANI, A. MORETTI, *Il Gran Sasso d'Italia (versante meridionale)*. C.N.R., Centro Studi per la Geogr. Fisica, Ricerche sulla morfologia e idrografia carsica, Bologna, 1950.

(6) Sulla geologia dell'altopiano e sulle vicende del lago, cfr.: B. LOTTI, *Descrizione geologica dell'Umbria*, « Mem. descr. della Carta Geol. d'Italia », Vol. XXI, Roma, 1906; C. DU RICHE PRELLER, *The ancient sea and lake basins of central Italy*, in « The Scottish Geogr. Mag. », Edimburgo, 1919, pp. 177-190 e 221-230; B. LOTTI, C. CREMA, *I terreni mesozoici dell'Appennino Centrale. Studi sulla zona di transizione dalla facies umbro-marchigiana a quella abruzzese nella conca di Leonessa*, in « Boll. R. Uff. Geol. Ital. », Roma, 1927, n. 14, pp. 1-15; F. SACCO, *Gli Abruzzi. Schema geologico*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1907, pp. 377-446; F. SCARSELLA, *Sulla zona d'incontro dell'Umbria e dell'Abruzzo*, in « Boll. Uff. Geol. It. », Roma, 1947-48-49, pp. 155-165; P. MODERNI, *Note geologiche preliminari sui dintorni di Leonessa in Provincia di Aquila*, in « Boll. Com. Geol. It. », Roma, 1900, pp. 338-354.

attuale, è stretta e ramificata: vi si possono distinguere tre rami, di lunghezza diversa, pressappoco paralleli, che convergono nella parte centrale, dove si trova Leonessa (7). Tutt'e tre i bracci sono percorsi da torrenti, diretti da S a N in quello occidentale e centrale, in senso contrario in quello orientale, i quali confluiscono tutti nel Corno. Il ramo orientale, la Vallenga, percorso dal torrente omonimo, è il più largo e il più lungo dei tre (14 km da Chiavano alla confluenza col Tascino); la massima larghezza (km 4,5) è nella parte più a monte, tra S. Giovenale e Terzone, restringendosi poi a solo 1 km allo sbocco nella parte centrale della piana.

Il ramo centrale, che si insinua tra M. Tolentino ad E e M. Massa ad O, è il più breve (circa 2 km) ed è percorso dal Corno, il quale qui è ancora un torrente dall'ampio letto ciottoloso, che si origina dalla confluenza del Torrente di Vallenga col Fosso Tascino che scende dal Terminillo.

Il terzo ramo, quello occidentale, è scolato dal Fosso Vorgia che, lasciata la conca leonessana, si getta nel Corno nella piana di Ruscio, presso Monteleone di Spoleto, piana che è sostanzialmente un prolungamento di quella di Leonessa, come mostrano i depositi lacustri che vi si rinvergono.

La conca è interessata da tre anticlinali e due sinclinali interposte, tutte dirette pressappoco in senso N-S, la direzione caratteristica della virgazione sabina; tutt'e tre le anticlinali presentano le caratteristiche poste in evidenza da F. Scarsella (8), che ne fanno delle anticlinali rovesciate a levante e fagliate nella gamba di ponente, secondo un motivo tettonico ricorrente nei gruppi montuosi dell'Appennino Umbro-marchigiano. Alla fase del piegamento, verificatasi nel Miocene inferiore, seguì una seconda fase tettonica, essenzialmente pliocenica, ma prolungatasi anche nel Quaternario, durante la quale si produssero faglie dirette e sprofondamenti, con conseguente formazione di depressioni che ospitarono le acque dei laghi plio-pleistocenici. La conca di Leonessa è

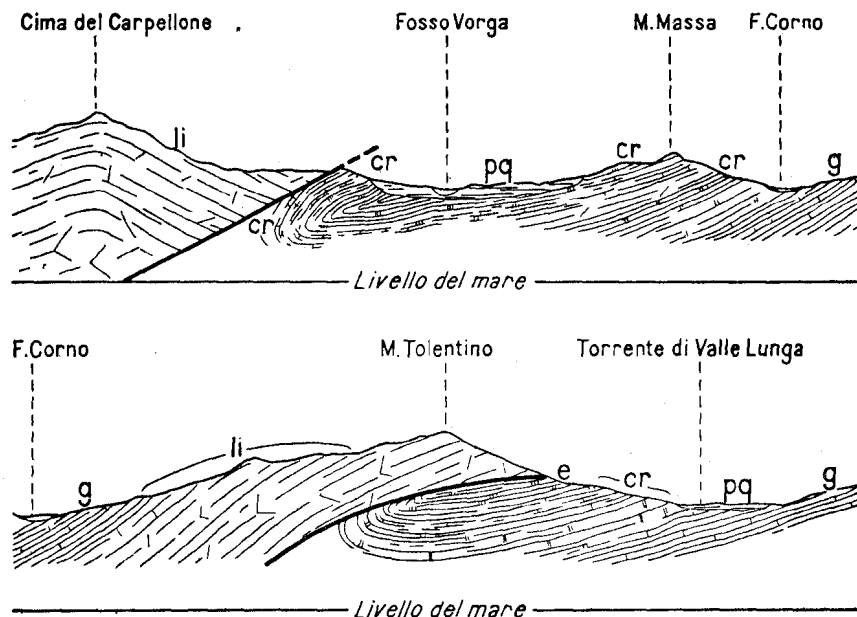
(7) Nelle descrizioni dell'altopiano di vari autori (Du Riche Preller, Lotti, ecc.) si insiste in genere sulla forma a mezzaluna, trascurando il ramo centrale, che, sebbene sia il più corto dei tre, è però quello che ospita il corso d'acqua principale, il Corno.

(8) F. SCARSELLA, *Di un motivo tettonico dell'Appennino Centrale Umbro-Marchigiano*, in « Boll. Soc. Geol. It. », Roma, 1946, pp. 21-23.

il risultato di entrambe le fasi tettoniche: l'anticlinale La Pelosa-L'Aspro-M. Cavallo la limita a O, con un allineamento di montagne (La Pelosa, *m* 1635, il Colle La Croce, *m* 1269, il Carpellone, *m* 1446, l'Aspra, *m* 1652) sulle quali hanno forte sviluppo i terreni del Lias; segue, verso E, la sinclinale M. Corno-M. Tilia-M. Alto, nella sezione occidentale dell'altopiano, e quindi l'anticlinale che proviene dal Terminillo, attraversa la piana e ricompare dall'altra parte, sul M. Tolentino, dove provoca la sovrapposizione della massa liassica ai terreni cretacei, rovesciandosi sulla sinclinale che segue ad oriente e ricoprendola quasi del tutto. Tra questa sinclinale e l'ultima anticlinale orientale, complicata da pieghe minori, Favischio-M. La Cerasa-M. Pizzuto, che chiude da questa parte la conca, si stende la sezione orientale dell'altopiano, la Vallelunga.

Dalla carta geologica (F^o. 139, *L'Aquila*) e dalla sezione qui riprodotta si vedrà come i due principali rami dell'altopiano si adagiano in corrispondenza delle sinclinali, ma non ne seguono gli assi, dato che le sinclinali stesse sono strizzate e sottoposte ai sovrascorrimenti delle pieghe-faglie; essi sono piuttosto impostati sulle faglie che tagliano la gamba occidentale dei rilievi anticlinali rovesciati a oriente. La parte centrale della conca infine non è in alcun rapporto con le sinclinali o con le faglie suddette, ma è dovuta essenzialmente ad una grande faglia diretta che taglia il sistema delle pieghe quasi trasversalmente, andando da Posta, nella valle del Velino, al M. La Pelosa, per un tratto di 17 *km* (più che di una sola faglia si tratta forse di una successione di faglie sub-parallele). Allo sprofondamento dei terreni a N di questa linea è legata l'origine della conca (9); il rigetto, dell'ordine del migliaio di *m*, costituisce l'allineamento di montagne (La Pelosa, 1635 *m*, il Tilia, 1775 *m*, il Colle Pecoraro, 1844 *m*, la Cima di Cambio, 2081 *m*) che chiudono a S l'altopiano. Liscioni di faglia sono visibili presso Leonessa (la Mano del Diavolo) e presso Pie' del Poggio.

(9) L'ipotesi dello sprofondamento come origine della conca, già avanzata dal Lotti nella sua *Descrizione geologica dell'Umbria* (cit., p. 236), pur affermando che non esistevano tracce evidenti di faglie a dimostrazione di tale origine, fu poi dallo stesso ripresa e perfezionata (B. LOTTI, C. CREMA, *op. cit.*). In proposito, cfr. anche F. SCARSELLA, *Sulla zona d'incontro ecc., cit.*



SEZIONE GEOLOGICA TRA IL M. CARPELLONE E IL TORR. DI VALLE LUNGA.
(sec. B. Lotti e C. Crema, modif.)

Questo sprofondamento, da attribuirsi alla seconda fase tettonica, quella pliocenica, ha, si direbbe, collegato e fuso insieme le valli d'erosione del reticolo idrografico determinato dalle pieghe e dalle faglie concomitanti; una tale ipotesi spiegherebbe la strana forma del lago, a valli ramificate facenti capo ad un'area centrale.

Alla formazione della conca succedeva la fase lacustre, prolungatasi dal Pliocene a tutto il Pleistocene. Ce ne danno testimonianza i depositi lacustri che sottostanno alla copertura eluviale olocenica: i depositi inferiori, attribuiti al Pliocene, formati da marne e sabbie argillose, con fossili di facies lacustre, e da conglomerati in banchi, compaiono a Ruscio, a Vallefana, nel Fosso Vorgia. Tra M. Massa e Colle Policiano si rinviene un piccolo banco di lignite. Seguono quelli pleistocenici, formati inferiormente da conglomerati e argille lacustri e superiormente da potenti banchi ghiaioso-ciottolosi che albergano la falda acquifera che

alimenta un gran numero di sorgentelle (una trentina circa) sparse lungo le incisioni dei torrenti al contatto con le sottostanti argille. Tra i depositi lacustri si rinvencono anche lembi di tufo, formato dalle ceneri trasportate dal vento dai vulcani laziali. Infine ricopre il tutto un velo detritico olocenico orlato da abbondanti falde e conoidi torrentizie (specie lungo la faglia Posta-La Pelosa).

Lo svuotamento del lago ebbe luogo verosimilmente dopo il Pleistocene, nel quadro degli effetti idrografici della regressione marina: l'erosione regressiva progredì rapidamente, scavando gole come quella del Corno stesso tra Monteleone e Cascia e provocando lo svuotamento sia di questo, sia di altri laghi dell'Appennino centrale. Nella piana di Leonessa l'erosione ha inciso le stesse formazioni lacustri, la cui superficie, un tempo livellata dalla sedimentazione, è oggi profondamente intagliata dai solchi dei torrenti (il letto del Tascino è largo 400-450 *m* e profondo 50-60 *m*).

Pur restando la conca leonessana essenzialmente una conca di sprofondamento, tra i fattori del suo modellamento deve essere entrato, sia pure in misura limitata, anche il carsismo, la cui azione si è esplicata nell'abbassamento e nell'allargamento del fondo e in modificazioni di dettaglio dei versanti: ne sono testimonianza alcune tozze gobbe calcaree emergenti tra i sedimenti, che sono dei veri e propri *hum*, per lo più lembi residui dell'erosione di penisole già collegate alle montagne circostanti e poi da queste separate, o *buttes témoins* di piccoli rilievi sporgenti dalla roccia in posto del fondo della conca.

Nel ramo occidentale della piana, là dove essa è attraversata dalla sinclinale M. Tilia-M. Massa-M. Alto, formata in prevalenza dalla scaglia rossa del Cretaceo superiore, emergono tra i sedimenti alcuni lembi di tale formazione: tra M. Massa e il Fosso Vorgia, il Colle della Torre (*m* 913) si leva di 25 *m* sul livello del piano in questo punto, e, subito a N, congiunto al precedente, il Colle Luca (*m* 872) sporge di una trentina di metri sul piano, qui già fortemente abbassato dall'erosione; segue, sempre lungo la stessa linea, il Colle Montano (870 *m*), unito al precedente con una bassa sella, a una settantina di metri sul letto del Fosso Vorgia.

Questi dossi sono allineati nella stessa direzione di M. Massa e M. Alto, rilievi ch  appartengono alla gamba orientale della sinclinale e sono formati sempre dalla scaglia, e dei quali costituiscono evidentemente dei lembi distaccati. Hanno la forma allungata, arrotondata a « dorso di cetaceo », tipica degli hum, e sono coperti solo da rade erbe e sterpaglia. Tutt'e tre i colli insieme raggiungono la lunghezza di circa *km* 1,5 e la larghezza massima di 250-300 *m*.

Poco pi  a S, presso l'abitato di Villa Carmine, emerge un altro piccolo lembo di scaglia, non ben visibile topograficamente perch  non si alza sopra il livello del piano (in questo punto sui 910 *m*); anche questo affioramento   un chiaro indizio della continuit  della scaglia dal M. Tilia al M. Massa, sotto i sedimenti del piano, e del fatto che questo sottofondo calcareo   stato abbassato dall'erosione, e ci  anteriormente, o almeno contemporaneamente, alla formazione del lago, dal momento che tutti questi spuntoni emergono dai sedimenti lacustri; il processo responsabile dell'abbassamento del fondo deve aver avuto luogo quando la conca era ancora un bacino chiuso, e quindi non pu  essersi trattato di una conseguenza della normale erosione delle acque correnti, ma di un fatto d'erosione carsica. Durante la fase lacustre poi questi colli dovevano emergere dalle acque a guisa di isolotti.

Il ramo orientale dell'altopiano   quello che offre pi  chiari indizi dell'intervento del carsismo. In primo luogo, la stessa sua forma: la valle ha la massima larghezza non al suo termine, ci  al suo sbocco nella parte centrale della piana, ma nella parte pi  interna (*km* 4,5), tra S. Giovenale e Terzone, mentre verso la congiunzione, all'altezza di Vindoli, si restringe a solo 1 *km*. Proprio in questo punto, davanti a Vindoli, dai sedimenti lacustri del fondovalle sporge un rialzo, la Selva, 962 *m*, non molto evidente rispetto al terreno circostante, formato da terreni giurassici, gli stessi che appaiono sul M. Tolentino, sul versante destro della valle, e sul Colle La Croce, sul versante sinistro; quivi la sinclinale   ripiegata completamente sotto la massa liassica del M. Tolentino, e la Vallelunga corre in corrispondenza della gamba occidentale dell'anticlinale del M. Boragine, dove l'erosione si   impostata lungo le faglie di stiramento. Il lavoro delle acque deve essere progredito con assai maggiore rapidit  nella parte pi  a monte, dove la valle  

parecchio più larga, mentre ha trovato un ostacolo in questi calcari giurassici che ancora oggi si protendono verso il fondovalle da entrambi i versanti e affiorano anche nel fondo stesso; verosimilmente nella sezione più a monte, da Chiavano a Vindoli, anteriormente alla formazione del lago, si costituì un bacino chiuso, la cui soglia si trovava all'altezza di Vindoli, nel modellamento del quale intervenne il carsismo, che ha lasciato tracce visibili sia nell'ampliamento del fondo che nel modellamento dei versanti. In un secondo tempo i sedimenti del lago livellavano il fondovalle, facendone tutt'uno con il resto dell'altopiano.

Anche in questo ramo esistono due hum, situati al piede NE del M. Tolentino, il Colle Gricchio e il Colle di Paolo, chiaramente hum *marginali*, formati dello stesso calcare neocomiano di parte del M. Tolentino e delle alture di M. Cornillo e di Pianezza, le quali avanzano quasi a rinserrare le due collinette. Fasciati alla base dalle alluvioni, i due dossi sono pressappoco uguali, della lunghezza di circa 250-300 m ciascuno, allungati e arrotondati; differiscono un po' per l'orientamento: Colle Gricchio, che è il più avanzato nella pianura, è allungato in senso NO-SE; Colle di Paolo, quasi attaccato alla montagna, in senso E-O. Per entrambi l'altezza è di 50-60 m sul livello della pianura.

