

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

GIUSEPPE MORANDINI

IL problema della Corrente del Golfo è stato oggetto nell'ultimo decennio di studi intensi ed accurati che si sono estesi non solo all'Atlantico settentrionale, ove scorre, secondo l'espressione usata finora, questo gran fiume oceanico, ma anche al resto dell'oceano.

Della Corrente del Golfo, o Gulf Stream, dette notizia per la prima volta nel 1513 l'esploratore spagnuolo Ponce de LEÓN, il quale rilevò, — di ritorno dal viaggio in cui scoperse la penisola di Florida (ch'egli scambiò per un'isola), — che i suoi bastimenti si trovarono impigliati « in una corrente così forte, che, — sebbene navigassero sotto vento gagliardo — non potevano avanzare, anzi indietreggiavano; sicchè alla fine dovettero convincersi che la corrente era più forte del vento ». Poco più tardi Antonio DE ALAMINOS, pilota di Ponce de LEÓN, si valse della Corrente del Golfo per tornare dal Messico in Spagna, procedendo per alcuni giorni verso N. portato dalla corrente, prima di volgere ad E. verso l'Europa. Tuttavia, pur essendo ormai ben nota ai navigatori, la Corrente del Golfo rimase esclusa dalle carte marine ancora per ben due secoli e mezzo dopo la scoperta. Beniamino FRANKLIN si valse delle indicazioni fornitegli da un baleniere del Nantucket, il capitano FOLGER, il quale interrogato dal FRANKLIN circa le caratteristiche della Corrente del Golfo non si limitò a fornire le indicazioni richieste, ma tracciò su una carta l'approssimativo andamento della corrente, segnata come un gran fiume che, dalle zone al largo della Florida, si dirigeva verso settentrione fin quasi al limite meridionale dei banchi di Terranova per volgere poi verso E. attraverso l'Atlantico.

Gli studi più dettagliati si iniziarono verso la metà del secolo scorso e furono successivamente approfonditi con lo sviluppo di essi fino a portare alla concezione odierna sostenuta, oltre che dal FRANKLIN in seguito a personali osservazioni, anche dal grande oceanografo MAURY, secondo il quale l'oceano sarebbe paragonabile a una macchina termodinamica; il calore immagazzinato nelle zone equatoriali va a perdersi nelle acque polari e sono appunto le energie così generate le cause determinanti delle correnti, le quali contribuiscono al trasporto degli organismi delle acque, rinnovano il ricambio dei gas disciolti in profon-

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

dità e contribuiscono così a vivificare quelle parti dell'ambiente marino che altrimenti sarebbero assolutamente prive di vita.

L'andamento delle correnti, così generate, fu largamente approfondito in quel periodo denso di studi, e nella spiegazione dell'andamento delle correnti superficiali due cause furono particolarmente invocate: l'azione dei venti e la rotazione della terra, oltre alla configurazione morfologica dei bacini marini e degli oceani.

