



## Un po' di scienza

A cura di  
Luca Ciuffardi

### Storia, genetica, evoluzione... Per saperne di più

Circa due anni fa, sulle pagine di questa rubrica, avevo scritto di un capillare progetto di tipizzazione genetica delle popolazioni note di trota fario "mediterranea" e di trota marmorata che aveva preso il via lungo l'arco alpino sud-occidentale e nell'estrema porzione del nord-ovest appenninico, finalizzato a verificare lo stato di conservazione delle trote native e ad ottimizzare, per il futuro, le operazioni di allevamento in incubatoio e di gestione di queste importanti specie salmonicole.

Il progetto di ricerca è stato promosso prima di tutto dal Parco del Monviso, che ha messo a disposizione risorse e personale per poterlo concretizzare. Molto importante la collaborazione e la supervisione scientifica dell'Università del Piemonte Orientale, che grazie al Prof. Stefano Fenoglio sta facendo un grande lavoro di studio sugli ambienti fluviali alpini attraverso il Centro per lo Studio dei Fiumi Alpini "Alpstream". Al progetto hanno preso parte, e tuttora partecipano, la Città Metropolitana di Torino (per la quale i lavori sono seguiti costantemente dal Dr. Paolo Lo Conte), la Provincia di Cuneo e il Museo Civico di Scienze Naturali di Carmagnola (nella persona del Dr. Giovanni Delmastro). Questo gruppo di lavoro, del quale anche il sottoscritto ha il piacere di far parte per la parte scientifica e di monitoraggio, vede inoltre la partecipazione del collega ittologo Dr. Alessandro Candiotto e di alcune associazioni, tra le quali l'ATAAI-Associazione Tutela Ambienti Acquatici e Ittiofauna (coordinata da Marco Baltieri). Le analisi del DNA sono state curate fin dall'inizio dal Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università Politecnica delle Marche che, con il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Vincenzo Caputo Barucchi e dal Dr. Andrea Splendiani, costituisce un centro di eccellenza nazionale in merito agli studi di genetica molecolare applicati all'ittiofauna.

A distanza di due anni il progetto è progredito molto e, proprio nelle settimane scorse, si è arrivati alla pubblicazione dei risultati della ricerca sulla prestigiosa rivista scientifica internazionale "Biological Journal of the Linnean Society". Lo studio, intitolato "The role of the south-western Alps as a unidirectional corridor for Mediterranean brown trout (*Salmo trutta* complex) lineages", è partito dalla consapevolezza di come la ricostruzione della storia evolutiva recente degli organismi sia essenziale per intraprendere corrette azioni di conservazione e gestione; questo è particolarmente vero per le specie oggetto di interessi socio-economici, dove le pratiche commerciali si scontrano con le necessità di una corretta conservazione delle popolazioni naturali. Nel caso dei Salmonidi, è noto come le attività di ripopolamento indiscriminato vadano gradualmente a distruggere la biodiversità genetica e, attraverso il fenomeno dell'ibridazione, finiscano per cancellare i fondamentali adattamenti locali delle diverse popolazioni. Non dimentichiamo, ad esempio, per quanto riguarda i Salmonidi appenninici, che meno del 3% dei popolamenti nativi residuali ad oggi risulta esente da introgressione genetica, provocata da geni atlantici provenienti da immissioni con materiale di allevamento.

Partendo da queste considerazioni, la ricerca ha messo a confronto le popolazioni di trote presenti nei bacini del Rodano, in Francia, e del Po, nel nostro Paese, studiandone la diversità genetica del DNA mitocondriale per comprendere le correlazioni tra la distribuzione spaziale degli aspetti molecolari e l'azione delle forze naturali antiche (come le glaciazioni e i

fenomeni geo-morfologici e idro-geologici) che hanno avuto un ruolo nella distribuzione naturale delle popolazioni native. Inoltre lo studio si è dato l'obiettivo di comprendere se le popolazioni mediterranee delle Alpi sud-occidentali siano realmente autoctone oppure no, considerato che su questo tema, negli ultimi anni, c'è stato un grande dibattito tra gli addetti ai lavori.