Il carsismo ha dato un'impronta particolare anche agli *speroni calcarei* sui quali sorgono gli abitati di Chiavano e di Pianezza, due monticoli che avanzano nella piana a guisa di penisole, isolati per tre lati, raccordati alla montagna per il quarto; il dorso arrotondato e i fianchi ripidi sono brulli e sassosi. Quello di Pianezza, alto 1077 m, è un lembo dello stesso calcare neocomiano del M. Tolentino e dei due hum da esso dipendenti, quello di Chiavano, dal dorso inciso da solchi carsici, alto 1076 m, è un affioramento di calcare del Lias inferiore che, in piccolo, riproduce il motivo tettonico dominante nelle pieghe di questa regione, in quanto consiste di un'estrusione rovesciata a levante e fagliata a ponente.

A questi dettagli morfologici e all'allargamento del fondo si arrestano le tracce visibili del carsismo. Mancano del tutto, sia qui che nel resto dell'altopiano, inghiottitoi, doline, o comunque aree di assorbimento; il drenaggio attuale, anche a giudicare dagli effetti sulla topografia (profonde incisioni torrentizie), sembra essere essenzialmente superficiale. Il modellamento carsico è quindi

un fatto del passato, che ha avuto la massima intensità anteriormente alla fase lacustre, le cui formazioni hanno in seguito livellato il fondo della conca. Ad ogni modo esso fu un fatto secondario alla struttura tettonica. La conca di Leonessa rimane sempre una conca di sprofondamento, almeno nella sua parte centrale; nei rami secondari, poi, è verosimile che il carsismo abbia allargato e rimodellato le valli d'erosione normali, impostate sull'assetto tettonico.

Sempre nella parte orientale dell'altopiano, ma a S della Val-lungia, altre due collinette, alte una cinquantina di metri sulla piana, presentano tutte le caratteristiche degli hum marginali: una è il piccolo rilievo tondeggiante posto tra gli abitati di S. Clemente e Cumulata, l'altra è il Colle Sparticuore, presso Albaneto, tipicamente arrotondato, congiunto da una sella alla montagna. Entrambi i rilievi sono costituiti da calcare neocomiano.

Da queste considerazioni sembrerebbe che la conca di Leonessa debba essere inclusa nella categoria dei *polja* (10) d'origine tettonica, e precisamente tra i *polja di sprofondamento*; si tratta evidentemente di un polje sventrato, in cui il processo carsico è stato poco intenso, caratteristica questa molto frequente nei polja appenninici. Le condizioni di questo bacino non sono molto diverse da quelle di un'altra conca di sprofondamento molto vicina, quella di Rieti: anche questa ha attraversato una fase lacustre, anzi ospita tuttora alcuni laghetti, presumibilmente connessi con doline ereditate (11), e conserva tracce dell'azione carsica anche in alcuni hum (il Monticchio, Colle Cavaliero). Secondo il Rovereto (12), la conca di Rieti è stata probabilmente un polje. Tra gli altri bacini appenninici, un confronto interessante offre quello di Castelluccio, situato pochi km a N dell'altopiano di Leonessa, ritenuto dallo Scarsella (13) un polje di sprofondamento: i piani di Castelluccio

(10) Plurale di « polje »; cfr. R. BIASUTTI, *Sulla nomenclatura relativa ai fenomeni carsici*, in « Riv. Geogr. It. », Firenze, 1916, pp. 45-55.

(11) R. RICCARDI, *Il Lago di Cantalice o Lungo*, in « Riv. Geogr. It. », Firenze, 1921, pp. 76-85; ID., *Doline alluvionali nella Piana di Rieti*, in « La Geogr. », Novara, 1925, pp. 229-234.

(12) G. ROVERETO, *Forme della Terra. Trattato di geologia morfologica*. Milano, Hoepli, 1922-24. Cfr. p. 873.

(13) F. SCARSELLA, *Sulla geomorfologia ecc.*, cit.

sono inseriti in un sistema di pieghe in tutto simili a quelle del Leonessano, con versanti corrispondenti a piani di faglia. Anche qui il carsismo è un fatto secondario alla tettonica; il Piano Grande ha attraversato una fase lacustre, ma, contrariamente alla conca di Leonessa, l'intero sistema dei piani ha attualmente drenaggio sotterraneo.

3. — *Il gruppo M. Tilia-M. Corno.*

Sulle cime di questo gruppo, posto a S dell'altopiano, passa lo spartiacque Corno-Fuscello (immissario del L. di Piediluco). Il Tilia, alto 1775 *m*, dalle forme arrotondate e ammantato in gran parte di boschi, appartiene a quell'allineamento di montagne che chiude a S l'altopiano e che corrisponde al rigetto della faglia M. La Pelosa-Posta; esso si leva a poco più di 800 *m* sulla pianura, subito alle spalle dell'abitato di Leonessa, che arriva con le sue ultime case fin sotto il fianco del monte. A S del Tilia, unito ad esso da una sella sui 1600 *m*, si trova il M. Corno, di 1735 *m*, dalle cime arrotondate ed erbose e le pendici coperte da verdissime faggete fin sui 1600 *m*. Altri rilievi di minore altezza (M. Castiglioni, M. Versanello, Colle La Tavola) seguono verso S, separando il bacino del Tascino-Corno da quello proprio del Velino.

Il gruppo Tilia-Corno, con le cime minori che l'accompagnano, si distingue dai gruppi montuosi contigui della Pelosa e del Terminillo non solo orograficamente, in quanto separato da questi dalle valli del Fuscello a O e del Tascino a E, ma anche, e soprattutto, nella costituzione litologica e tettonica. Il Tilia e il Corno sono disposti lungo la sinclinale che, diretta da S a N, attraversa la piana di Leonessa, dove i suoi terreni sono ricoperti dai sedimenti lacustri, e prosegue dall'altra parte per il M. Massa, Monteleone di Spoleto, Biselli, fino alle pendici orientali del M. Cavallo, fiancheggiata ad O dall'anticlinale M. La Pelosa-L'Aspro-M. Cavallo, e a E dall'anticlinale Terminillo-Serravalle-M. Murlo. Le formazioni che compaiono in questo tratto sono esclusivamente cretacee: il calcare bianco e compatto del Cretaceo inferiore affiora in molti punti di sotto gli scisti argillosi a fucoidi del Cretaceo medio, ai quali si sovrappone la scaglia rossa del Cretaceo superiore, che è



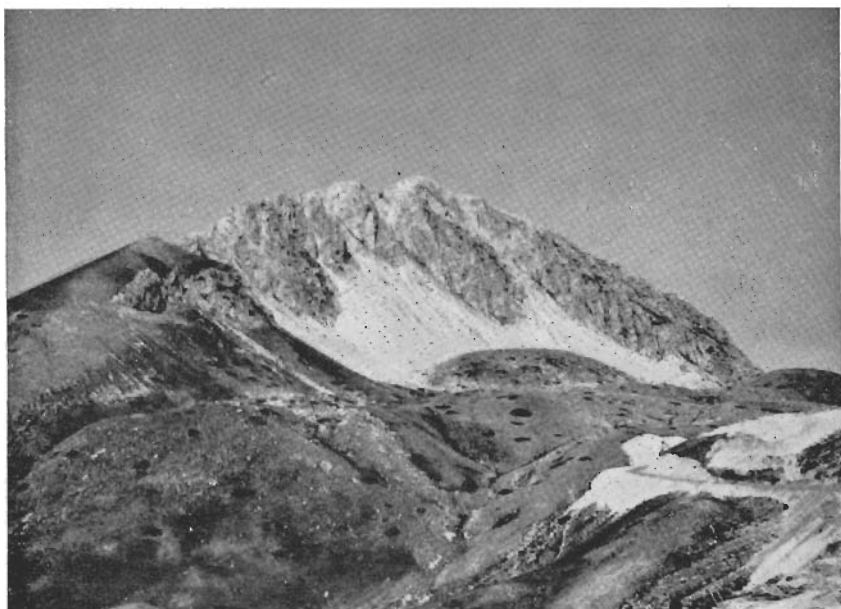
IL SOLCO DEL TASCINO NELLA PIANA LEONESSANA.

(fot. M. L. Gentileschi)



IL RAMO ORIENTALE DELL'ALTOPIANO DI LEONESSA E PIANEZZA,
CENTRO DI SPERONE CARSICO.

(fot. M. L. Gentileschi)



LA CIMA DEL TERMINILLO E LA SELLA DI LEONESSA.

(fot. M. L. Gentileschi)



DOLINE SU MORENICO ALLA SELLA DI LEONESSA.

(fot. M. L. Gentileschi)

di gran lunga la formazione più estesa. La scaglia rossa (più frequentemente rosata o biancastra) è un calcare marnoso, sottilmente stratificato, molto fratturato; l'intensa fratturazione lo rende permeabile e permette la formazione di una falda freatica che ha alla base gli scisti a fucoidi impermeabili. Le sorgenti che sgorgano al contatto affiorante di queste due formazioni sono le più comuni nell'alta Valnerina; solo in questo gruppo ve ne sono una decina, perenni, ma di piccola portata.

A causa della sua impurità, la scaglia è poco sensibile all'azione chimica delle acque; queste però trovano un fattore predisponente nello stato di fratturazione della roccia, che, mentre agevola la circolazione sotterranea e aumenta la superficie di contatto tra calcare e acqua, collabora all'allargamento delle cavità col distacco di frammenti dalle pareti e dalla volta; non a caso l'unica dolina che vi si rinviene è una dolina di crollo e l'ingresso della Grotta del Canalone di Tilia è un foro apertosi in seguito al crollo parziale della volta. D'altra parte, i residui insolubili del calcare obliterano rapidamente i meati della fratturazione e di conseguenza il processo di carsificazione non raggiunge mai un forte sviluppo; le forme carsiche che si rinvencono nella scaglia rossa sono sporadiche e di piccole dimensioni.

Sulle cime e sui pendii più esposti e privi di vegetazione arborea, qualche breve tratto di terreno è occupato da campi solcati: se ne vedono sui pendii presso il Laghetto, sui prati dell'Acquaro, sulla cima del M. Fazzolettone. La solcatura è irregolare, poco profonda; inoltre, essendo la scaglia facile a frantumarsi, gli spuntoni calcarei non sono mai più alti di pochi decimetri e il suolo è frequentemente sparso di pietrisco. Questi campi solcati si trovano sui 1600 *m*, e a tale altezza intervengono altri fattori di degradazione (sbalzi di temperatura, gelivazione), la cui intensità è dimostrata dalla stessa localizzazione dei campi solcati, situati al disopra dei limiti del bosco, nei punti più esposti, dove il terriccio viene facilmente asportato, lasciando senza protezione la roccia sottostante.

Le forme carsiche tipiche si riducono a ben poco: una dolina,

una grotta e una grotta-voragine (14). La dolina si trova sul versante NO del M. Tilia, presso la collinetta chiamata Borgo Mataloni, a 1100 *m* d'altezza, su un pendio sassoso dove affiorano le testate degli strati inclinati a chinapoggio; il diametro massimo, disposto nel senso del pendio, è di 3 *m*, quello minimo di *m* 1,50, la profondità è di 3 *m*. Sul fondo, nel lato verso valle, si vede l'inizio di uno stretto cunicolo, ostruito dal pietrame. Nella parte visibile non v'è traccia di concrezioni. Diversi indizi fanno pensare che si tratti di una cavità di crollo: in primo luogo, il profilo stesso della dolina, nettamente a pozzo, dalle pareti verticali, e la presenza del cunicolo che prosegue verso valle; secondariamente la posizione topografica della cavità, che si apre su un pendio abbastanza ripido, dove mancano forme del terreno come vallecole, ripiani, o altro, che convogliano le acque superficiali alla cavità stessa. La dolina si è prodotta in seguito al crollo della volta di una cavità sotterranea, di cui il cunicolo è il residuo visibile ancora intatto.

Un piccolo crollo si è prodotto anche nel caso della grotta-voragine del Canalone di Tilia, che si apre in una vallecola sul versante N del Tilia, a circa 1300 *m*; l'ingresso consiste in un foro di un metro e mezzo di diametro che introduce direttamente in un ambiente circolare, dalla volta a cupola e il suolo pianeggiante ingombro di frammenti, di 6 *m* di diametro e di 3 *m* d'altezza. Il foro d'ingresso si trova quasi al sommo della volta ed è il risultato del cedimento di questa nel punto in cui lo spessore era più sottile. Il prevalente sviluppo orizzontale porterebbe ad includere la cavità nella categoria delle grotte, mentre, d'altra parte, la presenza del foro d'ingresso nella volta l'avvicina alla categoria delle voragini, e precisamente alle voragini *campaniformi* (15); si tratta quindi di una forma intermedia, con caratteristiche dell'uno e dell'altro gruppo, cioè di una *grotta-voragine*.

(14) Alcuni toponimi, riportati anche sulle tavolette dell'I.G.M., che di solito sono collegati con forme carsiche, si riferiscono a comuni fatti di erosione torrentizia o ad altri fenomeni non legati al carsismo: per es., la Prima, Seconda e Terza Fossa, che si trovano sulla sella tra il Tilia e il Corno sono soltanto le sezioni superiori, un po' imbutiformi, di vallecole torrentizie, e il Laghetto di Tilia è una grossa pozzanghera, dove si raccoglie l'acqua piovana, scavata dai pastori per servirsene come abbeveratoio.

(15) Per la classificazione cfr. A. G. SEGRE, *I fenomeni carsici ecc.*, cit., p. 149.

Come per la dolina di Borgo Mataloni, anche qui la scaglia appare sottilmente stratificata, con gli strati inclinati a chinapoggio. Su una delle pareti si vedono delle concrezioni color giallo chiaro, con piccole stalattiti e stalagmiti gocciolanti. La cavità è d'interstrato, lievemente inclinata secondo la direzione degli strati.

La Grotta della Mano del Diavolo (16) si trova anch'essa sul Tilia, presso Leonessa, a 1025 *m* di quota, vicinissima alla mulattiera che da Leonessa sale verso la Fonte della Rocca. La formazione interessata non è più la scaglia rossa, ma il calcare maiolica del Cretaceo inferiore, che è più carsificabile della scaglia perché più puro. La cavità si apre sulla parete di destra di una stretta forra che si trova in corrispondenza di una faglia diretta (cfr. il F°. 139 della Carta geologica d'Italia). L'ingresso misura *m* 1,50 di larghezza e altrettanto di altezza e introduce in un atrio a cuneo lungo circa 3 *m*, dal suolo in forte pendenza verso l'esterno, in fondo al quale si apre uno stretto cunicolo diretto verticalmente, sufficiente al passaggio di una persona, ma attualmente ostruito e non percorribile; stando alle informazioni ricevute, esso condurrebbe in un ambiente largo una decina di metri. Nella parte visibile della grotta mancano del tutto concrezioni calcaree. Sulla soglia si sono accumulati in quantità pietrisco e sabbia fine, evidentemente provenienti dall'interno; se ne deduce che la massa rocciosa deve essere internamente milonitizzata e quindi facile a disgregarsi, in conseguenza degli stiramenti e delle frizioni che hanno accompagnato il prodursi della faglia. In questo caso la forma carsica è strettamente legata al fatto tettonico. Sulla parete sinistra della forra si vede un'altra piccola nicchia, larga circa mezzo metro e alta un metro e mezzo. Entrambe le cavità sono da classificarsi tra quelle d'interstrato.

Aggiungo infine ai fenomeni carsici di quest'area anche una dolina, che, sebbene non si trovi su questo gruppo, ma dall'altra parte dell'altopiano, vicino a Monteleone di Spoleto, ha in comune con questi il fatto di aprirsi nella scaglia rossa della medesima sinclinale: si tratta di una dolina isolata, *a piatto*, di forma circolare, con circa 20 *m* di diametro e 4-5 *m* di profondità, situata

(16) La grotta si trova molto vicino al liscione di faglia che ha lo stesso nome, il più grande di quelli che compaiono lungo la faglia Posta-La Pelosa.

sull'ampio terrazzo, alto un centinaio di metri sul fondovalle, su cui sorge l'abitato di Monteleone.