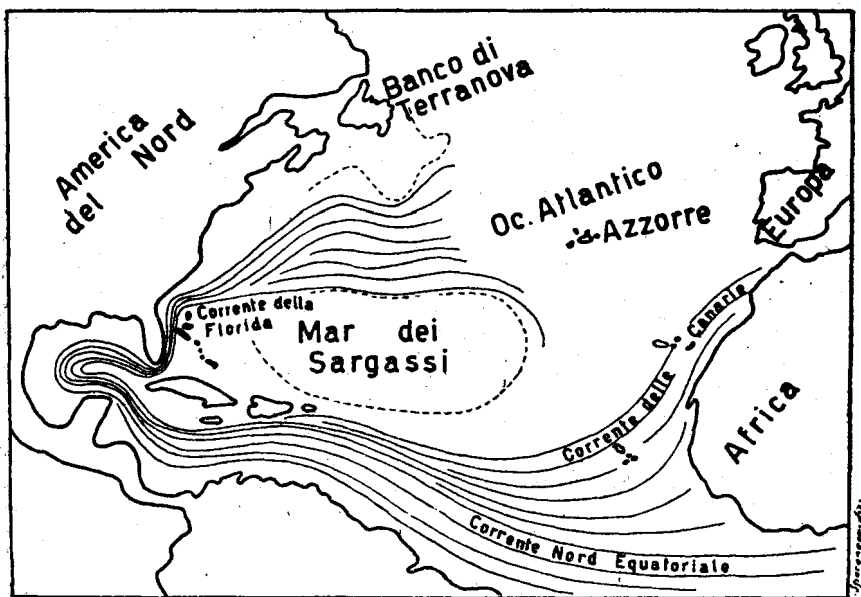


FIG. 1. — Schema delle correnti nella porzione meridionale del bacino Nord dell'Oceano Atlantico. Sec. LE DANOIS da O. PETTERSSON, *The driving forces of the Gulfstream*, volume in onore di N. M. KNIPOVICH)

La Corrente del Golfo apparve quindi anche dagli studi eseguiti successivamente, soprattutto nella stagione estiva, strettamente legata all'esistenza di quella equatoriale, scorrente verso Occidente nel M. Caraibico, rinforzata da quella sud-equatoriale, che urta contro le coste settentrionali dell'America del Sud. Queste acque, addensatesi nel Golfo del Messico, che si credette per lungo tempo avere un livello notevolmente più elevato di quello dell'Oceano, trovano la loro via di uscita attraverso gli stretti tra la Florida e Cuba, nonostante gli ostacoli interposti (Gran Banco delle I. Bahama), scorrono verso N. dal Capo della Florida, formando un fiume immenso di circa 50 miglia di larghezza e con una velocità in superficie intorno ai quattro nodi, velocità che si riduce a un nodo verso i 250 metri, fino a scomparire nelle zone sottostanti. Il volume delle acque è di 100 mila milioni di tonnellate, dirigentesi verso il N. nell'Atlantico; queste acque azzurre-cupe

sono raggiunte a N. delle Bahama da quelle della Corrente delle Antille, formando una corrente unica di acque fortemente saline, che muovendo a NE., parallelamente alla costa, con flusso decrescente, assume di fronte al Capo Hatteras, una larghezza di 200 miglia, con velocità di poco più di un nodo; qui comincia a sparpagliarsi in zone d'acqua calda, miste ad altre d'acqua fredda. Le cause già invocate ne determinano, secondo le vedute accolte fino a poco tempo addietro, la deflessione sempre più verso E.

In questa zona la Corrente del Golfo, intendendo con questo nome la corrente prodotta dall'ammassarsi delle acque entro il Golfo del Messico, cessa praticamente di esistere; la forza che la spingeva attraverso gli stretti della Florida è ora esaurita. Rimane però una massa d'acqua salina calda defluente con lentezza attraverso l'Atlantico in direzione NE., alla velocità media di meno d'un nodo marino, spinta, sempre secondo le più comuni spiegazioni, dai venti di occidente verso le rive dell'Europa, per andarsi finalmente a perdere nell'Artico tra la Norvegia e lo Spitzberg. Sopra le sue acque soffiano venti che recano il calore del sole tropicale dal Golfo Caraibico e da quello del Messico e lo portano alle regioni dell'Europa del Nord. Sulle rive opposte dello Atlantico arrivano invece le basse temperature artiche, portate a S. dalla Corrente del Labrador, sì che la temperatura media del mese più freddo dell'anno sul circolo artico in Norvegia è di zero, mentre sul continente americano, alla stessa latitudine, è di circa 13° sotto zero.

La spiegazione data dal FRANKLIN e dagli studiosi successivi e che per molti anni è stata ritenuta sufficiente non resiste più all'esame degli oceanografi dei nostri tempi, come ha recentemente scritto O. PETERSSON. Lo studioso francese LE DANOIS, tra i primi, ha dimostrato che questa massa di acqua salata e calda, che non ha nessuna tendenza a mescolarsi coll'acqua più densa circostante, si estende e si restringe su una zona dell'Atlantico settentrionale secondo le stagioni, fatto che il LE DANOIS chiamò « trasgressioni, stabilizzazioni e regressioni ».