Lo studio ha analizzato geneticamente 412 esemplari di trota prove-

Frontespizio dello studio.

Biological Journal of the Linnean Society, 2020, XX, 1-18. With 3 figures.

#### **The role of the south-western Alps as a unidirectional corridor for Mediterranean brown trout (*Salmo trutta* complex) lineages**

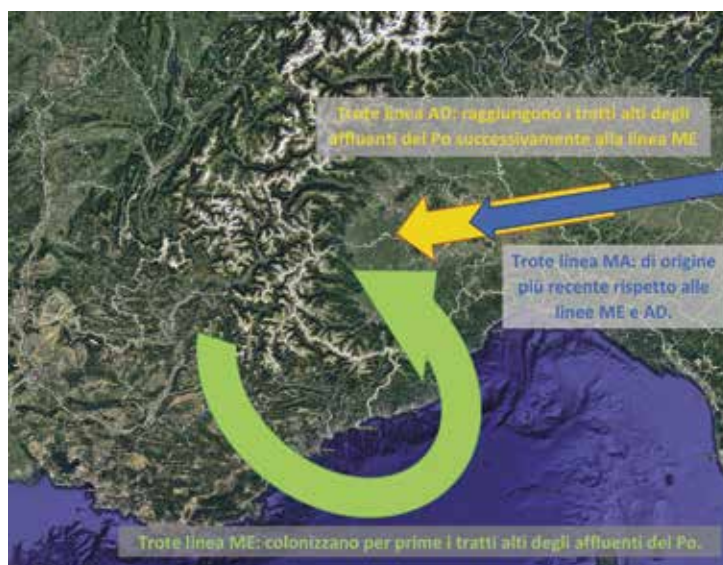
ANDREA SPLENDIANI<sup>1</sup>, PATRICK BERREBI<sup>2</sup>, CHRISTELLE TOUGARD<sup>3</sup>, TOMMASO RIGHI<sup>4</sup>, NATHALIE REYNAUD<sup>5</sup>, TATIANA FIORAVANTI<sup>6</sup>, PAOLO LO CONTE<sup>7</sup>, GIOVANNI B. DELMASTRO<sup>8</sup>, MARCO BALTIERI<sup>9</sup>, LUCA CIUFFARDI<sup>10</sup>, ALESSANDRO CANDIOTTO<sup>11</sup>, ANDREA SABATINI<sup>12</sup>, and VINCENZO CAPUTO BARUCCHI<sup>13</sup>

nienti da 42 diversi siti compresi tra la porzione più occidentale dell'Appennino Ligure e la Valle dell'Orco nelle Alpi Cozie, elaborando poi i dati attraverso approfonditi test statistici. Sono stati osservati e discriminati quattro diversi gruppi di aplotipi, ossia di combinazioni di varianti alleliche lungo un determinato cromosoma, che caratterizzano i seguenti quattro gruppi di trote: gruppo degli aplotipi MA relativi alle trote con livrea marmorata o anche alle trote con livrea fario ma che in ogni caso manifestavano una genetica MA; poi, restando nelle fario con livree riconducibili ad animali autoctoni, i due gruppi di aplotipi ME per la linea mediterranea propriamente detta e AD per la linea evolutiva adriatica; infine il gruppo di aplotipi AT per le fario atlantiche alloctone.

Entrambi i gruppi nativi di aplotipi AD e ME sono stati osservati da entrambi i versanti delle Alpi sud-occidentali: considerata tuttavia la presenza durante le fasi glaciali di una copertura di ghiacci molto estesa nell'area della Durance (affluente del Rodano), assolutamente incompatibile con la presenza di pesci d'acqua dolce, gli approfondimenti effettuati hanno permesso di capire come le trote fario native siano riuscite a superare le fasi avverse del Pleistocene superiore solamente nei tributari del Po. Solo successivamente gli eventi erosivi legati allo scioglimento dei ghiacciai hanno aperto un corridoio biologico che ha permesso alle trote di passare nell'alto bacino del Rodano.

