

MICHELE PAVOLINI

## CASCATE E LORO FORMAZIONE

Una cascata si origina quando si ha un brusco dislivello nel letto di un fiume, ma vi sono moltissimi modi per cui questo brusco dislivello si può verificare.

I principali agenti d'erosione sono i ghiacci e le acque correnti, ma si possono originare cascate a seguito di fenomeni di vulcanismo, di deposito di sali da parte delle acque correnti, di disgregazione dei versanti, di sollevamento, di ringiovanimento del corso d'acqua principale, di fagliazione, di piegamento, di erosione marina ed anche per effetto di processi di carsificazione e per opera dell'uomo.

Nelle zone montuose euroasiatiche e nordamericane l'azione erosiva dei grandi ghiacciai dell'epoca quaternaria è responsabile della presenza di molte delle attuali cascate. A più riprese la catena alpina e le parti più elevate dei Carpazi e dei Pirenei sono state ricoperte da una cappa di ghiaccio, come anche l'intera Penisola Scandinava, gran parte delle Isole Britanniche e le regioni settentrionali dell'Europa e dell'America. Le forme più tipiche lasciate dalle grandi glaciazioni quaternarie sono rappresentate da circhi, valli ad U (contrapposte alle valli a V dell'erosione torrentizia), che presentano fondo piatto, generalmente ricoperto da sedimenti e pareti a picco o comunque molto ripide specie laddove sono state scavate in rocce resistenti ai processi di disgregazione.

Queste valli sono state incise da grandi lingue glaciali fino a un livello molto più basso di quelle degli affluenti laterali che rimangono quindi sospese rispetto al fondo delle valli principali. Un gradino viene così a formarsi tra le valli laterali sospese e le valli principali con conseguente formazione di una cascata, origine forse la più comune nelle Alpi.

Laddove nella loro azione erosiva i ghiacciai hanno trovato rocce di maggiore resistenza hanno creato dei gradini o delle contropendenze, con conseguenti laghi e cascate. Il processo di approfondimento e di escavazione nella valle principale può portare alla formazione di fiordi, quando il fondo viene scavato al di sotto del livello del mare, come lungo le coste della Norvegia, della Nuova Zelanda delle Ande Cile.

Anche i grandi scudi ghiacciati che ricoprivano le regioni settentrionali dell'Eurasia e del Continente Nordamericano hanno modellato il paesaggio creando delle forme tipiche come i cordoni morenici che assumono dimensioni impressionanti nel caso del cordone di Salpausselkä in Finlandia, resto di una morena frontale ben stratificata lunga centinaia di chilometri. Presso Imatra il fiume Wuoksi supera lo sbarramento del Salpausselkä con una serie di rapide e cascate con dislivello complessivo di 18 m su una lunghezza di circa 1,3 km e salto singolo più alto di 6 m circa.

Il grande ghiacciaio che ricopriva la Penisola Scandinava ha lasciato tracce evidenti. In particolare la valle superiore del fiume Lule nella Lapponia Svedese supera sbarramenti morenici molto estesi che hanno determinato la formazione di una serie di laghi (Rubino Blu in Lapponia) raccordati tra loro da grandi cascate, delle quali quella di Stora Sjöfallet presenta un'altezza di ca. 40 m ed una larghezza in tempo di piena di 700 m circa. Gli inlandsis quaternari hanno anch'esso creato gradini ed improvvisi dislivelli in zone collinari o comunque di modesta altitudine, come nel Jamtland Svedese, dove si trova la cascata di Tann sul fiume Indals (36 m) o in vaste zone del Canada, dove frequenti sono le cascate, i laghi e le anomalie della rete idrografica. Le cascate del Niagara si sono formate su uno di questi gradini, la Scarpata Laurenziana, retrocedendo verso Sud di circa 11 km dalla data della loro formazione, avvenuta circa 12.000 anni fa, quando il fronte retrocedente della Grande Calotta Glaciale lasciò esposta la parete della Scarpata, consentendo alle acque di deflusso del L. Eire di precipitarvi.

Tutte le forme determinate dall'azione glaciale che abbiamo esaminato possono dare origine a cascate, anche se non mancano salti di altro tipo nelle zone glaciali. Nella zona assiale della Catena Pirenaica vi sono moltissime cascate dovute a circhi glaciali, tra le quali la Grande Cascade di circa 440 m di altezza (Cirque du Gavarnie) e la cascata di Barrosa sul versante spagnolo che precipita dalle pareti dell'omonimo circo per circa 300 m. Vi sono comunque cascate da circhi glaciali anche sulla catena alpina (tra cui quelle del Cirque du Fer à Cheval nella Savoia Francese).