È indubbio che esiste un trasporto ininterrotto di masse d'acqua effettuato dalla presupposta Corrente del Golfo dai tropici fino al Polo, poichè quest'acqua conserva le sue proprietà caratteristiche (salinità intorno a 35 ‰ e temperatura sopra zero) nelle acque fredde artiche. Importava però stabilire se tale trasporto veramente ha il carattere di una corrente o di un fiume nell'Oceano, come fu sostenuto da FRANKLIN e da MAURY, poichè la Corrente del Golfo non può essere paragonata a un fiume, costretto entro limiti ben definiti e le cui acque sarebbero mosse per analoghe cause o, come ammisero gli oceanografi dell'ottocento, spinte da una *vis a tergo*.

Le nuove vedute sono state elaborate dal LE DANOIS partendo dal principio che l'Atlantico è formato da due distinti bacini, uno meridionale e uno settentrionale, separati dalla soglia Pernambuco-Monrovia. Le acque che lo hanno riempito, derivanti da un mare polare e

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

da uno equatoriale, non si sono mescolate ed è appunto l'impossibilità di tale commistione che getta luce sulle condizioni idrologiche.

Il LE DANOIS, basandosi sulle condizioni di temperatura e di salinità, ha classificato le acque dell'Atlantico Settentrionale in acque di origine boreale (fredde, salinità inferiore a 35 ‰) e acque di provenienza equatoriale (calde e più salate, sopra a 35 ‰). Un'ulteriore divisione distingue tra le prime: acque artiche, abissali e continentali, tutte nettamente diverse da quelle equatoriali, le vere acque atlantiche, occupanti il centro del bacino atlantico settentrionale.

I movimenti di queste acque non miscibili, causati a Nord dalla rotazione terrestre e a Sud dagli alisei, sono quelli che determinano la cosiddetta Corrente del Golfo da interpretarsi come una trasgressione o una regressione delle acque atlantiche su quelle continentali per modo che di fronte a una *stabilizzazione invernale* si ha una *trasgressione estiva* da giugno a novembre, arrivando dapprima fino al Golfo di Guascogna e nei mesi successivi anche molto più a Nord fino allo Spitzberg, mentre nella porzione occidentale raggiungono i banchi di Terranova. Il LE DANOIS ha perciò formulato l'ipotesi secondo la quale la circolazione dell'Atlantico Settentrionale sarebbe basata sulla esistenza di una corrente circumpolare e di una equatoriale, negando l'esistenza della Corrente del Golfo, intesa secondo il disegno datone