4. — *Il gruppo del Terminillo.*

Con i suoi 2216 *m* d'altezza, il Terminillo è uno dei massicci più elevati dell'Appennino centrale. Nell'insieme la forma di questo gruppo compatto è quella di una cupola ellissoidale, il cui diametro maggiore (Cittaduale-M. Tolentino) misura 24 *km* e quello minore (Cantalice-Sigillo) 10-12 *km*. Esso domina con la sua mole la conca di Rieti e quella di Leonessa; a oriente il Velino, scendendo verso la Valle Reatina, lo abbraccia per circa metà del suo perimetro e a occidente il suo limite, ben chiaro geologicamente ma meno visibile orograficamente, è segnato dal Vallone di Lisciano, da Valle Tagliata, dal M. Macchialaveta e dal Fosso Tascino, che scende nella piana di Leonessa. Verso quest'ultima, il Terminillo, in pratica, trascurando la propaggine di M. Tolentino, è limitato dalla grande faglia diretta Posta-La Pelosa, orientata NO-SE, lunga 17 *km*, il cui rigetto, d'un migliaio di metri circa, forma le montagne più settentrionali del gruppo.

La parte del massiccio di maggiore elevazione è quella di centro: vicino alla cima più alta (2216 *m*) stanno il M. Sassetelli (2139 *m*), il M. Porcini (1982 *m*), il M. Elefante (2015 *m*); molto elevate sono anche le montagne dell'allineamento settentrionale, che supera i 2000 *m* nel M. di Cambio. Dal blocco centrale si dipartono radialmente alcuni valloni, profondi e dai versanti ripidi, in gran parte impostati lungo linee di faglia, che talvolta hanno alla testata circhi glaciali: i più lunghi sono il Vallone di Lisciano, che termina nella conca di Rieti, il Vallone Capo Scura, che sbocca nella valle del Velino, e soprattutto la Vallonina (11 *km*), percorsa dal Fosso Tascino, uno dei due rami sorgentiferi del Corno, che nella sezione superiore (Valle della Meta) è un'antica valle glaciale. Oggi il modello glaciale della valle non è più riconoscibile, tanto più che i versanti sono completamente coperti, ad eccezione di qualche radura, da fitte fustaie di faggio (17).

(17) Queste montagne sono ricoperte in gran parte da boschi che sono stati manomessi dall'uomo in misura minore che in altre parti dell'Appennino: sul versante tirrenico del Terminillo la foresta di faggio (che è la fitocenosi più diffusa)

Il Terminillo inizia l'anticlinale che dalla zona d'incontro Umbria-Abruzzo si dirige verso N, attraversa la piana di Leonessa e giunge fino al M. Cavallo. Due faglie inverse, rovesciate entrambe verso E e orientate in direzione molto prossima a quella meridiana, corrono ad O e ad E del massiccio: quella occidentale va da Lugnano, al piede meridionale del gruppo, al M. Macchialaveta e alla Forca dei Faggi, scomparendo nella pianura per riapparire dall'altra parte sul M. Tolentino, e l'altra va da Paterno al M. Iacci e al M. Boragine, segnando il margine orientale dell'anticlinale, lungo la fascia di passaggio dai terreni di facies settentrionale o umbra a quelli di facies meridionale o abruzzese. Oltre a queste due faglie principali, il massiccio è attraversato in tutti i sensi da un gran numero di faglie dirette più o meno marcate, che sollevano le formazioni liassiche ad altezze superiori a quelle delle formazioni giurassiche e cretacee e costituiscono ripide pareti, dando un'impronta particolare all'idrografia, che ha seguito l'assetto tettonico, scavando valloni e forre, come Val Ravara e Fosso la Ferge, ben diversi dalle semplici incisioni torrentizie (18).

Tra i terreni interessati al carsismo occupa il primo posto il calcare del Lias inferiore, sia per le sue caratteristiche chimico-fisiche che per l'estensione degli affioramenti. Questo tipo di calcare è molto puro, in genere bianco, a struttura sub-cristallina, e si presenta a volte in banchi, a volte stratificato più sottilmente;

ricopre il 50-60% della superficie compresa tra il limite inferiore (1350-1400 m) e quello superiore di massa (1730-1750) (cfr. G. MONTELUCCI, *La vegetazione del M. Terminillo (Appennino Centrale)*, in «Webbia», 8-9, Firenze, 1952-53); sul versante adriatico (leonessano) essa ricopre quasi l'80% della superficie che le spetta, con uno sviluppo che è tanto più imponente se si tiene conto del fatto che qui il limite inferiore (1250-1300 m in media) è molto più basso che sul versante tirrenico. La faggeta, indisturbata da secoli, ha formato una copertura praticamente continua, con estese fustate, colonizzando anche pendii molto ripidi, su entrambi i versanti della Vallonina, dalla Sella di Leonessa fino all'altopiano. Sul versante N del Terminillo, dei Sassetelli e del Cambio la faggeta arriva fin sotto le rupi e i brecciali, ad un limite di massa di 1750-1800 m; altrove (Valle Maiolica, Colle delle Pozze), dove leggeri pendii e cime arrotondate offrono buoni pascoli, il bosco termina sul 1600-1700 m, evidentemente abbassato dalla mano dell'uomo. Alla faggeta seguono in altitudine i pascoli delle «praterie pseudo-alpine», che sono conseguenza del fatto che il bosco non raggiunge il suo limite naturale, costellate dai bassi pulvini del ginepro montano; questi pascoli a grande altezza, esposti come sono all'azione essiccante del sole e del vento e sovraffollati dal bestiame che ne riduce la cutica erbosa lasciando libero giuoco agli agenti atmosferici, sono tutti più o meno degradati, e alla fine dell'estate assumono un aspetto arido e desolato.

(18) B. LOTTI, *Descrizione geologica dell'Umbria*, ecc., cit.; C. LIPPI BONCAMBI, *Appunti geologici*, ecc., cit.

le spinte tettoniche hanno provocato una diffusa fratturazione, in qualche punto tanto minuta che la roccia appare milonitizzata, come accade in alcune parti del M. Porcini (si vedano più oltre le grotte della località Maiolica). Talvolta questo calcare diventa dolomitico e si disgrega facilmente con formazione di sabbia calcarea, particolare rilevato da Verri e Lotti (19) sul fianco meridionale del M. La Pelosa e visibile anche sulle alte pendici SO del M. di Cambio e in alcune incisioni sul fianco meridionale del M. Tolentino. La sua purezza e il suo stato di fratturazione lo rendono permeabilissimo e assai sensibile all'azione carsica; questo è il calcare più carsificabile dell'Appennino, l'unico in cui, in condizioni adatte, si realizzi il « paesaggio carsico ». Anche qui, come vedremo, nonostante il fatto che la topografia sia per lo più sfavorevole, esso non smentisce le premesse. Gli effetti della sua permeabilità si fanno sentire, oltre che nello sviluppo assunto dal carsismo, anche nella formazione di una potente falda acquifera, che alimenta le grosse sorgenti che sgorgano nella valle del Velino ai piedi del massiccio.

Per il resto, i calcari delle altre formazioni presentano forme carsiche sporadiche e poco sviluppate. Il calcare del Lias medio è anch'esso molto diffuso, ma è meno interessante a causa della sua impurità e della scarsa permeabilità, essendo più o meno marnoso, oppure per la presenza di noduli o letti di selce. Molto somigliante al calcare del Lias inferiore è il calcare maiolica, del Cretaceo inferiore, di solito bianco, puro, compatto, ma molto fratturato e quindi molto permeabile.

Oltre a questi terreni, che sono quelli interessati alle forme carsiche descritte più avanti, sul gruppo del Terminillo affiorano ampie estensioni di scaglia rossa cretacea e di formazioni giurassiche, che prevalgono sul versante meridionale, mentre i calcari liasici sono più diffusi su quello settentrionale; il passaggio da un tipo di calcare ad un altro è visibile nel cambiamento che sopravviene nelle forme del terreno: la scaglia rossa e gli altri calcari meno permeabili e meno fratturati si dimostrano molto più resistenti e formano cime arrotondate a declivio dolce, mentre i calcari cristal-

(19) A. VERRI, *Cenni sulle formazioni dell'Umbria*, in « Boll. Soc. Geol. It. », Roma, 1897, pp. 195-200; B. LOTTI, *Descrizione geologica dell'Umbria*, cit.

lini formano vette ripide e scoscese, con creste acute, il cui incessante disgregamento alimenta le falde detritiche, i bianchi brecciai o « ravari », che lasciano le cime rupestri del Terminillo, di M. Porcini, del Brecciaro, di M. Elefante, creando un paesaggio molto simile a quello dolomitico.

Come molti altri massicci appenninici che si innalzano oltre i 2000 m, anche il Terminillo reca i segni della glaciazione pleistocenica. Sotto questo riguardo è stato oggetto delle osservazioni di vari studiosi del glacialismo dell'Appennino: notazioni frammentarie in proposito si leggono nei lavori di Sacco e di Hassert (20), mentre descrizioni più accurate sono quelle dovute a Lippi Boncambi (21) e soprattutto a Suter (22) che ne dà lo studio più completo. Già Hassert, in seguito alle sue osservazioni sul Gran Sasso, la Maiella, il Velino, i Monti della Meta e il Terminillo stesso, aveva constatato le difficoltà pratiche nel riconoscere le tracce di una glaciazione che non ebbe grande sviluppo e che di conseguenza non poté modellare profondamente il terreno; in genere, la topografia delle montagne appenniniche non offrì vasti bacini di raccoglimento delle nevi all'altitudine necessaria, e quindi i ghiacciai furono quasi sempre modesti, e di piccole dimensioni risultarono i circhi, le valli a truogolo, gli accumuli morenici. La forte erosione torrentizia posteriore all'epoca glaciale ripiasmò i circhi e le valli e disperse il materiale morenico o lo coprì con i detriti più recenti; sui terreni calcarei si aggiunse l'erosione carsica, con la sua azione mimetizzatrice.

Hassert, Suter, Beneo (23) e altri hanno messo in rilievo lo stretto rapporto che intercorre sulle montagne appenniniche tra carsismo e glacialismo, che si è esplicato sia anteriormente all'epoca glaciale, nell'azione carsica che preparò le conche di raccolta delle nevi, sia successivamente, quando il carsismo venne a sovrapporsi al modellamento glaciale, comportandosi allo stesso tempo come agente conservatore e come alteratore delle forme preesistenti.

(20) *Opp. citt.*

(21) C. LIPPI BONCAMBI, *Su alcuni fenomeni glaciali nel gruppo del Terminillo in provincia di Rieti*, in « Boll. Soc. Geol. It. », Roma, 1940, pp. 386-390.

(22) *Opp. citt.*

(23) E. BENEIO, *Il glacialismo quaternario dell'Appennino*, in « Boll. Com. Glac. It. », Torino, 1940, pp. 141-150.

Sul Terminillo si rinvenivano sia forme d'erosione che d'accumulo: delle prime, qui come altrove nell'Appennino centrale, la meglio conservata è il circo. Descrizioni e fotografie dei circhi del Terminillo si trovano negli articoli già citati di Sacco, Lippi Boncambi e Suter.

Il Suter ha riscontrato la presenza di un discreto numero di circhi: due sono alla testata del Fosso delle Rocchette, con esposizione ovest, situati tra le cime del Terminillo e del Terminillette. Da Lippi Boncambi abbiamo una descrizione accurata degli stessi e delle tracce che vi si accompagnano; il profilo trasverso a truogolo e quello longitudinale a bruschi salti sono ben chiari nella sezione superiore delle due vallecole che si originano dai circhi e che confluiscono a formare il Fosso dell'Acquasanta (o Fosso delle Rocchette), sul fondo del quale nella Carta geologica è indicato un piccolo accumulo morenico. Altri due circhi sono alla testata della Valle Inferno, tra M. Elefante e M. Valloni (indicata sulla carta topografica col nome La Fossetta), con esposizione est, e della Valle Capo Scura, con esposizione nord-est; quest'ultimo, il più grandioso dell'intero massiccio, si apre tra i monti Brecciaro, Elefante e Porcini. Il ghiacciaio che lo occupava è riportato dal Sacco nella sua Carta del glacialismo appenninico, insieme col maggiore ghiacciaio della Valle della Meta. La lingua di ghiaccio si incanalava nella valle del torrente Scura, che si getta nel Velino presso Sigillo, e scendeva fino a quota 1050, nel punto in cui la Carta geologica riporta un accumulo morenico e dove il Suter ha riscontrato la presenza di un gradino che segnerebbe il punto d'arresto del ghiacciaio. Sul versante N si trovava il ghiacciaio più importante, che scendeva dalle cime del Terminillo e dei Sassetelli per la Valle della Meta fino alla località Vallonina, a quota 1160, dove, semisepolta tra le alluvioni dei torrenti, si trova la sua morena terminale; facevano parte di tale ghiacciaio un gruppo di 4-5 circhi, ora non molto ben distinguibili l'uno dall'altro, aventi esposizione nord-nord-est, situati alla testata della Valle della Meta. Il fondo dei circhi è per lo più sventrato dall'erosione torrentizia e non vi è traccia di valli a truogolo. Tra un circo e l'altro si drizzano sottili speroni di roccia, fasciati da detriti, e qualche piccolo nevaio permane tutta l'estate nei punti più riparati; la faggeta arriva fin sotto le biancheggianti distese dei brecciai. Il circo meglio conservato è

il più occidentale, chiamato Valle Inferno (senza indicazione di toponimo sulla carta). Il più orientale, situato poco al di sopra della Sella di Leonessa, sul cui fondo rimane un esteso accumulo morenico, inviava una lingua di ghiaccio anche sul versante meridionale; in località Prato Comune un rialzo che interrompe il pendio della valle costituisce la morena terminale di tale lingua. Nella descrizione del Suter è citato anche un altro circo, situato alla periferia del gruppo, sul versante N del M. di Cambio, il cui ghiacciaio, piccolissimo, privo di una valle vera e propria, si affacciava quasi sulla conca leonessana.

Né Suter né Lippi Boncambi fanno cenno del circo che è alla testata di Valle Organo, sul versante settentrionale dei Sassetelli, il cui ghiacciaio era indipendente da quello di Valle della Meta, dato che la Valle Organo sbocca nella Vallonina inferiormente alla morena terminale del primo. Il circo di Valle Organo, che è riportato sulla Carta geologica, ma con un orientamento inesatto, cosicché sembra far parte del gruppo di Valle della Meta, è tra i più grandi e meglio conservati del Terminillo. La netta forma circoide è evidente anche all'esame della carta topografica. Le pareti sono tutt'intorno fasciate alla base da detriti che ricoprono anche una parte del fondo.

Complessivamente dunque si tratta di una decina di circhi, con prevalente orientamento nord-nord-est, in concordanza con quanto osservato su altre montagne dell'Appennino centrale. Il numero è cospicuo, specie se teniamo conto del fatto che essi si addensano in un'area relativamente ristretta; le dimensioni sono sempre molto piccole, ad eccezione di quello di Valle Capo Scura, che probabilmente è il risultato della fusione di più circhi.

Il gran numero di circhi in questo caso non è indice di un glacialismo molto sviluppato, ma, come hanno rilevato Sacco e Suter, è la conseguenza del frazionamento orografico del blocco centrale, che non offriva grandi bacini di raccolta; esso semmai sta a testimoniare una glaciazione poco intensa, durante la quale l'accumulo di ghiaccio non raggiunse tale potenza da ampliare e fondere tra loro piccoli circhi contigui. Anche le lingue glaciali di conseguenza furono di piccola entità e non poterono modellare profondamente le valli, cosicché attualmente sul Ter-

minillo le valli a truogolo sono limitate alle sezioni superiori del Fosso delle Rocchette e di Valle Organo.

I circhi si trovano tutti ad altezze superiori ai 1700 *m* (tra i 1800 e i 1900 quelli che danno sulla Valle della Meta, a 1700 quello di Valle Organo, a 1850 quello del M. di Cambio, a 1900 i due del Fosso delle Rocchette, a 1800 il circo alla testata di Valle Inferno, a 1700 il circo di Capo Scura). Tale quota è quella ormai generalmente accettata come limite pleistocenico delle nevi nell'Italia centrale; Gortani, Klebelsberg (24) e Suter concordano sulla quota media di 1700 *m*, con variazioni tra i 1600 e i 1800 a seconda dell'esposizione. Sacco invece faceva scendere questo limite un po' più in basso, sui 1600 *m*, in media, ma quest'opinione si considera ormai superata, insieme alle conclusioni cui erano giunti, sulla base di un'errata interpretazione di accumuli detritici di supposta origine glaciale, Crema, Franchi, Biéler-Chatelan (25), che avevano assegnato alla glaciazione quaternaria uno sviluppo molto più intenso, ponendo il limite medio delle nevi sui 1500 *m*.