Centinaia di cascate che precipitano da valli sospese in valli glaciali principali si trovano nel Mondo. In particolare bellissimi esempi di cascate si trovano nelle Alpi Italiane nel massiccio dell'Adamello-Presanella (Val di Genova) in provincia di Trento, nella valle del Liro, che conduce al Passo dello Spluga in Lombardia (cascata di Pianazzo), e nella vicina Val Bregaglia (cascata dell'Acqua Fraggia) e inoltre nella Val Formazza in Piemonte. Molte sono anche in Svizzera, come ad esempio nella valle della Lutschine soprannominata per questo motivo *Vallee des Cascades* e nella contigua valle dell'Aare, dove si trovano, tra le altre, le cascate del Reichenbach (200 m di dislivello). Numerose cascate di questo tipo vi sono anche in Norvegia, come nelle valli della Skår, presso Odda, a S del Sorfjord, della Driva e nella regione di More e Romsdal, dove si trova la

cascata di Monge (Mongefoss = 774 m), la più alta d'Europa. Fuori dell'Europa le più note sono quelle di Yosemite nella omonima valle, percorsa dal F. Merced sul versante occidentale della Serra Nevada in California. Queste cascate, tra le maggiori del mondo per altezza presentano un dislivello complessivo di 748 m, con un salto singolo principale di 436 metri.

Laddove i ghiacciai hanno determinato bruschi dislivelli nel fondo delle valli principali (si vedano le quattro *scale*, o gradini, della Val di Genova), si formano cascate, di cui alcuni esempi si trovano nella valle del Merced in California (Nevada, 181 m; Vernail, 96 m), nelle valli della Simme (con dislivello di 139 m) e dell'Iffigenbach (130 m) nell'Oberland Bernese.

Un esempio di cascata dovuta a morena frontale si trova nella valle della Rotzoka sui Tatra Polacchi: le acque del torrente formano dapprima un lago e poi una cascata di 44 metri per superare lo sbarramento morenico. Queste cascate sono comunque piuttosto rare in quanto il materiale morenico è facilmente erodibile. La posizione stessa dei ghiacciai può determinare in taluni casi la formazione di salti d'acqua sui torrenti alimentati dalla fusione dei ghiacci in presenza di dislivelli preesistenti, la cui origine non è riconducibile ai casi esaminati in precedenza: tra queste spicca la cascata di Gietroz (500 m in più salti) nel Vallese (Svizzera), che è la maggiore delle Alpi per altezza. Un tipo particolare di piccole cascate è quello che si ha laddove l'acqua di fusione superficiale dei ghiacciai precipita in crepacci e pozzi glaciali che si aprono sulla superficie del ghiacciaio stesso: si hanno alcuni esempi di queste cascate, attive soltanto durante il periodo di fusione dei ghiacci, sul ghiacciaio del Mandrone, alla testata della Val di Genova nel massiccio dell'Adamello.

Altro tipo di cascata che si origina per erosione dei ghiacci è dovuto a soglia glaciale: un notevole esempio è la bella cascata del torrente Sogge, detta Stigfoss, nella regione norvegese di More e Romsdal, che presenta un'altezza complessiva di circa 180 metri ed è ben visibile dai tornanti della strada panoramica detta Trollstigen. Anche i fiordi delle regioni costiere della Nuova Zelanda, della Norvegia e delle Ande cilene presentano numerose cascate, di aspetto particolarmente pittoresco, in quanto molte di esse precipitano direttamente in mare. Tra le altre sono da notare quelle del Geirangerfjord (Cascata delle Sette Sorelle, 250 m) e dell'Akrafjord (Langfoss, 700 m), in Norvegia, e del celebre Milford Sound (Bowen Fall, 164 m, Stirling Fall, 154 m), in Nuova Zelanda, nonché del Canale Beagle nella Terra del Fuoco Cilena. Forme composte dovute all'azione dei ghiacciai e delle acque correnti sono all'origine di alcune cascate nella catena alpina. Quelle del Rio di Riva in Valle Aurina (Alto Adige) sarebbero probabilmente esistite in altra forma senza la presenza di tre affioramenti di resistente tonalite che formano i tre salti principali della cascata originatasi per il dislivello rispetto alla valle principale. Anche la cascata di Isollaz sul torrente Evaçon



in Val d'Aosta, il cui dislivello primitivo è riconducibile anche in questo caso ad una valle affluente rimasta sospesa rispetto alla valle della Dora Baltea, esiste nella forma attuale per la presenza di un resistente banco di serpentinoscisti, che l'azione erosiva di un sia pur abbondante torrente non ha potuto erodere. In altre circostanze ci troviamo di fronte a cascate da valli sospese il cui dislivello si è frazionato su più salti in profonde e tortuose forre. Alcuni di questi esempi sono le cascate del Trummelbach che precipitano con una serie di salti da un'altezza complessiva di circa 290 m in un'orrida forra scavata sul fianco destro della valle della Lutschine nell'Oberland Bernese e quelle della Diosaz sul versante destro della valle dell'Arve in Savoia.

