

DOTT. SALVATORE BELLINI

SU DI UN PARTICOLARE COMPORTAMENTO DI BATTERI D'ACQUA DOLCE

DATI SPERIMENTALI

Esaminando a goccia pendente un preparato contenente materiale prelevato da acqua di scarico riversata in una fossa scavata nel terreno, era stato notato che la maggioranza dei microrganismi si dirigeva e si addensava sempre nella medesima direzione, per quanto si facesse ruotare il piatto del microscopio. Posto il materiale sopra un vetrino, esso venne coperto con coprioggetto e si poté ancora osservare il particolare comportamento. L'esperimento venne ripetuto cambiando ambiente e materiale in esame (sedimenti di vasche di scarico, pozzanghere permanenti, pantani, stagni, acquitrini, fondi acquitrinosi di cave abbandonate, laghetti chiusi con modeste masse d'acqua e scarsa profondità), ma il risultato fu costantemente il medesimo, come se i microrganismi venissero attratti da qualcosa sempre nell'identico senso.

Esaminando casualmente un campione nell'ora di mezzogiorno con il sole di fronte, fu dato osservare che microrganismi presenti nel materiale biologico si dirigevano verso lo stativo del microscopio. Fu tolto il cannocchiale dallo stativo usandolo agganciato ad altro supporto, ma il risultato fu sempre il medesimo pur con vari campioni. Venne costruito una specie di stativo del microscopio in legno, con piatto portavetrino in legno, il tubo del microscopio in cartone, ma non fu rilevata alcuna apprezzabile variazione del comportamento dei batteri in confronto a quello dimostrato usando un microscopio tradizionale in materiale metallico. Si concluse che i microrganismi si dirigevano verso il nord geomagnetico. Allo scopo di confermare queste osservazioni e verificare se quanto rilevato si manifestasse anche al di fuori del particolare ambiente biologico costituito dal materiale sedimentario prelevato, furono poste due gocce pendenti una a sud contenente il materiale biologico e l'altra a nord di «acqua fontis» sterilizzata: i microrganismi si trasferirono nella goccia di acqua di fonte e si comportarono poi come descritto. In seguito questo particolare procedimento verrà sfruttato per separare i microrganismi attratti verso il nord magnetico da

altri che non posseggono tale caratteristica e dai materiali estranei contenuti nel campione in esame.

Ingrandimenti microscopici di circa $100\times$ (obiettivo $8,8\times$ ed oculare $11\times$) sono stati sufficienti per rivelare il fenomeno, che venne studiato anche in campo oscuro. Ad ingrandimenti gradualmente maggiori fino a $3000\times$ (obiettivi $42\times$, $64\times$, $105\times$ acqua e olio, $130\times$ olio; oculari da $5,6\times$ fino a $25\times$) si è potuto distinguere i microrganismi in spirilli, bacilli e cocci: molto dubbio il comportamento di qualche alga¹.

Il sospetto che i batteri, prevalentemente anaerobi, fossero attratti dal polo nord magnetico terrestre pervenne alla conferma allorché fu avvicinata al vetrino allestito in strato spesso² una barra magnetica in maniera che la sua estremità affacciata al materiale in esame fosse quella che attirava un ago magnetico nella sua estremità indicante il nord. Se la calamita era abbastanza potente i batteri si dirigevano verso di essa, in qualunque posizione venisse posta rispetto al nord magnetico terrestre. Venne costruita un'elettrocalamita alimentata con tensione continua fino a 750 Volts e intensità di 1 Ampère con l'alimentatore tenuto lontano dal preparato biologico in esame e la direzione della corrente fu tale per cui sulla parte affacciata al microscopio vi fosse il polo che attirava il polo nord della bussola. In seguito furono allestite elettrocalamite più potenti.

Se l'elettrocalamita in uso era posta sul nord geomagnetico la migrazione batterica aumentava in velocità, ma se l'intensità superava un certo limite non potute determinare per carenza di strumentazione, i batteri si fermavano e qualcuno invertiva il cammino.