Le morene terminali dei due ghiacciai principali giungono molto in basso: 1050 *m* per quello di Capo Scura e 1160 per quello di Vallonina. Bisogna però tener presenti due fatti, i quali chiariscono subito le ragioni di questo livello così basso: in primo luogo tali morene terminali si trovano ancora molto all'interno del massiccio montuoso, e secondariamente la forte pendenza dei versanti favorisce il trasporto dei materiali verso il fondovalle (26).

Le altre tracce del glacialismo, come dossi montonati, ciottoli striati, massi erratici, non possono essere considerate sicure: ciottoli con striature più o meno evidenti se ne trovano moltissimi,

(24) M. GORTANI, *Sui ghiacciai quaternari dell'Italia centrale*, in « Atti XI Congr. Geogr. It. », Napoli, 1930, vol. II, pp. 96-106; R. v. KLEBELSBERG, *Die eiszeitliche Vergletscherung der Apenninen*, in « Zeit. für Gletscherkunde », Berlino, 1932, pp. 52-65.

(25) C. CREMA, *Tracce di vaste glaciazioni antiche nei Monti della Duchessa (Abruzzo Aquilano)*, in « Rend. R. Acc. Lincei. Classe di Sc. fis. mat. e nat. », vol. 28, fasc. 5-6, Roma, 1919, pp. 235-240; ID., *Sull'espansione glaciale quaternaria nella conca del Fucino*, in « Boll. Soc. Geol. It. », Roma, 1919, pp. 141-143; S. FRANCHI, *Sviluppo relativo dei ghiacciai pliocenici nei Monti Simbruini e nell'adiacente Appennino Abruzzese*, in « Boll. R. Com. Geol. d'It. », Roma, 1919, pp. 229-258; T. BIELER-CHATELAN, *Gli antichi ghiacciai dei Monti Simbruini*, in « Boll. Soc. Geol. It. », Roma, 1928, pp. 33-45.

(26) Tutti i circhi e gli accumuli morenici qui ricordati sono riportati nella Carta geologica.

ma le strie, o « strusci », sono opera del carsismo nella maggior parte dei casi e non è possibile distinguere quelle dovute a trasporto glaciale. Individuare i massi erratici è altrettanto difficile, potendo essi essere stati portati in basso in seguito a frane, per trasporto delle acque correnti, o semplice rotolamento. Quanto ai dossi montonati sul fondo dei circhi e nelle sezioni superiori delle valli, se ne sono riscontrati in più punti; in questi casi bisogna però domandarsi quanto sia dovuto al modellamento glaciale e quanto spetti invece all'azione carsica. Evidentemente, dopo il ritiro dei ghiacci, le piccole contropendenze, le forme cave del terreno, gli accumuli morenici che ostacolavano il normale deflusso delle acque, stabilirono una topografia favorevole all'azione carsica. A questo fattore predisponente si aggiunse la nivazione, che accresce l'intensità del processo, sia con le basse temperature che, facendo aumentare il tenore di anidride carbonica nell'acqua di fusione, favoriscono l'attacco chimico del calcare (27), sia con il prolungato contatto delle acque con la roccia, in seguito al lento discioglimento della neve. Le acque di pioggia e di fusione erano, e sono tuttora, in gran parte assorbite dai permeabilissimi calcari, cosicché il ruscellamento era limitato, e di conseguenza risultavano attenuati l'azione erosiva dei torrenti (che però d'altra parte era favorita dalle forti pendenze) e il trasporto dei detriti da parte delle acque correnti; il rimodellamento della topografia e la ridistribuzione del materiale mobile, cioè, sono stati in buona parte ridotti dal potere assorbente del terreno.

In sostanza, l'azione carsica si è risolta nella conservazione del modellato glaciale, più che nella sua distruzione o mimetizzazione. Essa tende a conservare, approfondendole, le forme cave dei circhi e delle valli, si inserisce nella montonatura, scavando talvolta piccole doline tra un dosso e l'altro, modifica, senza distruggerla, la topografia accidentata dei depositi morenici, con i suoi monticoli irregolari e le cavità fraposte.

Studiare il carsismo delle regioni già sottoposte a glaciazione significa porsi il problema dei rapporti e dell'eredità delle forme carsiche da quelle glaciali. Il più bell'esempio che il Terminillo offre

(27) In proposito cfr.: J. CORBEL, *Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison*. Liège, Inst. des Etudes Rhodaniennes de l'Univ. de Lyon, 1957; F. TROMBE, *Traité de spéléologie*. Parigi, Payot, 1952.

in proposito è quello del circo di Valle Capo Scura. Le alture che abbracciano il circo vanno dai 2016 *m* del M. Elefante, ai 1954 del Brecciaro e ai 1975 presso la Sella di Leonessa; i versanti, orlati di brecciai, sono ripidissimi, cosicché si scende subito sul fondo (sulla carta topografica indicato col nome di Pian di Scura), che è sui 1500 *m*. A circa metà pendio sporge un gradino (già notato da Lippi Boncambi, il quale però non tenta nessuna spiegazione della sua natura) che corre tutt'intorno al circo, con qualche interruzione, all'altezza di circa 1700 *m*. Il breve ripiano erboso raggiunge circa gli 80 *m* di larghezza in alcuni punti, ma per lo più è molto stretto e in certi tratti scompare del tutto. Il carsismo vi ha scavato delle piccole doline, irregolari e piuttosto confuse, che rendono la superficie come ondulata; la loro presenza ostacola l'erosione torrentizia, in quanto esse assorbono le acque che ruscellano dal pendio sovrastante, e in definitiva ha l'effetto di conservare il gradino stesso. Ora tale gradino è molto probabilmente tutto ciò che resta del fondo dell'antico circo; il Pian di Scura infatti si trova troppo in basso per essere stato il fondo originario del circo, essendo a ben 200 *m* al disotto del limite pleistocenico delle nevi (1700 *m*), mentre il gradino è a 1700 *m*, dunque ad un'altezza sufficiente, specie se si tiene conto del fatto che il circo ha esposizione nord. L'antico fondo del circo sarebbe stato sventrato dall'erosione regressiva del torrente Scura, mentre i suoi lembi residui rimanevano sospesi a una notevole altezza sul fondovalle.

Analogamente il carsismo ha contribuito alla conservazione dei dossi montonati sul fondo dei circhi della Valle Organo e del Fosso delle Rocchette (questi ultimi descritti da Lippi Boncambi).

Anche gli accumuli morenici hanno creato condizioni topografiche adatte al carsismo. Il ghiacciaio il cui nevato era ospitato dal circo della Sella di Leonessa, a 1900-1950 *m*, inviava una lingua anche sul versante meridionale (28), alla quale si deve la morena in località Prato Comune, a circa 1670 *m*; tale morena sbarra il normale deflusso delle acque verso valle, che vengono invece assorbite dal terreno a monte della morena, dove si è formata un'ampia conca triangolare, coperta da un prato verdissimo. Anche in

(28) K. SUTER, *Die eiszeitliche Vergletscherung* ecc., cit.

questo caso, la cavità carsica ostacola l'erosione torrentizia, e indirettamente protegge l'accumulo morenico.

Sulla Sella di Leonessa si può vedere un esempio di forme carsiche impiantate su terreno morenico. Sul fondo dell'antico circo, ora slabbrato e semidistrutto, si trova la coltre morenica più estesa del Terminillo, dopo quella di Vallonina; il deposito comincia vicino alla strada e arriva fin sotto la cima maggiore del Terminillo, dove sparisce sotto la coltre di detriti che lascia alla base lo spuntone terminale della montagna. Tutta l'area ricoperta dal morenico, posta leggermente in pendio, è costellata di doline vicinissime le une alle altre che si susseguono dalla strada fin sotto i brecciai, alternate ad irregolari monticoli. Le doline, una quarantina, sono di piccole dimensioni, in genere con 10-15 m di diametro (ma qualcuna arriva anche ai 40 m), e profonde in media uno o due metri (solo quattro o cinque superano i 4 m); predominano le forme *a ciotola* e *a piatto*, ma qualcuna delle più profonde è *a imbuto*. Dimensioni, forma e allineamento sono in relazione diretta con il pendio del terreno; in quasi tutte le doline il perimetro è ovale e il diametro più lungo è orientato secondo il pendio; la stessa disposizione presentano quelle allineate, in cui il margine si abbassa in corrispondenza della dolina precedente e di quella successiva. Non infrequente è l'allineamento « a cascata », in cui una dolina più piccola e poco profonda si apre su una dolina più grande e più profonda. I sistemi di doline sono orientati tutti verso N, cioè verso la Valle della Meta, tranne un gruppetto di cinque o sei, un po' discosto dalle altre, situato proprio sullo spartiacque, che appare orientato in direzione del versante meridionale. Per le dimensioni si nota poi un particolare significativo: le doline più piccole sono quelle alla periferia, disposte secondo il pendio del terreno, mentre le più grandi, nello stesso tempo le più irregolari, si trovano subito sotto il brecciaio e sono allungate trasversalmente al pendio. La roccia in posto non appare in nessun punto e le cavità, il cui fondo è disseminato di grandi massi precipitati dall'alto, si aprono direttamente nei detriti. Evidentemente queste cavità d'assorbimento sono più ampie ai piedi dei ghiaioni, perché in questo punto il terreno riceve maggior quantità d'acqua, sia di pioggia che di fusione, in quanto vi si raccoglie anche quella che ruscella giù dalle cime.

Poco più a valle di questo campo dolinato si vede ancora una piccola dolina *a imbuto*, isolata, di 8 m di diametro e 3 m di profondità. La costruzione della strada ha disgraziatamente alterato la superficie naturale, specialmente a valle dell'area morenica; tuttavia un'altra zona d'assorbimento, non più su morenico ma sulla roccia in posto, si può vedere sotto il secondo tornante della strada, scendendo nella Valle della Meta.

Geneticamente queste doline sono senz'altro da ricondursi al tipo *alluvionale*, di erosione subdetritica, distinto dallo Cvijić, dal Gortani e da altri, formatesi per il lento adattarsi della coltre superficiale detritica alle cavità scavate dal carsismo nella roccia in posto sottostante. Di questi campi dolinati su morenico si hanno altri esempi negli Appennini, come quelli rilevati da Lippi Boncambi sui Monti Sibillini, da Ortolani e Moretti sul Gran Sasso (località Le Coppe, ricordata anche da Sacco) (29).

Anche in questo caso il carsismo ha come risultato la conservazione del terreno morenico, dato che la presenza delle cavità d'assorbimento riduce di molto, anzi per un certo tratto annulla, il deflusso superficiale e la concomitante erosione e dispersione del materiale.

L'acqua di ruscellamento che proviene dal terreno sovrastante costituisce un fattore determinante anche per il campo dolinato che si trova sul Colle delle Pozze (notare il toponimo), sui 1800-1825 m, su un ripiano esposto ad est, un centinaio di metri sotto la cima della montagna, al quale scendono le acque del tratto di versante che lo sovrasta. Le doline, di piccole dimensioni, molto ravvicinate, sono separate da monticoli tondeggianti e, causa la vicinanza reciproca, il margine di ciascuna si abbassa in corrispondenza delle doline contigue. Le cavità più grandi si trovano più nell'interno, subito sotto la cima della montagna e sono orientate in senso perpendicolare al pendio, come avviene al campo dolinato della Sella, mentre le più piccole sono più verso valle e sono disposte secondo la pendenza del terreno. Anche in questo caso la distribuzione delle cavità e la diversa direzione di sviluppo stanno ad indicare che l'assorbimento delle acque che

(29) F. SACCO, *Gli Abruzzi ecc., cit.*

scendono dal pendio sovrastante ha avuto un'importanza notevole per la formazione delle cavità stesse.

Allo stesso modo si spiega la grande dolina isolata della località Pozza dei Cavalli, poco lontana da questo campo dolinato, situata a quota 1800 sotto la cima di M. di Cambio; in questa dolina, che ha un diametro di 70-80 *m* e una profondità di 8-10 *m*, tagliata a mezzaluna, si raccolgono le acque di un tratto di versante di 150-200 *m* di altezza, fin dalla cima della montagna.

Sul Colle delle Pozze vi sono anche altre due doline isolate: una si trova a 1930 *m*, proprio sullo spartiacque, che in questo punto è pianeggiante, ed è di forma ovale, con il diametro massimo di circa 20 *m* e 1 *m* di profondità. L'altra si trova sui 1800 *m*, all'imbocco di Valle Maiolica, ed è circolare, con circa 8 *m* di diametro e 1 *m* di profondità.

La più grande forma carsica di tutto il gruppo del Terminillo è il bacino chiuso chiamato Prato Pecoraro, posto circa 200 *m* sotto la cima della montagna omonima, verso la piana di Leonessa; la depressione è formata da un piano (1626 *m*) circondato tutt'intorno da un margine la cui altezza oscilla tra i 1800 e i 1700 *m*, abbassandosi soltanto sul lato NO a soli 20 *m* sul livello del fondo del bacino. Il piano, ricoperto da un sottile velo eluviale da cui affiorano massi di calcare cariato, ha la forma di un'ellisse dal diametro maggiore di circa 400 *m*, disposto in senso NO-SE, secondo la direzione tettonica predominante, e quello minore di 180 *m*. Le acque che scendono dalle alture marginali vengono in parte assorbite subito dalla superficie del piano e in parte vengono avviate verso il lato orientale, dove un gruppo di sei o sette doline costituisce l'area specifica d'assorbimento; le doline, tutte allineate una di seguito all'altra lungo il margine, hanno dimensioni variabili dai 10 ai 30 *m* di diametro e profondità non superiore ai 2 *m*. Le più ampie e meno profonde, conformate *a piatto*, sono situate alla periferia della zona idrovora, mentre quelle più piccole, ma più profonde, fatte *a ciotola*, sono al centro. Il profilo in qualcuna è asimmetrico e il margine si abbassa in corrispondenza dei lati in comune, segni questi che indicano chiaramente che l'intero sistema si avvia a trasformarsi in fosso collettore munito di inghiottitoio.

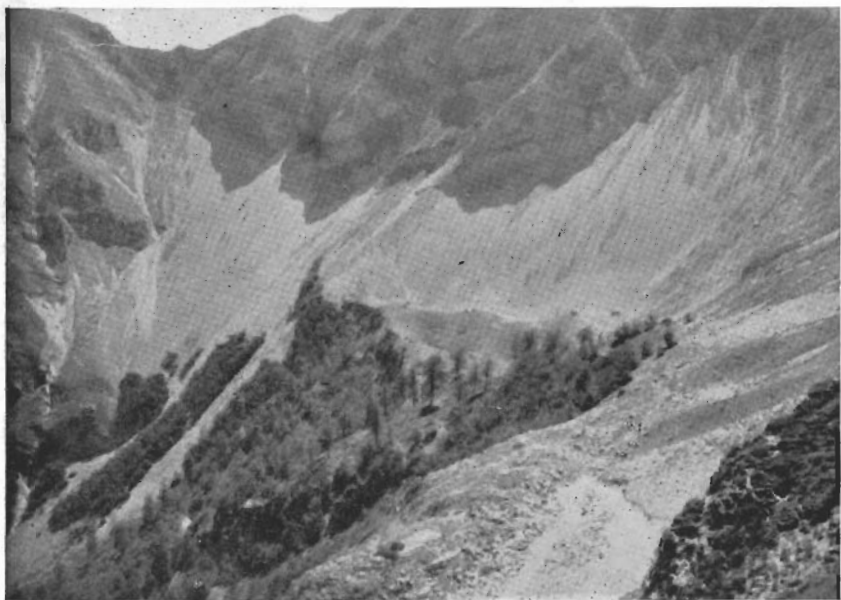
Subito a N di Prato Pecoraro, oltre la soglia del bacino, che

qui si abbassa a soli 20 m sul livello del fondo, si stende un'altra depressione carsica, posta pressappoco alla stessa altezza; le due cavità sono ancora indipendenti, ma già la soglia che le separa presenta delle incisioni destinate a stabilire una comunicazione tra le due parti. Questa depressione è molto più piccola ed ha al centro una sola grande dolina circolare, di 40 m di diametro e di 4-5 m di profondità. Il manto eluviale è ridotto al minimo e il calcare cariato affiora in più punti.