Il tipo più comune di cascate sulla superficie terrestre è però determinato dall'erosione delle acque correnti in presenza di rocce di diversa resistenza e natura. Quando un corso d'acqua si trova di fronte a rocce di diversa erodibilità scava maggiormente la roccia più tenera, mentre la sua azione erosiva viene rallentata dalla roccia più resistente. Quando la roccia più erodibile si trova a valle viene a determinarsi un gradino con formazione quindi di una cascata. Moltissime sono le cascate di questo tipo, come ad esempio quella del Metauro presso Sant'Angelo in Vado nelle Marche, che si è formata in corrispondenza di un banco calcareo che taglia obliquamente il corso del fiume, e quella di Sautadet sul fiume Ceize in Francia. Talvolta la roccia più resistente rimane a formare la parte superiore della parete della cascata: questo tipo di cascata è chiamato in inglese *cap-rock waterfall*, cioè cascata di copertura rocciosa, ed è visibile nel Fosso della Mola presso Veio subito a N di Roma, dove uno strato arenaceo ne sovrasta uno di più tenero tufo. Alcune celebri cascate e rapide su grandi fiumi si sono originate per la presenza di banchi di rocce più resistenti: tra queste si ricordano le rapide del Dnepr, le cateratte del Nilo in Egitto e in Sudan, e la serie delle cascate Boyomo (ex Stanley) nello Zaire sul Congo. Queste cascate, in numero di sette, sono sparse su circa 98 chilometri del tratto medio-superiore del corso del grande fiume e sono le maggiori del mondo per il loro deflusso medio annuale di circa 17.000 mc al sec., ma nessuna di esse supera i tre metri di altezza.

Laddove il passaggio da una zona litologicamente più resistente ad una formata da rocce più erodibili interessa una regione di una certa estensione solcata da numerosi corsi d'acqua si hanno le cosiddette linee delle cascate. La più nota si trova negli Stati Uniti orientali dove i fiumi che provengono dal versante orientale degli Appalachi abbandonano la zona cristallina per scorrere sulle deboli rocce sedimentarie della pianura costiera. In questo tratto tutti i corsi d'acqua presentano cascate o rapide. Le più note sono quelle del Potomac (Great Falls, 27 m, e Little Falls, 12 m) che si trovano poco a monte di Washington. Un'altra *Linea delle Cascate* di un certo interesse si trova nella Svezia centro-orientale.

Alcune cascate si sono formate a seguito di deviazioni del corso

di un fiume su dislivelli preesistenti. Un esempio è la celebre cascata del Reno presso Sciaffusa in Svizzera, che si è formata nel punto in cui il fiume passa sopra un resistente banco basaltico precipitando nell'antico letto pre-glaciale abbandonato qualche chilometro più a monte per un colmamento dovuto al deposito di sedimenti fluvio-glaciali. Le cascate di Sciaffusa sono tra le maggiori del continente europeo per portata d'acqua ed hanno un'altezza di circa 21 metri.

Relativamente numerose sono le cascate che precipitano dalle pareti di gole fluviali, incise per la maggiore erosione di un corso d'acqua principale rispetto a quella degli affluenti. Il processo è simile a quello che porta alla formazione di cascate da valli sospese, ma è dovuto alla sola erosione torrentizia. Tra le maggiori di questo tipo si annoverano quelle del fianco meridionale della gola del Columbia nella Catena delle Cascate nell'Oregon (U.S.A.), tra cui la Multnomah (189 m), e delle gole calcaree del Salisburghese nella Leichtesteinklamm e nella Kitzlochklamm, e le cascate di Ozoud nel Medio Atlante, in Marocco, che scendono dal versante sinistro del Canyon dell'Oued el Abid. Anche in Italia vi sono alcune cascate dovute a gole fluviali, tra cui quella dell'Acquacheta sull'Appennino forlivese, dove la roccia sottostante alla cascata è costituita da strati relativamente teneri di arenarie e marne.