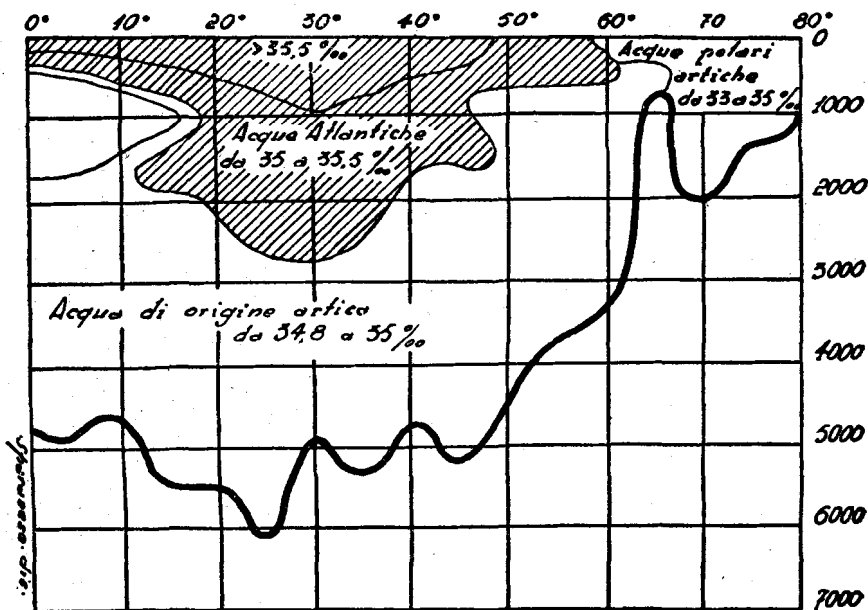


FIG. 2. — Sezione schematica dell'Atlantico Settentrionale secondo LE DANOIS; diversi tipi di acque (O. PETTERSSON, *op. cit.*).

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

dal FRANKLIN e convalidato, almeno parzialmente, dalle osservazioni posteriori, eseguite però soprattutto d'estate, in condizioni sempre simili. Del tutto diversa sarebbe l'origine, secondo le vedute del LE DANOIS, il quale ha dato anche una riprova climatica di tali condizioni, mettendo in relazione l'andamento climatico delle coste atlantiche francesi con l'ampiezza delle trasgressioni.

Questa nuova teoria è stata, almeno in parte, confermata dalle osservazioni e da esperimenti di laboratorio degli oceanografi scandinavi, secondo i quali sarebbe ben diversa la spiegazione.

Nelle acque della cosiddetta Corrente del Golfo si trova accumulata una provvista di energia data dalla sua alta temperatura ($24-27^{\circ}$) acquistata per la forte insolazione nel Golfo del Messico e nel Mare dei Sargassi. Questa energia viene trasformata in energia cinetica secondo un ciclo termodinamico (principio di Carnot), quando quest'acqua calda viene in contatto coll'acqua e col ghiaccio della corrente del Labrador.

Un esperimento eseguito da O. PETTERSSON dimostra il sistema delle correnti che si formano nelle acque del mare in contatto col ghiaccio. Dato che ogni kg. di ghiaccio richiede un supplemento di circa 78-79 kg. di acqua di mare a 0° per fondersi, e quest'acqua quando viene raffreddata a -1° o a temperature inferiori diventa più densa, scendendo al fondo o a un livello intermedio nel mare, deve esistere un trasporto notevole di acqua calda alla zona di fusione nelle regioni artiche ed antartiche dell'Oceano per poter sostituire l'acqua scendente. Là dove

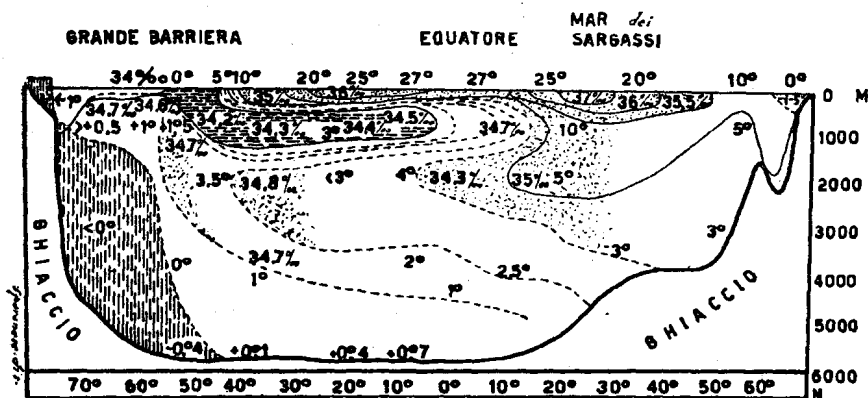


Fig. 3. — Sezione schematica dell'Oceano Atlantico secondo WUST; distribuzione della temperatura e della salinità e dei diversi tipi di acque (O. PETTERSSON, *op. cit.*).

il ghiaccio si trova in eccesso, quest'acqua viene raffreddata al punto più basso di equilibrio fra l'acqua oceanica e il ghiaccio a $-1,89^{\circ}$. Ciò avviene appunto nelle vicinanze della grande barriera dei ghiacci antartici come hanno dimostrato gli oceanografi tedeschi. L'acqua raf-

freddata dal ghiaccio fondente scende al fondo; di conseguenza nell'Atlantico meridionale l'acqua scende fino a 400-1200 m. di profondità, dando origine alla sottocorrente antartica, la quale è stata tracciata dal G. Wüster dal 50° lat. Sud al 10° lat. N. e di cui abbiamo già dato notizia in questo Bollettino (A. 1933, Fasc. 7-8).