Le dimensioni del Prato Pecoraro sono quelle di un'*uvale* ed anche geneticamente la cavità deve probabilmente ricondursi a questa categoria, in quanto derivata dalla fusione e dall'allargamento di più cavità minori, come fa pensare anche l'attuale processo di cattura della depressione contigua. Non esistono tracce di un preesistente reticolo idrografico reso inattivo dal carsismo, e il primitivo sistema di doline deve essersi impiantato semplicemente su un terreno pianeggiante o a leggero pendio, sviluppandosi in seguito secondo la direzione tettonica prevalente; la nivazione, data l'altezza, deve essere stata un fattore di primaria importanza. Il processo carsico vi è ancora fortemente attivo, come dimostrano il procedere dell'erosione sia in senso verticale (doline dell'area idrovora) che in senso orizzontale (cattura del bacino contiguo) e il sottile spessore della coltre eluviale.

Nelle aree poste al di sopra dei limiti della vegetazione arborea, non solo le forme carsiche, ma tutto il paesaggio mostra evidenti gli effetti del clima. La gelivazione, favorita dallo stato di fratturazione dei calcari liassici, è responsabile del continuo disgregarsi della roccia, che alimenta i brecciai che lasciano le cime e le pareti e copre di sfasciume il fondo dei circhi. Per effetto della gelivazione, e non del carsismo, le tracce glaciali vengono lentamente obliterate: le pareti dei circhi si autodistruggono e vengono cancellate le eventuali liscature o striature di origine glaciale, mentre i detriti colmano le conche, sovrapponendosi ai depositi morenici. Gli effetti del clima si riscontrano anche nella presenza di *suoli a strutture da nivazione* del genere descritto da A. G. Segre e da G. Nangeroni (30), di cui si può vedere qualche esempio nel gruppo

(30) A. G. SEGRE, *Suoli a strutture da nivazione nell'Appennino Centrale*, in « L'Universo », Firenze, 1947, pp. 805-814; G. NANGERONI, *I fenomeni di morfologia periglaciale in Italia*, in « Riv. Geogr. It. », Firenze, 1952, pp. 1-15.



UN TRATTO DEL GRADINO DEL CIRCO DI VALLE CAPO SCURA.

(fot. M. L. Gentileschi)

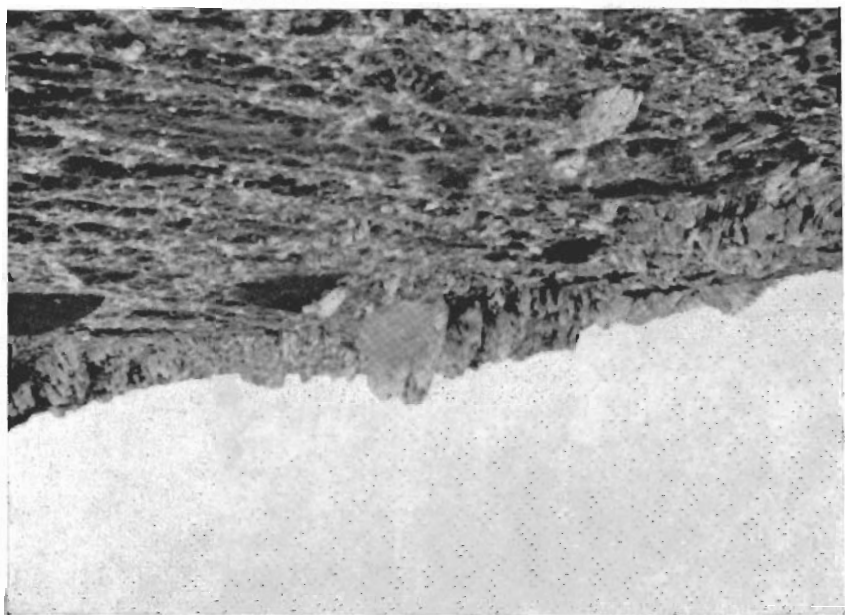


CAVITA' DOLINIFORMI SU GRADINO ROCCIOSO NEL CIRCO
DI VALLE CAPO SCURA.

(fot. M. L. Gentileschi)

(fot. M. L. Gentileschi)

CAMPO SOLCATO PRESSO VALLE MAIOLICA.



(fot. M. L. Gentileschi)

UNA DELLE GROTTE DI FONTE NUOVA.



del Terminillo e sui monti Tilia e Corno. Il tipo di suolo periglaciale più diffuso è quello detto « a strisce parallele » o « a festoni », che si rinviene ad una certa altezza (1800 *m* ed oltre) sui pendii coperti da terriccio e da materiale detritico e sui brecciai. Questo tipo di suolo consiste nella disposizione del materiale detritico in tanti piccoli allineamenti paralleli, diretti perpendicolarmente all'inclinazione del pendio, che formano una minuta gradinatura, messa in evidenza dall'orlo erboso, là dove il terreno è inerbato; ma anche dove il pietrisco non è inerbato, sui brecciai, si può osservare, in condizioni di luce adatta, una disposizione del materiale analoga, sebbene molto più irregolare e instabile, tanto che sembra che la superficie della petraia sia stata percorsa da un rastrello.

Alla gelivazione, collaborante col carsismo, è da attribuirsi la formazione di due grotticelle in località Fonte Nuova, sul versante NO del M. Porcini. Queste grotticelle, che sono piuttosto dei nicchioni, si aprono, a 1500 *m* di altezza, su una parete che corrisponde ad un rigetto di faglia (cfr. la Carta geologica). La roccia è fortemente tettonizzata e l'intensa fratturazione offre facili vie all'infiltrazione delle acque, che, sia per mezzo dell'attacco chimico del calcare, sia per la disgregazione meccanica conseguente all'alternarsi del gelo e del disgelo, allargano le fessure della roccia, ampliando sempre più le cavità e provocando ingenti accumuli di detriti all'ingresso e all'esterno. Le due cavità si trovano una sopra l'altra, a poche decine di metri di dislivello: l'inferiore ha l'ingresso pressappoco rettangolare, alto 4 *m* e largo 5, e termina a cuneo dopo una decina di metri. Dalle dimensioni si direbbe che prevalga lo sviluppo in senso orizzontale, ma in realtà la grotta, tipicamente diaclasica, si sviluppa secondo la verticale e soltanto i detriti accumulati sulla soglia simulano un'altezza inferiore a quella effettiva. Vi è qualche traccia di umidità nel fondo, ma mancano completamente concrezioni calcaree. A qualche metro di distanza, alla sinistra di chi guarda, si vede un'altra apertura, un nicchione verticale, alto circa 4 *m*. L'altra grotta, anch'essa cuneiforme, si apre sulla stessa parete, più in alto, in un punto in cui il calcare appare minutamente frantumato: l'apertura, larga 2 *m* e alta circa 4, si approfondisce per 7-8 *m*. Anche questa ha il suolo in pendenza verso l'esterno e abbondante accumulo di detrito sulla soglia.

Queste due cavità presentano tutte le caratteristiche del tipo

diacласico; inoltre l'altitudine alla quale si trovano e la loro conformazione denotano che il fattore climatico è stato determinante nella loro formazione e quindi ritengo che siano da ascrivere alla categoria delle *cavità per disfaccimento climatico* (31).

Ho anche avuto notizia dell'esistenza di una grotta sul M. Catabio, sempre nel gruppo del Terminillo, che si aprirebbe su una ripida parete, anche in questo caso corrispondente ad una faglia, a circa 1600 *m*. Data la posizione difficile non ho potuto visitarla, ma, stando alle descrizioni avute, si tratterebbe di un nicchione profondo una quindicina di metri, conformato a cuneo. Tenendo conto anche dell'altitudine e della presenza di una faglia, è probabile che si tratti di una cavità del tipo di quelle di Fonte Nuova.

La Pozza Ceca e la Pozza Grifona sono due doline isolate, che si aprono nei calcari compatti del Cretaceo inferiore del M. Macchialaveta, sul versante sinistro della Vallonina, situate ciascuna su un breve ripiano che interrompe il pendio della montagna. La Pozza Ceca è posta superiormente, a 1553 *m*, e riceve le acque di un fosso che scende dalla cima della montagna; la forma è circolare, con un diametro di circa 30 *m*, e il margine, che verso monte è di circa 10 *m* più alto del fondo della dolina, si abbassa, verso valle, fin quasi al livello del fondo. La Pozza Grifona, che si trova più in basso (*m* 1390), al centro di un modesto avvallamento, è una dolina *a calice*, profonda 6 *m*, a contorno ellittico, con il diametro maggiore, disposto nel senso del pendio, di *m* 17, e il minore di *m* 11. Oltre alla forma, anche la differente acclività delle pareti, più leggera nel senso del diametro maggiore, più accentuata nel senso di quello minore, denuncia che l'erosione procede più rapidamente nel senso del pendio, cosicché la dolina si avvia a perdere il carattere di cavità e a trasformarsi in fosso.

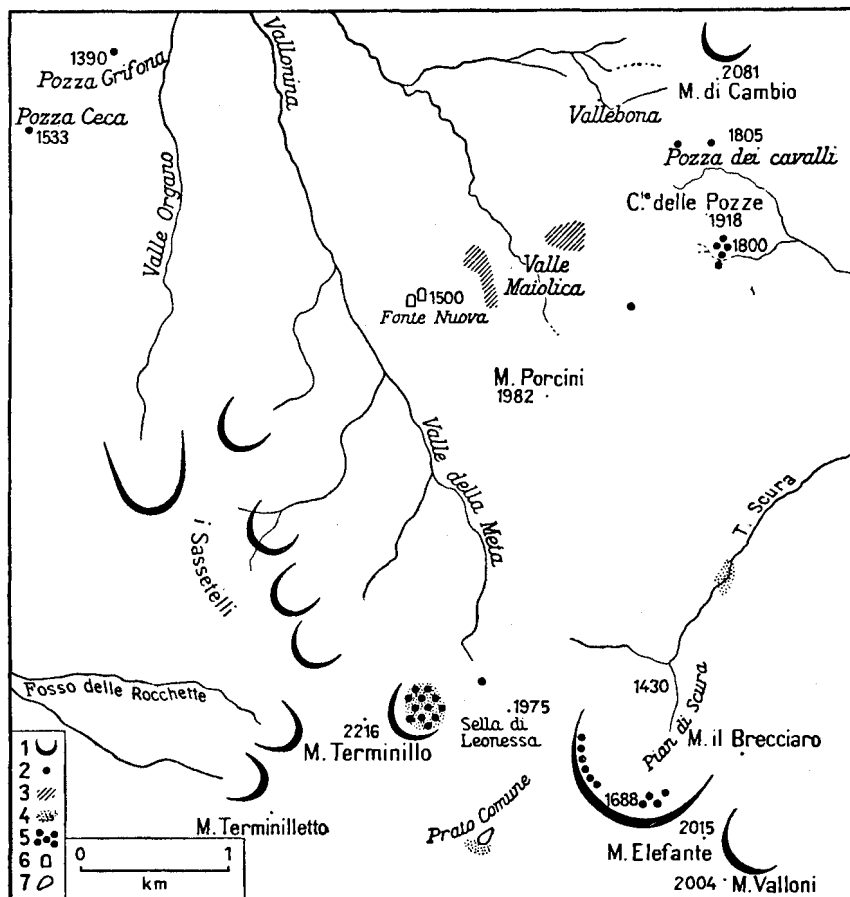
Oltre il limite della vegetazione arborea, sui 1700-1800 *m*, si rinvencono anche esempi di campi solcati; per quanto riguarda la posizione topografica, predomina il pendio (M. Costa Acera, Colle Pecoraro, ecc.), ma se ne vedono anche sulla cima del M. Sferracavalli, del Colle Pecoraro e altrove. Più che di solchi veri e propri si dovrebbe parlare di spuntoni irregolari, sparsi disordinatamente, che qualche volta arrivano all'altezza di 50 *cm* e anche di 1 *m*.

(31) Per la classificazione cfr. A. G. SEGRE, *I fenomeni carsici ecc.*, cit., p. 151.

Peraltro l'azione degli agenti meteorici frantuma rapidamente la roccia esposta e cosparge il suolo di schegge e frammenti. I campi solcati più marcati si trovano sulla costa dell'Acquasanta, sui Sassetelli e sul M. Porcini, non lontano dalla sorgente di Maiolica; presso la Sella di Leonessa, sullo sperone roccioso che divide questo circo da quelli che seguono a NO, si vede, per un breve tratto, un tipo di *lapiez* particolare, senza spuntoni, formato solo da fessure che si incrociano ortogonalmente.

Tutti i fenomeni descritti, ad eccezione della Pozza Ceca e della Pozza Grifona, si trovano ad altezze non inferiori ai 1600 m, ma non superiori ai 1900-1950. La ragione di tale distribuzione altimetrica è innanzi tutto nella topografia della montagna: tra queste due quote il rilievo offre le condizioni più adatte all'inse-diamento del carso, come ripiani, spartiacque arrotondati, qualche forma concava delle alte valli, mentre più in alto succedono pareti e cime aguzze e più in basso i ripidi versanti delle valli. Del resto, anche tra i 1600 e i 1900 m la superficie adatta al carso non è molto estesa, ed è soprattutto per ragioni topografiche che attualmente il modellamento carsico del Terminillo rimane limitato al dettaglio, senza arrivare a creare un « paesaggio carsico ».

Ad una certa altezza, superati i 1500-1600 m, il clima diventa fattore di primaria importanza nel processo carsico. Sul Terminillo il periodo di caduta delle nevi va in genere dalla prima metà di novembre alla fine di aprile, ma ampie placche di neve si conservano nei punti meno esposti fino a maggio o giugno, fondendo lentamente; ad eccezione delle annate più secche, qualche po' di neve permane anche tutto l'anno nei canali o nei circhi esposti a nord. L'unico pluviometro del Terminillo si trova sul versante meridionale, a Pian de' Valli (m 1625): già qui la neve raggiunge anche un metro, un metro e mezzo di spessore. Sul versante di Leonessa, esposto a nord, ovviamente lo spessore del manto nevoso è superiore, anche se non si può dire di quanto, mancando stazioni di osservazione, e la permanenza sul suolo più lunga. Si è visto come le forme carsiche siano tutte localizzate in avvallamenti, o su superfici pianeggianti, o a ridosso di una parete, cosicché la quantità di neve che vi si accumula, sospinta dal vento, è maggiore, e la conservazione è protratta per la posizione più riparata. La neve in tal modo assicura l'imbibimento costante e prolungato del ter-



IL VERSANTE SETTENTRIONALE DEL TERMINILLO.

1, circo glaciale; 2, dolina isolata; 3, campo solcato; 4, deposito morenico; 5, campo dollinato; 6, grotta; 7, conca d'assorbimento.

reno e contemporaneamente mantiene bassa la temperatura, aumentando il potere solvente dell'acqua di fusione.

Concludendo, il Terminillo ha una sua fisionomia carsica, che giustifica la distinzione dalle altre aree carsiche del leonessano, fisionomia determinata da due caratteristiche: l'essersi il carso attuale impiantato su terreni modellati dal glacialismo, con tutte le conseguenze che ne sono derivate per la localizzazione delle forme

carsiche e per i loro rapporti con le forme glaciali preesistenti, e in secondo luogo il fattore climatico, che ha creato un « carso d'alta montagna ».

Dall'osservazione delle tracce glaciali e del carso attuale è possibile anche farsi un'opinione su quello che può essere stato il modellamento carsico precedente alla glaciazione quaternaria, cioè sulla parte avuta dal carsismo nella preparazione dei bacini di raccolta delle nevi. La caratteristica del glacialismo di questo gruppo sono i circhi numerosi, ma molto piccoli; la superficie topografica evidentemente non offriva bacini di raccolta di una certa estensione, né ampie conche carsiche, altrimenti i circhi sarebbero risultati meno numerosi e più grandi. Quindi l'importanza del carsismo come preparatore del glacialismo fu certo assai ridotta; tuttavia è possibile che forme carsiche, anche grandi, abbiano potuto favorire l'accumularsi della neve e costituire l'embrione di un circo. Ad esempio, ad un'eventualità del genere si sarebbe prestata benissimo la dolina Pozza dei Cavalli, situata com'è su un piccolo ripiano, alla testata di una valle, e di dimensioni tali da raccogliere una buona quantità di neve.