Ciò fece pensare che l'eccesso di flusso magnetico locale avesse invertito la polarità dell'apparato responsabile del comportamento particolare dei microrganismi. Tutto questo potrebbe significare che i batteri studiati posseggano una specie di bussola interna che potrebbe consistere o in un generatore biologico di corrente o addirittura in un magnete inserito nella loro struttura cellulare, necessariamente di forma più o meno allungata onde costituire lui medesimo una barra magnetica. Quest'ultima ipotesi sembra la più probabile perché batteri magnetosensibili (come si propone di denominarli) uccisi o con il formolo o con il calore mediante pasteurizzazione o tindalizzazione, mostravano di ruotare su se stessi seguendo il campo magnetico prodotto in loco, pur non possedendo, ovviamente, movimento di traslazione. Posta, infatti, la goccia di materiale in esame con-

¹ Sembra doveroso accennare al fatto che campioni d'acqua raccolti nei fossati mostravano un accumulo di ciliati, particolarmente Vorticelle, verso il nord magnetico. Nei vetrini allestiti le Vorticelle erano ammassate pressoché tutte nella zona di vetrino rivolta a nord e nuotavano in un ambito ristretto che non le allontanava molto dalla detta area.

² Si tratta di una modifica della Camera di Van Tieghem: questa di solito è costituita di un anello di vetro di 2 cm di diametro ed alto da 5 a 10 mm. Al posto dell'anello è stata ritagliata una circonferenza del diametro di 18 mm in un vetrino portaoggetti che è stato poi fissato con mastice ad un secondo vetrino portaoggetti normale. La parte superiore, rimasta aperta, era chiusa da un vetrino coprioggetti.

tenente batteri uccisi a fianco di una goccia d'acqua di fonte, essi si orientavano secondo il campo magnetico, ma non migravano nella goccia d'acqua sterile.

Poiché bottigliette di campioni di sedimenti liquidi lasciate a se stesse si sono dimostrate un ottimo terreno di coltura, si è pensato di sfruttare questa possibilità per accrescere la concentrazione batterica nel mezzo. Si sono poi insemenzati i batteri in soluzioni povere di minerali o addirittura demineralizzate e si è rilevata una notevole diminuzione della magnetosensibilità dei microrganismi, statisticamente significativa, fino alla perdita del loro peculiare comportamento. Aggiungendo di volta in volta vari sali minerali si è osservato che il ferro sotto forma organica solubile in dose fino a 3 mgr per litro è in grado di fare riacquistare ai batteri la magnetosensibilità: ciò può significare che i microrganismi in discussione siano capaci di sintetizzare il materiale biomagnetico occorrente per l'organo dell'orientamento. Questa ipotesi trova riscontro altresì nel fatto che aumentando anche notevolmente la quantità di composti di ferro o di altri elementi, la capacità media di orientamento e la velocità di traslazione dei batteri non aumentano oltre un certo limite. Appare veramente significativo che siano i composti di ferro a restituire ai batteri la capacità di orientamento magnetico.

Se i microrganismi sottoposti allo studio sono magnetosensibili e se si dirigono verso il nord magnetico, invertendo la direzione del campo magnetico essi dovrebbero invertire la loro direzione di nuoto. Seguendo questa ipotesi furono applicati al materiale in esame impulsi di campo magnetico opposti, semplicemente presentando alternativamente i poli contrari di una barra magnetica oppure invertendo il senso della corrente nella bobina dell'elettrocalamita. Con questo espediente fu possibile constatare che i batteri magnetosensibili invertivano il senso del loro nuoto nell'ambiente liquido ogni qualvolta veniva invertito il polo magnetico loro presentato, purché d'intensità adeguata. Un ulteriore esperimento fu condotto sottoponendo il materiale biologico a smagnetizzazione introducendolo all'interno di una bobina percorsa da corrente alternata e allontanandolo poi lentamente dal campo magnetico. In questo caso si è verificato sia in batteri vivi sia in batteri morti un disordine di orientamento: alcuni microrganismi invertivano in maniera statisticamente significativa il loro orientamento, ma non si osservavano sicuri casi di smagnetizzazione.