L'influenza assorbente che il processo di fusione del ghiaccio esercita sull'acqua di mare circostante, la quale va a sostituire l'acqua raffreddata che, avendo ceduto il suo calore al ghiaccio in fusione, scende verso il fondo, pare molto accentuata nella vicinanza della barriera dei ghiacci antartici, dove viene generata la corrente di fondo dello Atlantico meridionale. Nello stesso modo al 30-50° di lat. Sud, la deriva del ghiaccio si incontra con una corrente superficiale di 35 ‰ di salinità e di 10° di temperatura, la quale, in contatto col ghiaccio, diminuisce di temperatura fino a 4°-5°, di salinità fino a 34,5 ‰ e si abbassa a 800-1200 m. dando origine alla sottocorrente antartica predetta.

Nell'emisfero Nord il processo della fusione del ghiaccio assume aspetto diverso. Qui non c'è nessuna sottocorrente artica, nemmeno rudimentale. La presupposta Corrente del Golfo, proveniente dalle correnti unite della Florida e delle Antille, incontra la corrente fredda del Labrador e contorna al Sud i banchi di Terranova con un eccesso di acque a temperatura elevata (24-26°), in modo che la sua temperatura, dopo la fusione dei ghiacci, è ridotta di circa 10°. Così le acque derivanti dal processo di fusione rimangono meno dense dell'acqua artica sottostante e per conseguenza non possono abbassarsi, formando perciò una grande massa d'acqua omogenea superficiale al Nord delle Azzorre fra l'America e l'Europa. Le acque superficiali di questa porzione dell'Atlantico sono costituite da quelle della Corrente del Golfo diluite, un miscuglio di acqua artica della Corrente del Labrador, che viene generalmente definito come acqua atlantica, e che sostituiscono quelle della cosiddetta Corrente del Golfo nella porzione europea.

È un fatto caratteristico che non è stato ancora possibile chiarire dove finisce la supposta Corrente del Golfo, cioè dove essa sparisce dalla superficie e di misurare sperimentalmente la sua velocità.

Ciò che può essere misurato è la rapidità con la quale gli organismi che accompagnano la corrente possono essere trasportati. Fra tali organismi, le larve dell'anguilla (*Leptocephalidae*), sono gli indicatori più caratteristici di questa corrente. L'unica cosa che si sappia sul loro movimento dal Mare dei Sargassi fino al Mediterraneo e alle coste europee, è basata sulle ricerche dello Schmidt, il quale ha dimostrato che in questa migrazione impiegano circa 3 anni.

Nell'area al Nord del 40° lat. e all'Ovest del 40° long. Ovest Gr. sono state effettuate ricerche interessanti da parte soprattutto delle navi americane addette alla sorveglianza dei ghiacci galleggianti e dai dipartimenti statistici della Società meteorologica internazionale presieduta dal prof. VAN EVERDINGEN, olandese, nonché dal Consiglio internazionale per lo studio del mare a Copenaghen e dagli oceanografi tedeschi.