5. — *I monti tra la piana di Leonessa e quella di Norcia.*

Tra la piana di Leonessa e quella di Norcia si interpone una zona di rilievi di altezza mediocre, limitata a O dal Corno, che corre in direzione meridiana, e a E dalla Pescia, appartenente al bacino idrografico del Sordo, che, seguendo la medesima direzione, scende dal M. Pizzuto verso la piana di Norcia, dove si perde. L'area compresa tra i due corsi d'acqua e le due conche è tutto un succedersi di montagnole, la cui altezza si aggira intorno ai 1000-1200 *m*, tranne che per il M. Alvagnano, alto 1665 *m*, e i monti Meraviglia e Pozzoni (da non confondere con il M. Pozzoni o Pizzuto, situato un po' più a E, da cui nasce il Velino) che non raggiungono i 1400 *m*. Rilievo dall'aspetto discontinuo, con un gran numero di colli e di piccoli ripiani che collegano una montagna all'altra, inciso da una fitta rete idrografica formata da una miriade di torrentelli affluenti dell'uno o dell'altro dei corsi d'acqua principali: conseguenza, questa, della tettonica complessa, anzi addirittura caotica, di questa zona.

Il paesaggio, specie verso E, è brullo: sui colli arrotondati si stendono pascoli poveri e sassosi e solo qualche tratto è coperto da una macchia rada. Le coltivazioni sono possibili solo sui ripiani dove si raccoglie un po' di terriccio. La regione è poco abitata, le vie di comunicazione scarse.

L'area è compresa quasi per intero nel F^o. 132, *Norcia*, della Carta Geologica d'Italia, rilevato sotto la direzione di F. Scarsella e pubblicato nel 1941. La sua tettonica è estremamente complicata, per l'intrecciarsi di pieghe-faglie dirette; siamo ancora vicinissimi alla grande piega-faglia dei Sibillini, al margine orientale dell'Appennino calcareo, alla quale vengono a raccordarsi le anticlinali umbre, che continuano ad essere rovesciate a levante e fagliate nella gamba di ponente, come intorno alla conca di Leonessa. L'anastomosi è complicata da sdoppiamenti, sovrascorrimenti, faglie dirette, che rendono arduo riconoscere l'andamento delle pieghe. In conseguenza di questi fatti tettonici, lembi di terreni antichi affiorano accanto a quelli più recenti, fasciati da estese aree di rocce milonitizzate; estrusioni di calcare del Lias inferiore tra i calcari cretacei costituiscono rilievi come M. Pozzoni (1351 m) e M. Sassetelli (1151 m) che chiude a E la conca di Cascia. Intorno a queste montagne, tra la conca di Cascia da una parte e quella di Norcia dall'altra, si stende la zona tettonicamente più tormentata.

In simili condizioni, è chiaro che il fattore tettonico è stato quello preponderante nell'evoluzione del paesaggio e che le forme carsiche sono intimamente legate all'ambiente tettonico. L'influenza morfologica delle faglie si estrinseca in due modi, determinando la direzione prevalente di sviluppo delle forme carsiche secondo le linee di faglia, e con la milonitizzazione delle rocce sottoposte agli sforzi orogenetici, che risultano di conseguenza molto più facilmente attaccabili e disgregabili. L'intensa fratturazione ha naturalmente accresciuto la carsificabilità dei calcari già litologicamente predisposti, e reso sensibili al carsismo anche calcari che solitamente lo sono in misura molto ridotta (32).

La forma carsica tipica di questa zona è il « piano » carsico, una depressione sempre molto modesta, che talvolta si presenta

(32) F. SCARSELLA, *Sulla geomorfologia ecc.*, cit.

come un semplice avvallamento non ben definibile. Avvallamenti di generico modellamento carsico sono il cosiddetto Laghetto e Piano Rencine. Il Laghetto è una piccola depressione, ora quasi del tutto livellata dalla coltre detritica, situata a mezza costa, tra il M. Iarvanello e il M. Capitunno, a 1229 *m*, lunga all'incirca 300 *m* e larga 200-250; il fondo è coltivato e non vi ristagnano acque. Il toponimo probabilmente deriva dall'usanza su queste montagne di scavare nel terreno delle conche per la raccolta dell'acqua piovana, che servono per abbeverare il bestiame e vengono chiamate « pozze » o « laghetti ». La formazione interessata in questo caso è il calcare del Cretaceo inferiore. Il Piano Rencine si trova vicino al M. Alvagnano, a 1127 *m*, sempre nel calcare del Cretaceo inferiore, a contatto con un affioramento del Lias inferiore, e, come il precedente, è colmato dalle alluvioni ed ha scolo superficiale.

Proseguendo sulla strada che da Cittareale conduce a Norcia, oltrepassata la Forca della Civita, si entra nel distretto più specificamente carsico, costituito dal M. Pozzoni e dai ripiani che lasciano il suo versante orientale; il M. Pozzoni (1351 *m*) è un blocco di calcare del Lias inferiore, il calcare carsico per eccellenza in questa regione, che emerge tra i terreni giurassici e cretacei, limitato a S e a E da una faglia inversa. L'aspetto della montagna è un po' insolito, dato il tipo di calcare: le cime sono arrotondate, con lapiez scarso e poco pronunciato, senza asperità, i pendii sono leggeri ed erbosi, dalle curve dolci. Nella regione di sommità, tra la cima più alta e quella, di poco inferiore, di M. Valle Migara, si aprono due grandi doline contigue, circondate da prati leggermente digradanti e da una soglia poco elevata che corre tutt'intorno, qua e là abbassata dall'erosione dei torrenti. Le due doline che, sebbene siano separate da una bassa insellatura, costituiscono un'unica area d'assorbimento, non sono esattamente allo stesso livello: quella più in basso (1280 *m*) è una dolina *a piatto*, esattamente circolare e simmetrica, con un diametro di circa 120 *m* e una profondità di circa 8 *m*, tutta coperta d'erba e priva di rocce affioranti. L'altra, posta un po' più a S, a 1287 *m* d'altezza, è un poco più complessa poiché ad essa mette capo una vallecola appena accennata, lunga un centinaio di metri; la dolina è circolare, *a piatto*, di 130 *m* di diametro e 4-5 di profondità; anch'essa ha il fondo

uniforme ed erboso. L'orientamento dell'insieme è, al solito, NO-SE.

Questo mi sembra un chiaro esempio del tipo di *cavità carsica di sommità* distinto dal Rovereto (33): nella porzione sommitale della montagna, dove la convessità del rilievo dovrebbe raggiungere la massima altezza, troviamo invece una o più cavità, che talvolta possono ricordare il cratere di un vulcano. La spiegazione del fenomeno è probabilmente nel fatto che la cima della montagna è più esposta all'azione degli agenti atmosferici (infatti il lapiez di punta è molto comune sulle montagne calcaree), che approfondiscono rapidamente i solchi carsici, aumentando l'assorbimento da parte del terreno delle acque (specie di quelle che derivano dalla fusione delle nevi) e quindi la velocità del processo, portando via via alla sostituzione di una forma concava ad una convessa. Si tratta certamente di un fenomeno attuale, che continua tuttora, favorito dalle condizioni climatiche che si verificano ad una certa altezza.

Da notare il toponimo « Pozzoni », riferito alle due doline; pozza, pozzone, laghetto, come s'è già visto per il M. Terminillo, sono i termini ricorrenti per indicare cavità per lo più carsiche.

Scendendo sul versante del M. Pozzoni che dà sulla valle della Pescia si incontrano quattro piccoli ripiani di origine carsica, situati lungo la fascia di passaggio dal calcare liassico alle formazioni giurassiche e cretacee, uno di seguito all'altro. Tutt'e quattro i ripiani sono allungati secondo la consueta direzione NO-SE, ma non si trovano alla stessa altezza; rispetto alla strada Cittareale-Norcia, i due piani più piccoli si trovano più in alto, e quindi non visibili dalla strada stessa, mentre i due più grandi sono subito sotto la strada. Tutti hanno il fondo coperto e livellato da una coltre alluvionale e l'erosione normale ha riguadagnato le conche, abbassando le soglie, cosicchè attualmente il drenaggio è in gran parte superficiale; le conche più piccole e più elevate sono collegate da fossetti a quelle più grandi, dalle quali due piccoli torrenti scendono verso la Pescia. Colpisce l'attenzione il fatto che le vie seguite dall'erosione normale sono esattamente trasversali alla direzione delle vallecule carsiche, e quindi i torrenti risultano orientati

(33) G. ROVERETO, *Forme della Terra. Trattato di geologia ecc.*, cit.

in senso SO-NE, cosa che si giustifica in quanto questa è la via più breve per raggiungere il corso d'acqua principale.

Andando da S a N, si incontra per prima la piccola Valle Migara, a 1240 *m*, la più elevata di tutte, lunga 300 *m* e larga una cinquantina. Il suo piano è coltivato, mentre la montagna intorno è spoglia, arida e sassosa. Sui dossi arrotondati e incisi da un leggero lapiez che limitano l'avvallamento verso E, si apre una piccola dolina di forma ovale, allungata nello stesso senso della Valle Migara, lunga 12 *m* e larga 5. La profondità, al centro, è di *m* 1,80. Le pareti per un certo tratto sono formate da roccia nuda e sul fondo si accatastano alcuni massi che non possono essere di provenienza esterna, essendo il terreno intorno pianeggiante. Dall'aspetto si direbbe quindi una cavità di crollo, una delle poche quasi sicuramente tali in questa regione, in cui le tracce dell'avvenuto sprofondamento non sono ancora state obliterate.

Le acque della Valle Migara scendono mediante un fossatello nella sottostante Valle Le Vicende (quota *m* 1160), che si allunga per 700-800 *m* sempre nella solita direzione, ed è larga 200-250 *m*. Anche qui il fondo è nascosto sotto il mantello alluvionale e le acque hanno ormai uno scolo superficiale, verso la Pescia da una parte e verso il Piano della Madonna della Neve dall'altra. Il fianco stesso della montagna limita l'avvallamento a O, mentre a E si allunga un dosso tipicamente arrotondato e smussato, dall'aspetto brullo e arido, che prosegue verso N con altri due rilievi analoghi, ad uno dei quali è addossato il villaggio di Castel S. Maria, i quali ricordano molto gli hum a « dorso di cetaceo ». Su questo dosso troviamo anche una piccola dolina (*m* 1180 circa) di forma ovale, col diametro maggiore, orientato secondo il pendio, di 23 *m*, e quello minore di 13 *m*. Il profilo è asimmetrico, trovandosi la massima profondità (*m* 2,50) non al centro, ma spostata verso valle, cosa che, insieme con l'orientamento del diametro maggiore, porta a classificare la dolina tra quelle di pendio.

Dalla Valle delle Vicende si scende nel più esteso e meglio conservato dei quattro piani, il Piano della Madonna della Neve, allineato nella stessa direzione della precedente e situato circa 100 *m* più in basso; il suo fondo alluvionale ha la forma di un'ellisse, lunga circa 2 *km* e larga 300-400 *m*. Il fianco stesso di M. Pozzoni chiude la conca su uno dei lati più lunghi, mentre dall'altro

lato sono allineati due rilievi, il M. Caefischi e il colle di Castel S. Maria, tra i quali la soglia del bacino è di appena qualche metro più alta del fondo della depressione; da qui ha inizio il torrentello che raggiunge la Pescia e che finirà per riconquistare il piano al deflusso superficiale. Il punto più depresso del bacino è alla sua estremità N, dove anche la freschezza del foraggio dei campi è un indice del permanere di una certa umidità pure durante la siccità estiva.

Infine, a monte del Piano della Madonna della Neve, si trova l'ultimo di questi ripiani, la Vallelunga, incavata in parte nei terreni del Cretaceo inferiore, il calcare del tipo maiolica, e in parte in quelli del Giura; lunga circa 350 m, piuttosto stretta, ha, al solito, il fondo colmato dalle alluvioni che hanno raggiunto il livello della soglia. Un fossatello, appena accennato, scende verso il sottostante piano.

Proseguendo verso Norcia, prima di entrare in pianura, si incontrano due conche di modello carsico: la prima è il Campofermo, a 904 m d'altezza, al limite tra un affioramento di calcare liassico e la scaglia rossa cretacea, depressione di forma circolare, con forse 300 m di diametro, dal fondo pianeggiante e coltivato. Più in basso, a quota 835, all'ingresso della piana, si trova il cosiddetto « lago » di Savelli, che non è altro che una grande dolina *a piatto*, livellata dalle alluvioni; ha circa 300 m di diametro ed è tutta coltivata, tranne una piccola area al centro. Due colli bassi, allungati, tipici hum a « dosso di cetaceo », separano la dolina dalla Piana di S. Scolastica.

Un ultimo esempio di questo genere di cavità dal fondo alluvionato, *a piatto*, è quella indicata sulla carta topografica col nome di Concone, situata presso il villaggio di Ocosce, poco discosto dalla strada che da Leonessa conduce a Cascia.

Un carattere comune a tutte le conche carsiche di una certa estensione di quest'area è l'avere il fondo costantemente ricoperto da una coltre detritica, posta in risalto anche dal fatto di essere sempre utilizzata per coltivazioni, mentre la montagna intorno è brulla e inospitale. Attualmente l'erosione, più che ad approfondire, tende ad allargare i bacini, smussando e distruggendo i rilievi che formano i contorni, mediante l'opera sia delle acque scorrenti in superficie, sia di quelle assorbite (si ricordino in proposito

le doline che intaccano i rilievi intorno a Valle Migara e a Valle Le Vicende). I torrenti vanno riconquistando i bacini al drenaggio superficiale e cancellando l'impronta, modesta peraltro, limitata com'è a forme di dettaglio, che il carsismo ha dato al paesaggio.

Va sottolineato inoltre il costante orientamento NO-SE delle cavità, sovente in contrasto con quello dell'idrografia superficiale, insieme con la localizzazione delle principali forme in prossimità delle linee di faglia. Ricordiamo quanto ha scritto F. Scarsella a proposito della fisionomia carsica di questa parte dell'Appennino: « Il paesaggio carsico è legato alla natura della roccia specie per le forme piccole, ma è legato alla struttura tettonica specie per la distribuzione e l'orientamento delle forme grandi ».

Alcune di queste conche sono semplicemente dei bacini di generico modellamento carsico, dai contorni più o meno vaghi; altre sono delle grandi doline *a piatto*, come il Campofermo e il « lago » di Savelli. I piani intorno al M. Pozzoni rientrano invece nella categoria delle uvala: in queste aree di maggior richiamo deve essersi impiantata una serie di doline, le quali, in seguito all'estendersi del processo, si sono fuse originando cavità maggiori. Con la graduale diminuzione dell'intensità dell'erosione carsica e il colmamento ad opera dei residui della dissoluzione e delle alluvioni, le cavità sono divenute intercomunicanti, formando un sistema di piani collegati tutti insieme al bacino più grande e situato più in basso, caso non infrequente tra i piani carsici dell'Appennino.

Per i due piani più bassi di Le Vicende e della Madonna della Neve, posti uno di seguito all'altro e largamente comunicanti, si potrebbe anche supporre che un tronco vallivo sovraescavato dal carsismo sia all'origine del complesso, e che quindi possa trattarsi di un piccolo polje, e non di semplici uvala: i due piani insieme raggiungono i 2,5 km di lunghezza, con un rapporto lunghezza-larghezza di 8:1. Alcuni particolari della morfologia potrebbero essere chiamati a sostegno di questa ipotesi: il punto più depresso del sistema è all'estremità N, proprio quella che sarebbe venuta a trovarsi più in basso in una valle normale, dato che la direzione dei corsi d'acqua di una certa importanza in questa zona è da S a N (Pescia, Corno). Inoltre in questa parte terminale il margine del piano si abbassa da 130-150 m a soli 30 m di altezza relativa, formando un'incisione che potrebbe anche stare ad indi-

care l'antico proseguimento della paleovalle dopo il tratto sovraescavato dall'erosione carsica (34).