Facendo un passo indietro, in accordo con altre ricerche recenti, la linea ME sembra essersi originata nell'area del Mediterraneo occidentale e il bacino del Rodano ha rappresentato un importante sito in cui il gruppo di aplotipi ha evoluto la propria diversità genetica. Probabilmente questa linea ha conosciuto la fase di massima espansione con l'ultima fase interglaciale Mindel-Riss. I periodi interglaciali più caldi del Pleistocene hanno sicuramente spinto le trote nei tratti più alti a causa dell'inidoneità termica delle zone a valle e questo isolamento ha certamente promosso l'evoluzione delle peculiarità genetiche di questi aplotipi. D'altro canto le fasi più fredde hanno invece innescato strategie migratorie verso il mare, confermate anche da evidenze paleontologiche; proprio queste rotte migratrici verso il mare hanno permesso alle trote di raggiungere, per esempio, la Corsica settentrionale e i corsi d'acqua continentali situati più a est, come ad esempio quelli della Liguria. A partire da questi piccoli bacini affacciati sul Mar Ligure, tra Alpi ed Appennino, fenomeni di cattura fluviale lungo i crinali hanno probabilmente permesso alla linea ME di distribuirsi successivamente nel bacino del Po. Una volta raggiunte queste acque, è ragionevole ritenere che le trote ME cercarono di colonizzare gli habitat idonei ai Salmonidi che trovarono disponibili; quando le condizioni climatiche divennero nuovamente fredde, con una nuova espansione dei ghiacciai, questi animali riuscirono a sopravvivere al grande gelo solo in aree rifugio un po' più miti, come le Alpi meridionali. Successivamente le condizioni migliori in parte della catena alpina, unitamente all'assenza di altre linee evolutive di fario, potrebbero infine aver permesso alle ME la colonizzazione dei tratti alti del versante alpino piemontese.

Spostandoci ora molto più a est, l'area adriatico-balcanica del Mediterraneo è considerata il centro di nascita della linea AD, che si è originata quasi simultaneamente rispetto alla ME; questa contemporaneità evolutiva sembra trovare conferma sia nella distribuzione spaziale delle due linee, sia nella loro complessità filogenetica. Anche nel caso delle trote AD le Alpi sud-occidentali potrebbero aver giocato un ruolo chiave sia durante le glaciazioni, sia nelle fasi interglaciali: in particolare un aplotipo peculiare, osservato sul versante italiano, è stato rinvenuto attorno a 1.000-1.500 metri di quota, dove si raggiunge il picco di commistione tra linee AD e ME; questo suggerisce che le trote ME colonizzarono per prime le testate dei bacini padani indagati, mentre le AD tentarono di fare lo stesso solamente più tardi. Durante le fasi calde del periodo interglaciale Riss-Würm, successivo a quello Mindel-Riss che ha conosciuto l'espansione della linea ME, anche le trote fario AD sopravvissero solo in ambienti d'alta quota del bacino del Po; poi, terminata anche l'ultima glaciazione di Würm, all'inizio dell'Olocene i grandi fenomeni erosivi legati allo scioglimento dei ghiacci hanno permesso pure alla linea AD di riversarsi sull'altro versante delle Alpi e colonizzare così l'alto bacino della Durance.