Un altro tipo di cascata dovuto all'erosione delle acque correnti si può avere quando vi è un fenomeno di cattura fluviale, e lo spartiacque arretra per la maggiore forza erosiva dei torrenti di un versante. Un esempio ci è dato dalla cascata dell'Orlegna (50 m) nella val Bregaglia presso il Passo di Maloggia dove il torrente è stato catturato dal fiume Mera e forma una cascata per un dislivello preesistente. Un fenomeno di cattura fluviale per erosione di testata ha interessato il versante orientale della catena dei Drakensberge in Sud-Africa, con cattura da parte del fiume Tugela di alcuni ruscelli che confluivano nell'Orange. Gli altri fiumi che scendono dal versante orientale della catena si volatilizzano in spruzzi alla sua base, mentre il Tugela, che forma una serie di cascate al secondo posto nel mondo per altezza (948 m), presenta una portata relativamente costante.

Fenomeni connessi con movimenti orogenetici o isostatici sono anch'essi responsabili della presenza di numerose cascate. Un nuovo sollevamento di una regione costringe i fiumi a riadattare il loro profilo, per l'abbassamento del livello di base (ringiovanimento del rilievo). La nuova forza erosiva che si manifesta nel fiume ringiovanito tende ad eliminare eventuali gradini formatisi lungo il suo corso. Un sollevamento ha certamente interessato le Alpi in epoca non troppo lontana, come testimoniato dai numerosi terrazzi presenti in alcune valli che indicano un precedente livello, più elevato, del fondo. Alcune delle maggiori cascate alpine devono con ogni probabilità la loro origine alla presenza di banchi di roccia, molto resistenti, su cui l'erosione regressiva non si è ancora esercitata e alcune bastionate rimangono ad interrompere con bruschi gradini



il profilo di vari corsi d'acqua nella loro parte superiore. Le cascate del Toce in Val Formazza (143 m), del Rutor in Val d'Aosta (260 m), dell'Engstligenbach nell'Oberland Bernese presso Adelboden e quelle del Serio in Lombardia sono esempi di tali cascate formatesi in corrispondenza di bastionate rocciose su cui l'erosione regressiva non ha potuto ancora esercitarsi. Al di sopra di tali gradini, nonostante l'altitudine vari da 1.700 a 2.100 m circa, troviamo delle forme singolarmente dolci e poco incise, segno della modesta erosione torrentizia a monte dei gradini superiori della valle. In Val Formazza vi sono altri due gradini rocciosi a valle di quello che forma attualmente la cascata della Frua, che sono stati però raggiunti dall'erosione regressiva del Toce. È da supporre che questa stia esercitandosi sui gradini terminali dato che essi non sono propriamente verticali, ma presentano una inclinazione, come quello gneissico della cascata della Frua, inclinato a circa 45°, per cui il fiume scorre sulla parete per 300 m per superare un dislivello di circa 150 metri.

La zona del Gran Canyon in Arizona, sollevata circa un milione di anni fa ed incisa dal Colorado presenta, nonostante l'aridità, alcune cascate sui corsi d'acqua affluenti, come il Hawasu Creek, che forma una serie di cinque cascate di cui la principale è la cascata Money (60 m), e il Deer Creek, che precipita in una cascata di 32 m. L'origine di queste cascate è connessa con il processo di ringiovanimento e di maggiore escavazione del corso d'acqua principale, su cui non si trovano invece salti in quanto la notevole forza erosiva di un fiume carico di sedimenti come il Colorado è stata in grado di spianare, riducendoli a semplici rapide, i dislivelli legati alle rocce più resistenti del basamento.

La Regione della Gran Sabana nel Venezuela sud-orientale al confine con le Guyane presenta un eccezionale numero di cascate tra le più alte del mondo. La loro origine è dovuta alla presenza dei *tepùis*, montagne spianate e relativamente ampie tali da permettere il formarsi di corsi d'acqua di una certa consistenza che precipitano sulle sottostanti distese pianeggianti. L'origine dei tepuis sembra dovuta a fenomeni di sollevamento avvenuti in era pre-cambriana e una successiva erosione selettiva che ha asportato le rocce più erodibili ma non le potenti formazioni di arenaria triassica e di conglomerati.

Tra le numerose cascate si ricordano il Salto Angel, la più alta del mondo, con dislivello complessivo di 979 m, la grande cascata di Cuquenam (o Kukeenam) di 609 m nella zona sorgentifera del Caronì, le cascate del versante sud del massiccio del Roraima, mentre varie altre, paragonabili allo stesso Salto Angel, si ritrovano nella regione dell'Alto Amazonas, ancora praticamente inesplorata.