6. — *I monti Le Ferrare e il Salto del Cieco.*

Siamo sui rilievi che chiudono a O l'altopiano leonessano, sui quali passa lo spartiacque tra il bacino del Corno e quello del Nera: montagne non molto elevate (1500-1600 *m*), allineate pressappoco in direzione meridiana e accompagnate da numerose montagnole minori che raggiungono appena i 1000-1100 *m*.

Tra il M. La Pelosa e il M. Carpellone si interpone una zona di rilievi poco elevati (1100-1200 *m*), che è tutto un succedersi disordinato di piccoli dossi e brevi vallette, chiamata Le Ferrare. In questo tratto lo spartiacque Nera-Corno passa su un'anticlinale, diretta N-S, che va da Montenero Sabino fino al M. Catria e si presenta qui come una piega-faglia, rovesciata a levante; nella parte più elevata della piega affiora un'ampia placca di calcari del Lias inferiore che costituisce i monti delle Ferrare, il M. Carpellone e il versante S del M. Aspra. Ad oriente si verifica un sovrascorrimento di terreni più antichi su terreni più recenti: i calcari liassici sono sovrapposti direttamente alla scaglia rossa cretacea e anche alla scaglia cinerea eocenica.

Il terreno interessato al carsismo è il calcare del Lias inferiore, delle cui caratteristiche abbiamo già parlato a proposito del carsismo del gruppo del Terminillo. Sulle Ferrare esso si trova in condizioni topografiche molto adatte, costituendo una regione d'altopiano, sui 1200 *m*, che il carsismo ha reso molto ineguale, ma che doveva essere abbastanza uniforme per un tratto di 3-4 *km* in senso E-O e 2-3 *km* in direzione meridiana, e per di più in una zona di spartiacque, in posizione quindi particolarmente propizia per l'assorbimento delle acque.

Date condizioni così favorevoli, l'erosione carsica ha potuto esercitare un'azione modellatrice più intensa di quella delle acque correnti, tanto da creare un paesaggio carsico vero e proprio, anche se non molto esteso in superficie, l'unico nell'alto bacino del Corno; la circolazione sotterranea si è sostituita a quella superficiale, con

(34) Si veda anche quanto è detto a proposito del Piano delle Ferrare (v. § 6).

la conseguente formazione di un gran numero di cavità d'assorbimento. Attualmente, come si vedrà, il drenaggio superficiale sta riprendendo terreno e va gradatamente distruggendo il modello carsico.

Percorrendo le Ferrare, non si fa che passare da una dolina all'altra, superando i piccoli dossi che le separano, o si percorrono vallette che non sono più doline vere e proprie, ma hanno con queste un evidente legame genetico. Il paesaggio non è arido e spoglio, come avviene di solito per le regioni fortemente carsiche, ma fitto di vegetazione, un vero « carso verde »: ginepri, aceri, carpini, noccioli, querce e soprattutto faggi ammantano i dossi e i pendii, mentre i piani alluvionali sono coperti di erbe o di ginestre oppure sono occupati da piccoli campi coltivati.

Tra le forme carsiche la dolina è quella di gran lunga predominante, insieme con le cavità maggiori derivate dalla fusione di più doline; vengono poi alcune grotte, modesti campi solcati e un piano carsico.

Le doline sono sempre piuttosto grandi; qualcuna delle più piccole (almeno una trentina di *m* di diametro e 8-10 *m* di profondità) conserva ancora il perimetro regolarmente circolare, mentre coll'aumentare delle dimensioni il contorno si fa irregolare e discontinuo, il margine si abbassa in più punti, il riempimento eluvio-alluvionale raggiunge talvolta la soglia. Il più delle volte le doline comunicano tra loro e non mancano casi in cui, fondendosi l'una all'altra, hanno dato origine a vallecole strette e allungate.

L'esempio più notevole di valle risultante dall'avvenuta fusione di più doline è quello di Casale Ferroni, che è attualmente una valle aperta che sbocca nella piana leonessana; di forma allungata e stretta, è orientata in senso NO-SE, che, come abbiamo già avuto occasione di ricordare, è la direzione tettonica dominante nell'Appennino centrale. All'ingresso della valle non si nota nulla di particolare: il fondo, largo circa 200 *m*, è livellato dalle alluvioni e limitato da ripide pendici: ma dopo pochi passi ci si trova di fronte un piccolo dosso pietroso, che spunta proprio in mezzo alla valle. Ancora più avanti ci si imbatte in un altro dosso, più rilevato del primo, arrotondato e isolato, intorno al quale i versanti si allargano ad anello per poi tornare a restringersi; seguono, sempre nella stessa direzione, altri dossi, altri allargamenti

e restringimenti. Man mano che si avvanza si fa sempre più chiaro che all'origine della valle è la cattura reciproca di parecchie doline, ricostruibili dall'andamento sinuoso dei versanti e dai dossi isolati che evidentemente non sono altro che delle *buttes témoins*, residui dell'erosione che ha risparmiato le parti più consistenti dei margini delle doline.

Procedendo nella valle, si possono osservare agevolmente i vari stadi di questa cattura: i « testimoni » e le ondulazioni dei versanti si fanno via via più accentuati, finché si arriva al punto in cui le doline sono ancora ben distinguibili, sebbene abbiano il fondo alluvionato e il contorno più o meno abbassato in corrispondenza delle doline contigue.

A rigore, Valle Casale Ferroni non si può dire un'uvala, dal momento che l'erosione l'ha trasformata in una valle aperta; tuttavia il processo responsabile della sua formazione resta sempre quello delle uvala. Non mancano poi altri esempi di tale categoria, che si presentano come vallecole strette e allungate, dal fondo alluvionato e dai versanti ad andamento talvolta irregolare, ma che sostanzialmente seguono sempre la stessa direzione di sviluppo NO-SE; un'uvala è la Valle Piana, indicata anche sulla tavoletta dell'I. G. M., vicinissima a Valle Casale Ferroni, dal fondo in parte coltivato.

D'origine carsica è anche « il Piano », una conca allungata che si stende tra il Carpellone, il Colle Lauturia e il Colle della Croce, il cui fondo, colmato e livellato dalle alluvioni, a poco meno di 1000 m d'altezza, è una spianata lunga un po' più di 1 km e larga 300 m, orientata in senso E-O. La forma è quella di un ovale allungato che si restringe alle sue estremità fino a terminare a punta; i versanti sono i fianchi stessi delle montagne, le Ferrare da una parte e il Carpellone dall'altra, tranne che ai due estremi, dove il bacino è limitato da una soglia, piuttosto bassa a E, più alta a O. La coltre dei sedimenti forma un leggero avvallamento nella parte centrale del Piano, senza dar luogo però ad un'area d'assorbimento ben distinta o a cavità idrovore. In passato il Piano era coltivato e vi sorgevano anche alcune case, di cui rimangono le rovine; ora le coltivazioni sono state abbandonate e i campi inselvaticiti servono solo come pascolo per il bestiame.

Il Piano è probabilmente impostato lungo una faglia normale

che correrebbe sul fianco meridionale del M. Carpellone, il quale forma uno dei versanti del Piano, in direzione E-O; anche l'erosione torrentizia ha seguito questa linea, dal momento che da un'estremità e dall'altra del Piano, oltre la soglia, si allineano nella stessa direzione due torrentelli, uno verso l'altopiano di Leonessa e l'altro verso il Fosso del Salto del Cieco (bacino del Nera). Tale linea di faglia, in quanto luogo di minore resistenza, avrebbe assunto una funzione di richiamo nei riguardi del carsismo, determinandone la direzione di più intenso sviluppo. Del resto, in quest'area il fattore tettonica è sempre presente in tutte le forme carsiche d'una certa estensione.

Al fine di chiarire l'origine di questo bacino carsico e il posto che gli spetta nella classificazione delle forme carsiche, non sarà inutile un confronto con i « piani » del Gran Sasso (35), che presentano molti elementi morfologici in comune con questo, come la forma subellittica, più o meno allungata, la coltre alluvionale sul fondo, il prevalente orientamento NO-SE, e, per molti di essi, lo stretto rapporto con faglie dirette in senso appenninico. Nella maggior parte dei casi, all'origine della depressione è un tratto di valle del preesistente reticolo idrografico, impostato su direttrici diaclasiche, reso inattivo e rimodellato dal carsismo; quanto al meccanismo che avrebbe portato all'allargamento e all'approfondimento della paleovalle, M. Ortolani e A. Moretti chiamano in causa l'ipotesi classica dello Cvijić, secondo cui il polje (poiché qui in fondo si tratta di piccoli polja) deriva dalla fusione di uvala, che, a loro volta, sono dovute alla fusione di doline.

Le dimensioni del Piano in questione stanno tra quelle di un'uvala e quelle di un piccolo polje. Il rapporto lunghezza-larghezza, di 3,3:1, potrebbe suggerire la forma di una piccola valle chiusa, e quindi l'ipotesi di una valle d'erosione normale divenuta inattiva; ma né il Piano stesso, né le sue immediate adiacenze offrono alcun elemento a sostegno di una tale ipotesi, anzi la conca appare del tutto indipendente dalle aree circostanti. Dal momento che mancano anche quelle particolari condizioni tettoniche di ripiegamento o di sprofondamento che sono all'origine della maggior parte dei polja, la genesi di questa cavità deve essere ricondotta

(35) M. ORTOLANI, A. MORETTI, *Il Gran Sasso d'Italia ecc., cit.*

alla semplice fusione di un sistema di doline costituitosi lungo una linea di minore resistenza, indipendentemente dalla presenza di conche preformate, e cioè al processo che genera, oltre ai polja, anche le uvala; ipotesi confortata anche dalla presenza, a brevissima distanza, della già descritta Valle Casale Ferroni, orientata secondo la stessa direzione e nata appunto dalla fusione di doline, e dove tale processo, ancora in atto (sebbene alterato dal fatto che la valle è stata ormai sventrata dall'erosione), non ha nessun rapporto con conche preesistenti. D'altra parte, nel Piano l'andamento dei versanti è piuttosto uniforme, senza quelle ondulazioni che nel caso di Valle Casale Ferroni denunciavano l'avvenuta fusione di conche minori; ma la spiegazione di questo particolare è probabilmente nel fatto che il modellamento carsico del Piano ha raggiunto uno stadio più avanzato.

Che il Piano sia da includere tra le uvala e non tra i polja lo indicano anche altri particolari: mancano le caratteristiche idrologiche dei polja, come ponori, laghetti temporanei o stabili, doline, e, data la superficie limitata, le acque vengono subito assorbite, senza aver modo di scorrere in superficie ed erodere prima di scomparire nel sottosuolo (36).

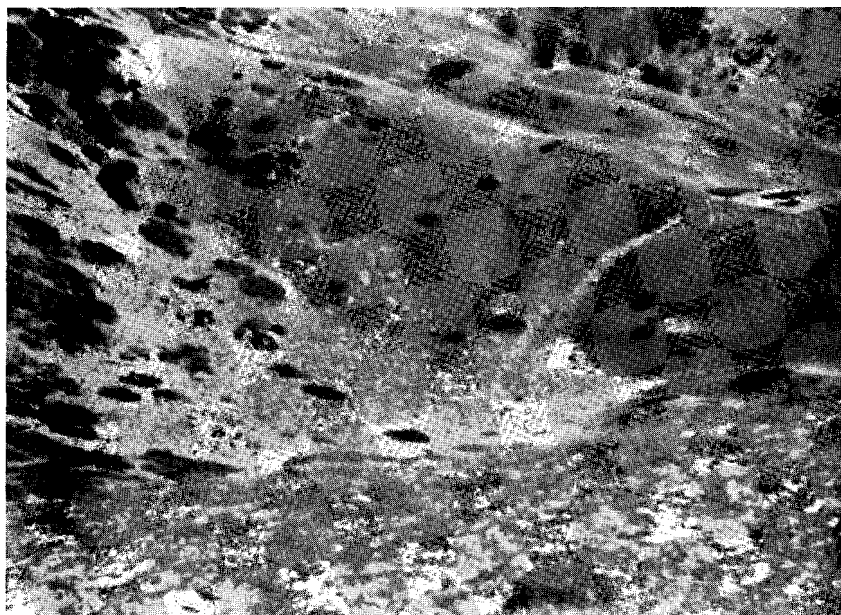
Un particolare interessante da rilevare, sia alle Ferrare come nel resto dell'alta valle del Corno, è la mancanza, tra i sedimenti che ricoprono il fondo delle cavità carsiche, della classica terra rossa, fatto riscontrato anche sul Gran Sasso (37) e sul Terminillo (38).

Sulle parti più rilevate delle Ferrare, sui dossi che separano le varie conche e le alture come Colle La Croce e Colle Lauturia, è abbastanza diffuso il campo solcato, spesso coperto da vegetazione arborea o arbustiva. Non si tratta di un campo solcato tipico, con i classici spuntoni calcarei più o meno sporgenti allineati in modo da lasciare intercalati dei solchi paralleli o incrociantisi in direzioni diverse, cosa che ben giustifica il nome loro assegnato: qui invece il terreno si presenta cosparsa di massi, alcuni radicati, altri rotolati, disposti senza ordine, spesso scanalati e sforacchiati,

(36) Su questo criterio di distinzione tra uvala e piccolo polje, cfr. A. G. SEGRE, *I fenomeni carsici ecc., cit.*, p. 148.

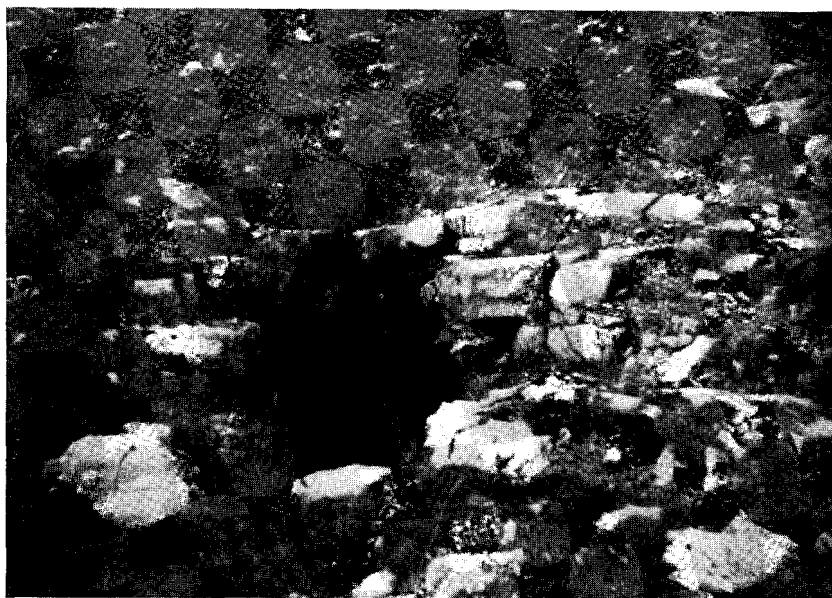
(37) M. ORTOLANI, A. MORETTI, *op. cit.*

(38) C. LIPPI BONCAMBI, *Appunti geologici ecc., cit.*



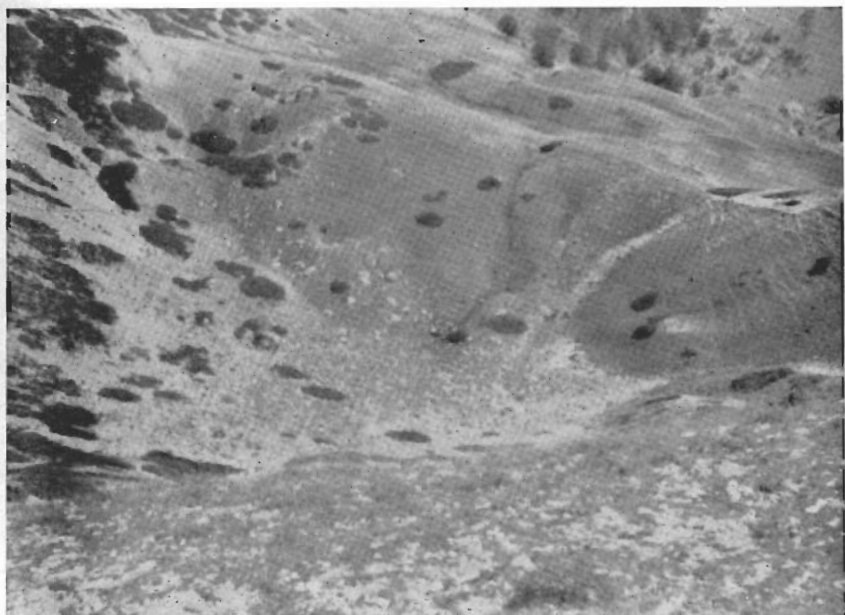
LA POZZA DEI CAVALLI SUL MONTE DI CAMBIO.