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

Il dott. W. Irgens PETTERSSON ha trovato che questa regione, nei mesi nei quali il ghiaccio è in deriva, cioè nell'agosto-novembre, è circondata da acque calde che formano un ramo della Corrente del Golfo che viene attratto in questa zona dalla forza assorbente esercitata

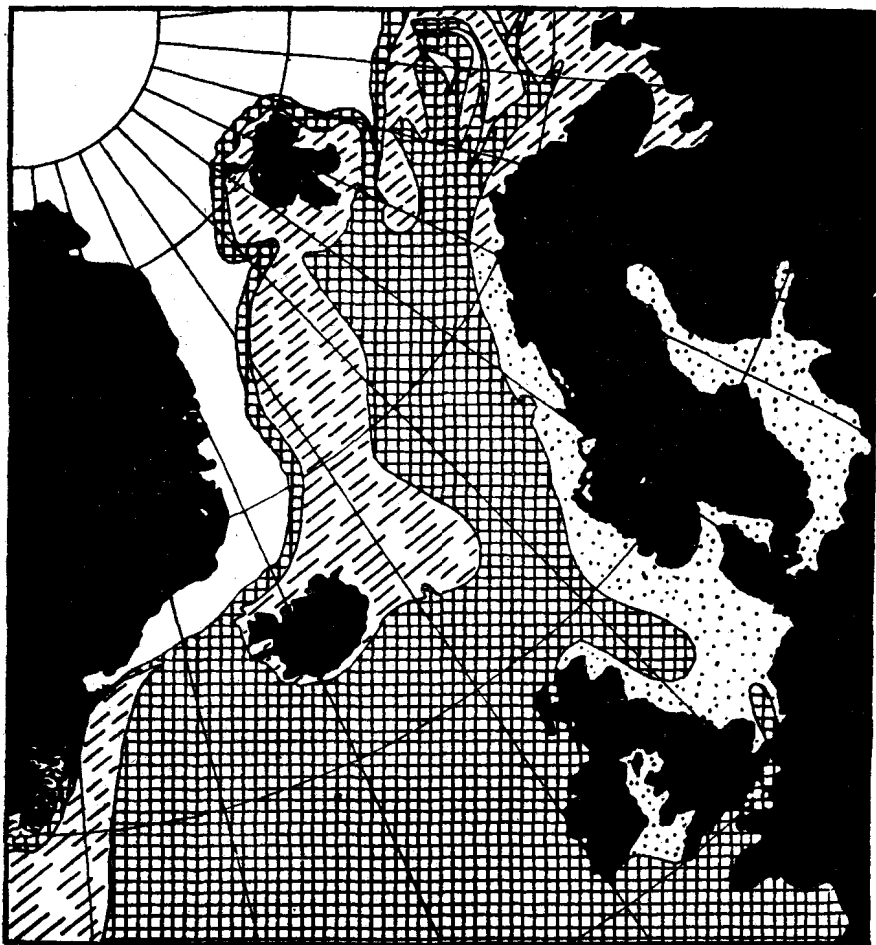


Fig. 4. — L'area occupata dalle acque atlantiche nell'Atlantico Settentrionale al massimo della trasgressione nell'estate 1896, secondo le vedute di LE DANOIS (da O. PETTERSSON, *op. cit.*).

dalla fusione del ghiaccio. Il PETTERSSON spiega tale fenomeno come risultante della forza assorbente che il ghiaccio in fusione esercita sull'acqua calda circostante. Questo effetto è stagionale e cessa nei mesi invernali (stabilizzazione). A Est del 40° meridiano Ovest la cosiddetta Cor-

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

rente del Golfo si diffonde in una direzione orientale verso le coste dell'Africa, della Spagna e del Portogallo, in modo che la grande area dell'Atlantico al Nord, a questa latitudine, viene occupata da uno strato superficiale di acqua boreale. Anche questa acqua sarebbe formata da un miscuglio delle acque boreali con quelle equatoriali, caratterizzate da una salinità fra 35 ‰ e 36 ‰ e da una fauna di pesci e da plancton differente.

L'origine di questa « acqua atlantica » forma l'enigma del problema della presunta Corrente del Golfo, la cui origine sarebbe legata, secondo il LE DANOIS, alla formazione geologica dell'Atlantico settentrionale. Il 40° parallelo costituisce un limite importante idrograficamente e biologicamente nell'Oceano Atlantico; a Sud di questo vi sono delle condizioni tropicali riguardo alla salinità, temperatura, plancton e fauna di pesci nella zona del Mare dei Sargassi e nelle acque della cosiddetta Corrente del Golfo propriamente detta con una temperatura fino a 24-26° e salinità di 36 ‰ e 37 ‰.