Un cospicuo gruppo di cascate è quello che precipita dagli altipiani. Particolarmente interessante da questo punto di vista è l'altopiano della Guyana, posto tra il 4° ed il 6° di latitudine N che precipita con una imponente balza praticamente verticale. I corsi d'acqua che dalla zona montuosa al confine col Venezuela si dirigono verso E formano imponenti salti d'acqua sulla parete dell'al-



topiano formata da strati alternati di arenarie e conglomerati. La maggiore di queste cascate è la famosa cascata di Kaieteur sul fiume Potaro (226 m), una delle maggiori del mondo, ma sono da notare anche la cascata di Amalia sul fiume Ipobe (150 m) e quella di Re Giorgio VI sul fiume Utshi (488 m).

La parte meridionale del continente africano presenta una serie di superfici sfalsate, che si raccordano tra loro con gradini, su cui i fiumi formano cascate che per la loro portata possono essere considerate tra le maggiori del mondo, come le celebri cascate Vittoria sullo Zambesi, al confine tra Zambia e Zimbabwe con dislivello di 122 m e le cascate Augrabies, con dislivello di 147 m sul fiume Orange. Tali cascate si sono formate in corrispondenza di zone di debolezza o di linee di faglia successivamente approfondite dalla forza erosiva di potenti fiumi.

Anche nell'America Meridionale alcune delle maggiori cascate si sono formate al margine di altipiani e superfici sfalsate, lungo linee di faglia o aree di debolezza. Il bacino del Paranà è tra le zone più ricche di grandi cascate della Terra, tra le quali le maggiori sono le cascate dell'Iguaçu con una fronte di 2760 m al confine tra Argentina e Brasile (con altezza variabile tra 61 e 82 m) e di Guaira o Sjete Quedas (= sette cascate) sul medio corso del Paranà al confine tra Brasile e Paraguay, con dislivello di 43,5 m. Queste si sono formate al margine di vasti altipiani, nel punto in cui i fiumi hanno incontrato linee di faglia approfondendole con la loro azione erosiva. Sia il Paranà che l'Iguaçu si restringono dopo le cascate in gole che presentano rispettivamente una larghezza pari a 1/80 e a 1/30 circa della larghezza del fronte delle cascate stesse. Analoga origine hanno anche le cascate di Paolo Alfonso sul San Francisco nel Brasile centro-orientale, laddove il corso d'acqua abbandona l'altopiano per precipitare da un'altezza complessiva di 83 m verso la pianura costiera. In questo caso è tuttavia da notare come la linea di faglia all'origine delle cascate sia disposta nella stessa direzione del corso del fiume e ne abbia convogliato il deflusso.

Anche in Europa vi sono alcune cascate la cui origine è connessa con linee di faglia al margine di altipiani, successivamente approfondite dalle acque correnti, a volte esercitata anche mediante azione regressiva, come nel caso delle cascate islandesi di Gullfoss (37 m) sul fiume Hvita, o dai ghiacciai come nel caso delle cascate di Voringfoss sul fiume Bjoreia che precipitano per 183 m dal bordo settentrionale dell'altopiano di Hardangervidda nella Norvegia sud-occidentale.

La presenza di fosse tettoniche e di notevoli dislivelli ai loro lati ha prodotto altre cascate. Tra le più note di questo tipo sono quelle di Kalambo presso la riva meridionale del Lago Tanganica in Tanzania che precipitano per complessivi 211 metri dalla parete che segna il margine orientale della grande fossa tettonica.

Abbiamo osservato in precedenza come molte cascate si siano originate a seguito di erosione delle acque correnti esercitata in sen-



so verticale; ma questa azione erosiva si esplica anche lateralmente, agendo cioè sulle rive. Un esempio di cascata la cui origine almeno in parte, è dovuta a tale fenomeno erosivo è quella di Montmorency (83 m) sull'omonimo affluente del San Lorenzo che precipita dalla scarpata sulla riva sinistra del fiume poco a monte di Quebec, dove la parete è ripida per l'erosione laterale del fiume.