*Geografia dell'evoluzione delle trote.*

Periodo glaciale	Nome alpino	Inter/Glaciale	Periodo (anni fa in migliaia)	Epoca
		interglaciale	attuale - 12	Olocene
1°	Würm	periodo glaciale	12 - 110	Pleistocene
	Riss-Würm	interglaciale	110 - 130	
2°	Riss	periodo glaciale	130 - 200	
	Mindel-Riss	interglaciale	200 - 300	
3° - 6°	Mindel	periodo glaciale	300 - 455	
	Günz-Mindel	interglaciale	455 - 900	
7°	Günz	periodo glaciale	900 - 1200	

Tabella tratta e modificata da: [https://it.wikipedia.org/wiki/Cronologia\\_delle\\_glaciazioni](https://it.wikipedia.org/wiki/Cronologia_delle_glaciazioni)

### *Epoche delle glaciazioni.*

Per quanto riguarda il gruppo di aptotipi MA, nel bacino del Po la sua evoluzione appare molto simile a quella della linea AD; nei bacini padani delle Alpi sud-occidentali le trote native con livrea “fario” ma di linea MA hanno mostrato un range altitudinale di distribuzione intermedio tra quello della trota marmorata vera e propria (posto a circa 450 m s.l.m.) e quello delle fario commiste tra linee AD e ME.

Questo permette di ipotizzare che le trote MA abbiano tentato di raggiungere le testate dei bacini solo più tardi rispetto alle linee ME e AD, a conferma di un’origine più recente del gruppo di aptotipi MA rispetto agli altri due.

Il confronto tra la diversità nel DNA mitocondriale di fario localizzate sui due versanti delle Alpi sud-occidentali evidenzia in pratica l’assenza di differenze genetiche sostanziali tra le popolazioni degli alti bacini di Durance e Po. Il fatto che tutti i siti di campionamento delle trote nelle alte valli della Durance fossero posti ad altitudini comprese tra 1.100 e 2.100 metri, in un range di quota che era stato sicuramente occupato dai ghiacci, implica che le trote siano arrivate in quei luoghi solo successivamente. Considerato che durante l’ultimo massimo glaciale il ghiacciaio della Durance fu uno dei più importanti delle Alpi, mentre all’opposto il versante italiano sud-occidentale fu interessato da una copertura dei ghiacci meno estesa, la spiegazione della formazione di un corridoio biologico unidirezionale tra i due versanti potrebbe essere legata alla creazione di piccoli laghi effimeri o alla connessione di ruscelli lungo il margine dei ghiacci in fase di ritiro, tali da permettere alle trote l’attraversamento dello spartiacque montano per andare ad occupare l’alto bacino della Durance che era ancora libero da pesci.

Nel complesso gli esiti dello studio hanno permesso di evidenziare come la trota fario sia a tutti gli effetti nativa degli affluenti del Po che scendono dalle Alpi sud-occidentali; questa analisi cancella definitivamente il dubbio circa una possibile alloctonia della specie in quest’area, che in passato era stata ipotizzata da alcuni ittiologi ma che, alla luce dei risultati della ricerca, viene ora completamente smentita. L’elevatissimo valore biologico ed evolutivo di queste popolazioni di trota impone inoltre a tutti i gestori delle zone interessate la massima cautela e consapevolezza al fine di evitare ogni immissione sia di fario atlantiche, sia di trote “mediterranee domestiche”. Quest’ultimo tipo di pesci, spesso di variegata origine appenninica, oramai viene proposto sul mercato in maniera indiscriminata, subdola e chiaramente non corretta; sovente, malgrado presentino una livrea con caratteri che li fanno somigliare a trote originarie, in realtà da un punto di vista genetico questi animali costituiscono un mix tra mediterranee di varia provenienza e ceppi atlantici, e il loro impiego nelle attività di ripopolamento rischia realisticamente di generare nuovi fenomeni negativi di introgressione genetica nelle popolazioni native.

È necessario quindi che vada a cessare ogni tipo di immissione sia con trote atlantiche sia con presunte mediterranee di dubbia provenienza. Lungo le Alpi sud-occidentali, così come nel resto d’Italia, occorre che le pratiche gestionali vadano sempre più orientate a scala di bacino con ceppi salmonicoli autoctoni locali, in modo da conservare la storia evolutiva, la variabilità genetica e l’adattamento all’ambiente che solo uno stock locale di trote può essere in grado di garantire.