A Nord delle Azzorre troviamo un miscuglio fra l'acqua della creduta Corrente del Golfo e l'acqua artica nella grande area boreale con una salinità di 35 ‰ e 36 ‰.

È inutile parlare di una deriva del vento, di una « corrente atlantica » e di tracciare delle linee che rappresentano un sistema fluviale come quello del Mississippi o delle Amazzoni; non si può cercare la causa della circolazione oceanica in urti intermittenti ed irregolari dei venti occidentali, quando vi sono delle forze di un'altra specie in azione (calore radiante del sole, la forza di attrazione del sole e della luna) che causano un movimento ritmico di acqua di mare calda e salata dalla parte tropicale dell'oceano verso il Polo Nord, delle espansioni stagionali (trasgressioni) come hanno trovato il LE DANOIS e i suoi colleghi spagnuoli e portoghesi.

Sul movimento verso il polo dell'acqua superficiale calda nello Atlantico settentrionale la attrazione luni-solare esercita una influenza deviante verso Est in direzione opposta alla forza assorbente delle masse d'acqua scendenti dalla zona dove il ghiaccio si scioglie alle coste del Labrador e della Groenlandia, fatto che esercita un'attrazione superficiale verso Ovest.

Le acque della corrente atlantica calda subiscono perciò l'influenza di queste due forze. Ciò ha la massima influenza sul clima dell'Europa e sulla pesca di alto mare che varia secondo la vicinanza del corso della corrente principale ai banchi costieri della Francia, dell'Irlanda, della Scozia e della Norvegia o secondo la deviazione verso Ovest.

La causa di tali deviazioni è la forza variabile della marea ΣF . Quando questa forza aumenta, aumenta l'intensità di tutta la circolazione nell'oceano e con ciò la velocità della corrente diretta verso Nord nell'acqua superficiale. Questa velocità è notata con v nella formula (II) che è un derivato dell'espressione della deviazione Δ delle correnti a causa della rotazione terrestre.

RECENTI RICERCHE SULLA CORRENTE DEL GOLFO

$$\Delta = 2 v \omega \sin \varphi \quad (I)$$

$$\frac{d\Delta}{dv} = 2 \omega \sin \varphi \quad (II)$$

La formula dimostra che quando la velocità della corrente aumenta, allora aumenta anche la tendenza a deviare verso destra, cioè verso lo zoccolo continentale costiero europeo (trasgressione); quando la velocità v è ridotta, allora la corrente calda è deviata verso Ovest allontanandosi dall'Europa (regressione).

L'importanza di questa formula sta nella sua universalità. L'aumento o la diminuzione della forza motrice interessano tutte le correnti oceaniche imprimendo loro un movimento ritmico, cioè facendole deviare verso la destra o la sinistra secondo l'aumento o la diminuzione della circolazione.

Il ramo più settentrionale della Corrente del Golfo fu scoperto da Nansen nel Bacino del Polo Nord; i rami più orientali furono messi in evidenza di recente da N. M. KNIPOVICH nel Mare di Barents.

Gli importanti effetti del flusso dell'acqua calda dell'Atlantico sul clima sono noti da lungo tempo, ma ciò che ora è divenuto evidente dallo sviluppo delle ricerche biologiche marine, sono gli effetti ugualmente vitali che queste acque hanno sulla produttività dei banchi pescosi. Le fluttuazioni anno per anno della popolazione marina sono enormi, come dimostrano le statistiche di pesca regolarmente tenute da vari paesi. Inoltre dallo studio delle squame e degli otoliti (concrezioni dell'apparato uditivo) dei pesci è possibile stabilire l'età dei pesci catturati in ciascun anno, nonchè i rapporti di età tra il prodotto di una stessa pescata. Le osservazioni finora fatte hanno dato risultati interessanti in questo campo, come dimostrano i dati delle aringhe pescate a Plymouth nel 1934-35, di cui non meno del 91 % era di sei anni o meno, mentre nel 1936-37 la percentuale è stata dell'80 % con una diminuzione del peso totale del pescato di appena il 2 %.