(fot. M. L. Gentileschi)



LA DOLINA DI CROLLO DI BORGO MATALONI.

(fot. M. L. Gentileschi)



LA POZZA DEI CAVALLI SUL MONTE DI CAMBIO.

(fot. M. L. Gentileschi)



LA DOLINA DI CROLLO DI BORGO MATALONI.

(fot. M. L. Gentileschi)



IL PIANO DELLA MADONNA DELLA NEVE.

(fot. M. L. Gentileschi)



IL PIANO DELLE FERRARE.

(fot. M. L. Gentileschi)

delle dimensioni più diverse. Un tipo analogo di lapiez è stato descritto da Vecchia¹ in una comunicazione presentata al XIV Congresso Geografico Italiano (39), e dallo stesso denominato « campo a massi », definizione che si attaglia al caso meglio di quella di « campo solcato », dato che solchi in questo caso non ne esistono. Vecchia lo considera una varietà del campo solcato, prodottasi su calcare stratificato in banchi, fessurato, affiorante con gli strati a reggipoggio. Le alture bresciane (M. Paitone e M. Budellone), sulle quali è stato studiato il fenomeno, sono costituite dallo stesso calcare in banchi del Lias inferiore che abbiamo alle Ferrare.

A completamento del quadro del carsismo delle Ferrare aggiungo la descrizione di tre piccole cavità sotterranee, situate alla periferia del complesso, oltre lo spartiacque, nel bacino del Nera, là dove il calcare delle Ferrare si avvia a scomparire sotto formazioni più recenti. Le tre grotte si trovano in località Salto del Cieco, nel punto in cui si inizia il solco del torrente omonimo, affluente del Nera; questo primo tratto del letto del torrente, scavato nel calcare molto resistente, è una gola stretta e profonda, dalle pareti in alcuni punti verticali, e con alcune piccole « marmitte » sul fondo. Le grotte si aprono sulle due pareti di questa gola, in punti facilmente accessibili, a circa 950 m di quota. La Grotta dell'Ammazzatora si trova sulla parete sinistra ed ha un ingresso pressappoco rettangolare, largo m 4,50 e alto m 2,20; nell'interno l'altezza massima è di 3 m, la larghezza di m 6,50 e la profondità pure di m 6,50. Il suolo, formato da roccia in posto, è in leggera pendenza verso l'esterno; sulla parete di fondo si vedono alcune concrezioni e tracce di umidità. Dato il prevalente sviluppo orizzontale, si suppone trattarsi di una cavità d'interstrato, sebbene sulle pareti non si vedano affatto giunti di stratificazione.

Le altre due grotte si aprono sulla parete destra della gola, quasi di fronte alla precedente, in un punto in cui il calcare si presenta sottilmente stratificato. La prima che si incontra scendendo è fatta a cuneo, con il suolo in pendenza verso l'esterno, è profonda m 4,50 ed ha la larghezza (m 3,50) e l'altezza (m 1) massime all'ingresso. La seconda, detta Grotta del Salto del Cieco, si

(39) O. VECCHIA, *Un particolare aspetto carsico: i « campi a massi » del Monte Paitone*, in « Atti XIV Congr. Geogr. It., Bologna 1947 », Bologna, 1949, pp. 412-415.

trova a pochi passi dalla precedente. Anche questa è cuneiforme, con il suolo in pendenza verso l'esterno, seguendo l'inclinazione degli strati. Entrambe le grotte sono evidentemente d'interstrato. L'apertura, a metà ostruita da un masso staccatosi dal soffitto, misura 8 m in larghezza e 1,60 in altezza. L'interno raggiunge la massima larghezza (m 8) presso la soglia, e va poi via via restringendosi fino a terminare a cuneo. L'altezza massima è di m 2,70, la profondità di m 13,50. Anche qui il suolo è nudo, tranne che per alcune lastre di calcare staccatesi dal soffitto. Sulle pareti, specie verso il fondo della grotta, si vedono abbondanti incrostazioni; dal soffitto pendono stalattiti, accompagnate dalle relative stalagmiti, che in qualche caso si sono trasformate in stalattiti colonnari. Tutte le incrostazioni hanno un aspetto massiccio, pesante, opaco, ed hanno lo stesso colore grigio scuro della roccia. Le stalattiti sono in genere piuttosto piccole e corte; si stacca dalle altre, quanto a dimensioni, quella che pende dal soffitto quasi al centro della grotta, una grossa stalattite a più elementi, uberiforme, il cui elemento più allungato ha una circonferenza di m 1,70, e la relativa stalagmite, distaccata di soli 12 cm, ha una circonferenza di oltre 2 m.

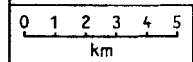
Si tratta dunque di cavità modestissime, ma non prive di significato, soprattutto per la loro posizione, situate come sono vicinissime l'una all'altra, in uno spazio ristretto, in un punto in cui l'erosione torrentizia ha tagliato di netto la massa calcarea, mettendo allo scoperto le vie della circolazione sotterranea. Da quello che si vede al Salto del Cieco, sarebbe giustificato supporre che l'intero complesso delle Ferrare sia attraversato da un reticolo sotterraneo molto sviluppato e che quindi gli effetti del processo carsico in profondità non siano stati inferiori a quelli già riscontrati nel modellamento superficiale. E come le cavità superficiali, anche quelle ipogee presentano evidenti sintomi di senilità: il loro livello è stato abbandonato dalle acque, e le grotte, diventate ormai inattive, sono in fase di riempimento, sia chimico che meccanico.

Da quanto si è detto, è evidente che sui monti delle Ferrare l'intensità dell'azione carsica è molto diminuita e che un altro agente modellatore, l'erosione torrentizia, sta prendendo il sopravvento; la corrosione progredisce prevalentemente in senso orizzontale, allargando le conche e smussando i rilievi, mentre i fon-

dovalle si vanno colmando e le valli chiuse si trasformano in aperte.

Come tutte le zone intensamente carsiche, le Ferrare sono prive di sorgenti perenni, ad eccezione delle due sorgentelle di piccolissima portata chiamate Fonte Camporsentino e Fonte Moriconi: la prima si trova sul Colle della Croce, sul versante che dà sulla piana leonessana, a *m* 1030, e sia la portata (0,025 *l/sec* nel mese di agosto) che la temperatura (14°, sempre nello stesso periodo), piuttosto elevata in confronto con quella delle altre sorgenti della regione, indicano che le acque provengono da una falda superficiale e di poca importanza. La seconda sorgente, che si trova dall'altra parte delle Ferrare, a 1045 *m*, a poca distanza dal villaggio di Polino, ha una portata piccolissima: 0,020 *l/sec* (la misurazione della temperatura non ha valore, dato che l'acqua, prima di scorrere all'aperto, è raccolta in un serbatoio chiuso). Inoltre, dalla carta geologica si rileva che la sorgente sgorga al termine di una breve placca di terreni cretacei, sovrapposti al calcare liassico delle Ferrare, e la falda acquifera che la riguarda è di conseguenza indipendente da quella dell'area carsica.

Le acque assorbite dal complesso calcareo delle Ferrare non vengono a giorno in questa zona né nelle sue immediate vicinanze; i torrentelli che scendono verso la piana leonessana si riuniscono nel Fosso Vorga, affluente del Corno, che trasporta acque solo nella stagione piovosa, e tutta questa parte dell'altopiano manca di sorgenti, ad eccezione di poche alimentate dalla falda superficiale albergata nei sedimenti ciottolosi, che scaturiscono nelle incisioni torrentizie al contatto affiorante dei sedimenti lacustri argillosi inferiori del piano stesso. Anche verso il Nera mancano sorgenti di una certa entità; mentre tra lo spartiacque delle Ferrare (1200 *m*) e l'altopiano il dislivello è di circa 200 *m*, dalla parte del Nera tale dislivello viene ad essere di circa 900 *m*, dato che il fiume scorre in questo tratto sui 300-250 *m* di quota. Il Nera costituisce quindi un efficace richiamo per le acque, sia superficiali che sotterranee: i torrenti che scendono dalle Ferrare approfondiscono rapidamente il proprio letto scavando delle gole vere e proprie e, nonostante non vi siano molte grosse sorgenti, il Nera subisce un aumento di portata superiore a quello che si verificherebbe in rapporto alla quantità di precipitazioni cadute nel suo bacino.



I FENOMENI CARSICI NELL'ALTO BACINO DEL CORNO.

- 1, grotta; 2, campo solcato; 3, uvala, piano carsico; 4, dolina isolata; 5, campo
dolinato; 6, hum.

Tale aumento di portata tra Triponzo (confluenza col Corno) e Arrone (oltrepassato il bacino del Corno) sarebbe in parte dovuto al fatto che una certa percentuale delle acque sotterranee dell'alto bacino del Corno andrebbe direttamente ad alimentare il Nera,

filtrando attraverso i terreni permeabili che costituiscono il bacino stesso; richiamate dal livello molto più basso del Nera, le acque lo raggiungono direttamente per la via più breve. A sostegno di questa ipotesi sta il fatto che il Corno, in questo primo tratto del suo corso, fino a Cascia, per buona parte dell'anno scorre quasi asciutto, pur scolando un bacino di notevole ampiezza e con precipitazioni abbondanti (40).

7. — *Riflessi antropici del fenomeno carsico.*

In linea generale il fenomeno carsico non assume importanza fondamentale nel paesaggio della regione in esame, e quindi non ci si può aspettare che la sua influenza sull'insediamento e sulle attività dell'uomo sia determinante. Tuttavia è possibile, in qualche caso, rilevare l'esistenza di un intimo legame tra forme carsiche e attività umane, soprattutto nei rapporti topografici e pedologici. Il carsismo non crea in sostanza problemi idrici: certo, se anche qui si avesse l'abbondanza d'acque che arricchisce il piede meridionale del massiccio del Terminillo, sarebbero possibili vaste opere d'irrigazione delle campagne e l'avvio dell'agricoltura verso la produzione di foraggio e l'allevamento del bestiame, più proficui, data l'altitudine, di quanto lo sia l'attuale prevalente coltivazione di grano in rotazione con granturco, foraggi, patate ed altro. L'approvvigionamento di acqua per le necessità dell'uomo e del bestiame in genere non costituisce una difficoltà nel leonessano, ricca com'è la regione di sorgenti, che, anche se di piccola portata, sono distribuite in modo che ogni centro può essere facilmente rifornito in quantità sufficiente, e sui pascoli il bestiame non deve percorrere distanze troppo grandi per abbeverarsi. Forse l'unica area dove le conseguenze della permeabilità della roccia si facciano sentire è quella delle Ferrare, dove la scarsità d'acqua ostacola il pascolo del bestiame; al Salto del Cieco, i contadini che passano l'estate e parte dell'autunno in questo nucleo temporaneo devono recarsi ad attingere acqua potabile ad una sorgente posta al di fuori dell'area

(40) MINISTERO DI AGRICOLTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO, *Carta idrografica d'Italia, Nera e Velino*, Roma, 1892. Nessun dato di portata sul Corno si trova nel vol. del Ministero dei LL.PP., Servizio Idrografico, *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*, 3ª ediz., Roma, 1953.

carsica, a circa 4 *km* di distanza, oppure contentarsi dell'acqua delle cisterne.

La topografia carsica ha determinato la localizzazione e la posizione di alcuni centri: Castel S. Maria (presso la piana di Norcia) è un *centro marginale di bacino carsico*, addossato al rilievo che forma il margine orientale del Piano della Madonna della Neve. Anzi, questo centro deve la sua esistenza alla presenza dei piani carsici intorno al M. Pozzoni, che costituiscono le sole aree coltivabili della zona e quindi la ragione della permanenza degli abitanti sul luogo. La sua posizione marginale, più che ad evitare l'umidità della depressione, penso che sia intesa a risparmiare il prezioso terreno coltivabile della pianura.

Nella conca di Leonessa, *centri di sperone carsico* sono Pianezza e Chiavano, arroccati su due rilievi brulli e sassosi che avanzano a guisa di penisole nella piana. Gli altri centri di questa porzione dell'altopiano sono tutti in posizione marginale, evidentemente allo scopo di lasciar libera la superficie coltivabile che, per ragioni topografiche e d'altitudine, è strettamente limitata alla pianura. Altre cause, quali umidità eccessiva, paludi in relazione con la presenza del lago pleistocenico, di importanza fondamentale nella storia dell'insediamento umano di molti bacini già occupati da laghi (per esempio la Piana di Rieti), non sembrano in questo caso aver avuto gran peso; l'estinzione del lago è un fatto antico, come sta a dimostrare la profondità raggiunta dalle incisioni dei corsi d'acqua nei sedimenti (41).

Nella zona delle Ferrare la presenza di un bacino carsico, « il Piano », ha avuto la sua importanza nelle comunicazioni tra la piana di Leonessa e il bacino del Nera; questa spianata, allungata in senso trasversale all'allineamento montuoso, ha offerto una via naturale di penetrazione a coloro che volevano traversare le montagne, facendo sì che proprio in questo punto si stabilisse l'unica strada, percorribile anche da automezzi, che attraversi lo spartiacque sul lato occidentale della conca. La strada sale da Pulcini,

(41) Sull'altopiano di Leonessa l'ubicazione dei centri è preferibilmente marginale, ma non mancano anche centri in posizione mediana, alcuni nel mezzo della piana, altri alquanto discosti dai versanti delle montagne; questo avviene specialmente là dove la pianura si allarga molto, e quindi i contadini sarebbero venuti a trovarsi troppo lontani dai loro campi se le abitazioni fossero state ai margini.

nella pianura di Leonessa, al Piano, che attraversa per ridiscendere dall'altra parte del Salto del Cieco, da dove prosegue per i villaggi della valle del Nera, ed è una via di comunicazione di antica tradizione; al Salto del Cieco, piccolo nucleo di abitazioni un tempo stabili, ora soltanto temporanee, si vedono ancora le rovine della sede della Dogana Papale, prossima al confine tra Stati della Chiesa e Regno di Napoli.

Anche nelle attività agricole si possono riscontrare riflessi della topografia carsica; si è già visto come intorno al M. Pozzoni le aree coltivabili coincidano con i bacini carsici e il limite dei campi ricalchi esattamente quello dei sedimenti eluvio-alluvionali. Alle Ferrare il Piano era sottoposto a coltivazione, poi abbandonata, ma il fondo di alcune doline o uvala alluvionate è tuttora occupato da campicelli di patate o di legumi. Là dove la coltre di sedimenti non esiste o non raggiunge uno spessore sufficiente, oppure l'altezza è troppo forte, le conche carsiche sono frequentate per il pascolo del bestiame; esse forniscono pascoli più abbondanti delle cime e delle parti convesse della montagna, essendo meglio riparate dai venti e più erbose per l'umidità che vi viene richiamata. Ricordiamo i significativi toponimi di Prato Pecoraro, sulla montagna omonima, e di Pozza dei Cavalli, sul M. di Cambio.

SUMMARY. — A detailed description is given of the karst phenomena in the upper basin of the river Corno, situated among the calcareous mountains of the Central Apennines. According to the differences amidst the various parts of the basin, the region here examined was divided in five karst areas, on the basis of topography, lithology and tectonic, dealing separately with each area. Although the region examined is not very large, a great variety of forms was found, as poljes, sinkholes, hums, caves, and several problems raised, as the working of karst erosion in the moulding of the Plain of Leonessa, an ancient lake-basin, the origin of the largest enclosed basins, and the relation between karst erosion and ice action on the M. Terminillo. After having hinted briefly at the marks left by the glaciers during the great Ice Age on these mountains, the A. insists particularly on the close relation which occurs presently between karst process and snowfall.