Numerose sono anche le cascate che traggono origine da fenomeni connessi con il vulcanismo, in particolare da colate laviche che hanno attraversato il letto di corsi d'acqua. Attorno ai massicci vulcanici sono frequenti tali cascate, come nel Massiccio Centrale Francese, dove fanno spicco la cascata di Ray-Pic (54 m) sulla Bourges e quelle attorno a Mont Dore. Tra le altre zone ricche di cascate dovute a volate laviche sono l'Islanda, l'altopiano del Camerun nord-orientale, dove si segnala la cascata di Ekom (70 m), e le isole Hawaii. Talvolta le cascate traggono origine da differente erodibilità di lave di diversa età e formazione: ne sono esempio spettacolare quelle del fiume Jokulsa a Fiollum nell'Islanda Settentrionale, tra cui la Dettifoss, 44 m, una delle maggiori d'Europa formatesi al margine tra colate laviche pre e post-glaciali.

Alcune cascate si sono formate sui dislivelli dovuti alla formazione di coni vulcanici. Esempi di questo tipo si hanno soprattutto in alcune isole delle Antille ed anche del Pacifico. Tra le più note sono quelle di Carbet che precipitano dal fianco occidentale del vulcano Soufrière nella parte occidentale della Guadalupa, con tre salti rispettivamente di 110, 68 e 20 metri, originate da sorgenti che escono dal fianco precipite del cono vulcanico. Le cascate di Kahiwa (533 m) e numerose altre presso la costa occidentale dell'isola di Molokai nell'arcipelago delle Hawaii sono dovute a morfologia vulcanica e ad abbondanti piogge.

Relativamente frequenti in varie zone vulcaniche del mondo sono anche le cascate formatesi su filoni-strato, o *sills* nella terminologia inglese. Tra le più conosciute sono le cascate del fiume Yellowstone nell'omonimo Parco Nazionale nel Wyoming, che forma due salti rispettivamente di 33 e 93 metri nell'attraversamento di due *sills* ignimbrici frapposti alle rocce tufacee e ai conglomerati da cui è formato l'altopiano. L'erosione della copertura ha permesso alle acque di raggiungere i *sills* ignimbrici, che, essendo difficilmente erodibili, formano adesso le due cascate (Upper Fall o Cascata Superiore; Lower Fall o Cascata Inferiore) definite «vertical barrier waterfalls» per la disposizione dei *sills*, perpendicolare rispetto alle cascate. A filoni-strato sono dovute quelle di High Force (21 m) sul fiume Tees nell'Inghilterra orientale, nel punto in cui il fiume attraversa il Grande Sill doleritico di Whin, e di Howick (95 m) sul fiume Umgevi nel Natal. Talvolta fratture e fessure in campi lavici possono originare dei singolari salti d'acqua. L'Islanda presenta delle cascate in corrispondenza di dislivelli dovuti a fratture laviche, tra cui la maggiore è quella detta Ofaerufoss, che precipita dalla parete occidentale della grande frattura lavica detta Almangjà che si estende



nell'Islanda centro-meridionale per circa 40 km. Interessante è anche la frattura di trazione collegata al ripiano basaltico nella zona del Lago Thigvallavatn con un'estesa scarpata su cui precipita per un'altezza di circa 30 metri la cascata di Oxara.

Fessure in campi lavici fratturati sono all'origine di cascate alimentate da sorgenti che escono da tali distese laviche: anche in questo caso gli esempi più caratteristici vengono dall'Islanda, dove si ricordano le cascate di Hraun e di Barna.

La formazione di cascate può derivare anche da processi di disgregazione dei versanti, quando una frana precipiti nel letto di un fiume sbarrandone il corso. Tra le cascate di questo tipo, non molto comuni in quanto le frane sono generalmente formate da materiale non compatto, sono da segnalare quella imponente di Tortum nella Turchia non lontano dalla città di Erzurum, Dietro lo sbarramento franoso si trova un lago lungo circa 8,5 km.

Anche l'erosione marina può determinare la formazione di una cascata, quando l'azione delle onde, scalzando la base della fronte costiera, forma falesie. I corsi d'acqua per raggiungere il mare sono costretti quindi a superare con cascate il gradino che viene a formarsi tra il bordo delle falesie e il livello marino. Cascate di questo tipo non sono rare lungo la costa meridionale dell'Inghilterra, sulla costa meridionale della Turchia presso Antalya (dove si trovano quattro cascate che precipitano direttamente in mare, tra cui quella di Duden Su, con altezza di 50 metri), sulla costa del Camerun (cascata di Lobè, con altezza di 12 metri) e lungo la costa meridionale del Sudafrica.