Risulta pertanto il grande interesse che ha la conoscenza del periodo di posa e di esclosione delle uova sul successo di una campagna di pesca e si rende necessario conoscere le condizioni che determinano la sopravvivenza o la morte dei piccoli pesciolini.

Come la popolazione animale di una data area terrestre dipende dalla dotazione di vegetali, così per l'oceano, ove i pascoli sono costituiti invece dagli innumerevoli organismi del plancton, soprattutto vegetale. La loro vita è legata all'insolazione per la presenza della clorofilla sotto l'azione della quale avvengono le reazioni di sintesi dei primi composti organici, che danno poi origine ai più complessi. Durante la primavera e l'estate l'azione del sole non manca mai sulla superficie delle acque, dove vive il plancton, nè manca l'anidride carbonica nelle acque; invece la disponibilità di sali nutrienti saturi di azoto e fosforo è molto limitata e sono precisamente queste quantità che determinano

l'abbondanza del plancton e per conseguenza anche degli animali che direttamente o indirettamente se ne nutrono.

Ne consegue, a parità delle altre condizioni, che la produttività di una data area marina può esser valutata quando si conoscano i rifornimenti di questi importantissimi elementi.

Circa a dieci gradi di lat. a Nord del tropico del Cancro, a cinque o sei miglia di distanza dalla costa dell'America, si trovano le isole Bermuda, che sono le isole coralline più settentrionali del mondo; la cima dell'elevazione vulcanica su cui sorgono è formata da calcari di origine corallina. Il mare ha demolito l'orlo del cratere, sicchè ne è risultato un pittoresco semicircolo di isole in mezzo ad una zona di acque poco profonde, ricche di una variopinta fauna, tipica delle scogliere coralline di tutto il mondo. Le Bermuda sono da lungo tempo centro delle ricerche biologiche marine. Data la facile accessibilità da Nuova York, nel 1903 le università di Harvard e di Nuova York vi costruirono una Stazione biologica, trasformata e ampliata nel 1926 ed affidata ad amministrazione mista; la stazione fu inaugurata ufficialmente nel gennaio 1932.

Quando la stazione era stata organizzata si trovò che il problema cruciale della pesca in Atlantico non sta nelle acque della costa europea, ma nelle modificazioni della Corrente del Golfo attraverso l'Oceano; allora gli occhi dei biologi si rivolsero verso la stazione biologica delle Bermuda. Là ed in nessun altro posto si può tastare il polso di questa corrente e negli ultimi anni si è lavorato indefessamente sia alle Bermuda sia nell'Istituto Oceanografico di Woods Hole nel Massachusetts, due istituzioni che operano in stretta connessione, con l'aiuto anche delle navi oceanografiche dei paesi più interessati, per accumulare notizie a beneficio di tutte le nazioni marittime.

È ancora troppo presto per predire il successo di queste imprese, poichè, sebbene la conoscenza della cosiddetta Corrente del Golfo si vada rapidamente accrescendo, occorreranno ancora varî anni prima che modificazioni di così vasta zona possano mettersi in relazione con tutti i movimenti delle acque atlantiche. Ma gli oceanografi operanti hanno gradatamente dipanato la intricata matassa delle cause e degli effetti nel più vasto ed oscuro degli ambienti. Se dopo lunghe indagini la soluzione del problema sarà rivelata dal meccanismo della grande corrente che scorre inizialmente attraverso gli stretti della Florida sarà una grande e proficua vittoria per coloro che a queste ricerche si sono interamente dedicati.

Bil. O. PETTERSSON, *The driving forces of the Gulfstream*, Vol. in Onour of N. M. KNIPOVICH. Inst. of mar. Fish. A. ocean. of the U.R.S.S., 1939.