DISCUSSIONE

La direzione di un campo magnetico s'intende quella verso cui si rivolge il nord dell'ago magnetico di una bussola. Appare verosimile che i batteri in esame si dirigano lungo le linee di forza del campo magnetico per cui, se ciò corrispondesse al vero, nell'emisfero australe i microrganismi dovrebbero muoversi in direzione del polo sud magnetico. La supposta bussola biomagnetica sembra dirigere il microrganismo esclusivamente in base alla componente angolare delle forze esercitate dal campo magnetico intrabatterico e quello terrestre: aumentando l'intensità del campo magnetico locale, aumentava la velocità di spostamento dei microrganismi, con le limi-

tazioni già dette. La descritta particolarità di questi batteri, prevalentemente anaerobi, potrebbe costringerli ad allontanarsi dalle superfici liquide o semiliquide più ossigenate per affondarsi nel limo, poiché il campo geomagnetico è orientato, nell'emisfero settentrionale, verso il basso.

Sembra possibile che l'apparato biomagnetico abbia il momento di dipolo magnetico orientato verso la parte opposta dell'apparato flagellare però non connesso direttamente con l'organo magnetico. Infatti negli anfilofotrichi si ha il medesimo movimento unipolare e quindi si deve assumere che l'orientamento nulla ha da vedere con l'apparato flagellare, per cui la «bussola» batterica deve trovarsi all'interno del corpo batterico e non nelle ciglia oppure nei flagelli.

Dato che questi batteri magnetosensibili sono stati reperi nei sedimenti (non nelle acque superficiali) di bacini più o meno limitati, il loro costante nuotare a settentrione prima o poi li porta al limite nord del bacino, dove ovviamente devono fermarsi. Poiché sembra oltretutto inverosimile che i microrganismi magnetosensibili abbiano a spostarsi in direzione del polo magnetico fino a raggiungerlo e, particolarmente, senza una precisa ragione inserita nell'economia della natura, ci si chiede se la proprietà magnetodinamica di questi batteri non sia piuttosto una condizione temporanea in rapporto a determinati stati o a contingenti momenti funzionali della cellula batterica. Si è ancora portati a pensare che i microrganismi in questione siano deputati all'utilizzazione di sostanze che, nell'ambiente nel quale essi vivono, si raccolgono verso il nord magnetico; oppure che invece di possedere un unico magnete ne posseggano tutta una serie. In quest'ultimo caso non appare fantasioso pensare che giocando sulla magnetizzazione dei singoli segmenti o sul loro reciproco allineamento, i batteri riescano a formare coppie magnetiche che, pur conservando il polo nord magnetico come riferimento, permettano loro, a seguito di stimoli ambientali soprattutto fisiologici, di muoversi nelle varie direzioni, come pure verso l'alto o verso il basso e verosimilmente quest'ultimo movimento potrebbe essere condizionato dalla quantità di ossigeno presente nell'ambiente.

Gli studi fino ad ora condotti sull'orientamento delle api e di altri insetti dovrebbero essere rivisti alla luce delle osservazioni sperimentali qui riportate. Del pari anche il processo di divisione cellulare potrebbe ubbidire in un contesto locale, concettualmente, a forze d'attrazione e repulsione di ordine elettromagnetico.

RIASSUNTO

Batteri prevalentemente anaerobi hanno mostrato la proprietà di dirigersi prevalentemente, se non unicamente, verso il polo nord magnetico. L'A. propone di denominare questi microrganismi «Batteri magnetosensibili» e suppone che essi al loro interno posseggano una sorta di «bussola» biomagnetica.