Anche forme dovute ai processi dovuti al carsismo possono originare delle cascate, che sono nel complesso abbastanza numerose per la notevole vastità di zone carsiche presenti sulla superficie terrestre. Se ne hanno anche in corrispondenza di inghiottitoi e pozzi carsici: esempi sono la cascata di circa 110 metri del Fell Beck che si inabissa nell'inghiottitoio della grotta di Gaping Gill Hole presso Ingleton in Inghilterra o le cascate di Andranamomofona sul fiume Mahahavy nel Madagascar settentrionale che precipitano in un inghiottitoio ad apertura ellittica da un'altezza compresa tra 15 e 30 metri.

Cascate sotterranee sono presenti lungo il percorso ipogeo di alcuni corsi d'acqua all'interno di grotte, ma generalmente hanno dimensioni piuttosto piccole. Le cascate sotterranee si formano in corrispondenza di piccoli dislivelli che la portata ridotta dei corsi d'acqua ipogei non è in grado di erodere. Cascate sotterranee si trovano in Italia nella grotta della Balma di Rio Martino presso Crisolo in Piemonte (con altezza di ben 52 m), nelle grotte di Pastena in provincia di Frosinone e di Pertosa in provincia di Salerno. Cascate sotterranee si trovano nella grotta di Storvik e nella grotta di Gronli presso Mo i Rana nella Norvegia settentrionale, in numerose grotte francesi, spagnole, inglesi e della Slovacchia. Fuori d'Europa le maggiori sono quelle nella grotta del fiume Quashies in Giamaica



con altezza di circa 30 metri, le cascate dell'esteso sistema sotterraneo della Mammoth Cave negli Stati Uniti e delle grotte presso Nashville (Ruby Fall).

Quando le acque di un sistema idrico sotterraneo ricompaiono alla luce si possono originare cascate se la risorgenza è posta su di una parete verticale o sub-verticale. Cascate di questo tipo sono abbastanza frequenti nelle zone carsiche. In Italia la maggiore è quella detta Zompo lo Schioppo nell'alta val Roveto in Abruzzo, che è alimentata da una risorgenza posta al margine tra uno strato di calcari neocretacei ed uno di breccia calcarea pleistocenica (il dislivello della cascata è di circa 100 metri). Di notevole interesse sono la cascata di Golling (62 m) nel Salisburghese in Austria dovuta alla risorgenza carsica di un vasto sistema idrico sotterraneo alla base del monte Hoher Goll e quella della Savica (61 m) alimentata dal deflusso sotterraneo dei Sette Laghi della Slovenia. Tra le cascate extraeuropee di questo tipo si possono ricordare quelle di Adonis nel Libano.

Anche sorgenti di natura non carsica possono dare origine a cascate, quando sgorgano da pareti rocciose: è il caso delle famose cascate di Shiraito (Shiraito-no-taki) sul versante occidentale del Fuji-san in Giappone e delle Thousand springs che si trovano sulla parete occidentale dello Hell's Canyon del fiume Snake nell'Idaho. Entrambe queste cascate, che presentano l'aspetto di tanti fili d'argento disposti su un largo fronte (rispettivamente di 130 e 800 m circa) si sono formate in corrispondenza di uno strato di roccia impermeabile su cui vi era circolazione dovuta all'infiltrazione di acque piovane in terreni sovrastanti permeabili.

Si possono avere cascate anche lungo i fianchi di inselberg o monaddock, resti di antichi rilievi livellati dall'erosione selettiva che li ha lasciati emergere a causa della loro litologia più resistente rispetto alle regioni sottostanti. Generalmente queste cascate si formano dopo temporali ed hanno durata effimera in quanto gli inselberg si trovano in regioni aride o semi-aride. Un esempio è fornito dalle cascate che si formano sui fianchi del celebre Ayers Rock, nell'Australia Centrale, a seguito di acquazzoni o violenti temporali.

Contrapposto all'erosione delle acque correnti è il processo di deposito di sali di carbonato di calcio, che conduce alla formazione della roccia calcarea porosa detta travertino. Il processo è dovuto alla richiesta di anidride carbonica esercitata da piante acquatiche come il muschio e il capelvenere che ne hanno bisogno per il loro sostentamento: dighe di travertino si formano così lungo il corso di fiumi e torrenti con formazione a monte di un lago e di una cascata per superare lo sbarramento roccioso. Tra le più importanti cascate di questo tipo sono da notare la serie dei Laghi di Plitvice in Jugoslavia con altezza variabile tra 3 e 30 metri circa e del fiume Krka in Dalmazia, forse le maggiori di questo tipo al mondo. In particolare le cascate inferiori, dette di Skradinski buk, sono formate da una dozzina di tali sbarramenti, con altezza variabile tra



30 cm ed otto metri con dislivello complessivo di 48,7 m, a gradinata lungo il corso del fiume. Il processo di formazione del travertino è visibile anche presso cascate di altra origine, ad esempio quella delle Marmore in Umbria o quella di Huangoshu nella regione cinese del Kweichow.

Altre cascate sono infine di origine artificiale, cioè sono dovute ad opera di deviazione e di incanalamento di corsi d'acqua su dislivelli preesistenti.

Tra le cascate di questo tipo si ricordano quelle delle Marmore sul Velino, create artificialmente con la costruzione di un canale (Cavo Curiano) fatto costruire nel 271 a.C. dal console romano Manlio Curio Dentato. Il Velino precedentemente impaludava nella conca reatina. Il dislivello della cascata che complessivamente è di 165 m è dovuto ad una gola fluviale, scavata dal Nera nei calcari mesozoici.

Molto nota è anche la cascata dell'Aniene a Tivoli, anch'essa di origine artificiale, essendo dovuta ad un doppio tunnel nel quale vennero immesse nel 1835 le acque dell'Aniene che cominciarono a precipitare sul versante settentrionale di Monte Catillo formando la Cascata Grande, con un dislivello complessivo di 160 metri. La deviazione del fiume fu decisa da Papa Gregorio XVI dopo una disastrosa piena dell'Aniene che aveva distrutto parte dell'abitato di Tivoli.

Tra le cascate europee di origine artificiale è da segnalare quella di Coe sull'Amblève nelle Ardenne, in Belgio. La cascata, la cui altezza è di 15 metri, è dovuta ad un doppio tunnel scavato nel XVII sec. dai monaci di un locale convento, tagliando un meandro incassato che il fiume descrive attorno ad un sperone roccioso. Questi esempi, riguardanti i vari tipi di cascate esistenti sulla superficie della Terra, ci hanno permesso di ricordare i molteplici modi in cui sono state originate; l'evoluzione delle cascate appare legata soprattutto alla loro portata e alla litologia, ma molte di esse, essendo utilizzate per la produzione di energia elettrica, resteranno più o meno immutate nella loro forma per un periodo molto più lungo.

#### BIBLIOGRAFIA

Rare sono, anche nella letteratura più specializzata, le pubblicazioni riguardanti l'argomento delle cascate.

Per quanto riguarda l'Italia si ricordano:

- M. PAVOLINI, *Cascate per i nostri occhi*, in « La Rivista della Montagna », n. 49, Torino, CDA, 1982.
- M. PAVOLINI, *Le cascate d'Italia*, in « Natura e Montagna », n. 4, Bologna, 1982.
- M. PAVOLINI, *Le cascate d'Italia*, Trento, Arti Grafiche Saturnia, 1983.
- M. PAVOLINI, *Cascate in Italia e nell'arco alpino*, in « L'Universo », 1983.



Tra le più interessanti pubblicazioni riguardanti le cascate e la loro formazione al di fuori dell'Italia:

H. F. GARNER, *Dérangement du Caroní, Venezuela*, in « *Revue de Géomorphologie* », 16 (1966): 54-83.

H. P. MENARA, *Südtiroler Wasserfälle, Bolzano*, Athesia, 1981.

W. T. NOYSES, *World's famous waterfalls*, in « *National Geographic Magazine* », n. 50, (1926).

S. S. PHILLBRICK, *Horizontal strata and rate of recession of Niagara Falls*, in « *Bol. Soc. Geolog. America* », 81 (1970): 3723-3732.

#### RÉSUMÉ

L'article considère la morphologie et les processus qui sont à l'origine des principales cascades de la Terre. L'A. rappelle que beaucoup des principaux types d'érosion, par exemple l'action des glaciers et des eaux courantes, la désagrégation des versants, l'érosion marine et les phénomènes volcaniques, sont impliqués dans la genèse des cascades. Aussi des processus de dépôt, parmi lesquels l'accumulation de travertine, forment des cascades. En fin, l'homme a créé par des ouvrages sur les fleuves les conditions pour la formation des cascades, particulièrement dans les Alpes.

#### SUMMARY

The article examines the morphological conditions and the processes being at the origin of the most important waterfalls in the world. The A. remembers that many of the principal types of erosion, for instance action of glaciers and of running waters, weathering of slopes, sea erosion and volcanic processes, are involved in the genesis of the waterfalls. Also depositional processes, among which mainly sedimentation of travertine, form some waterfalls. Finally, man has created by works on rivers the conditions for the formation of waterfalls, especially in Alps.