



a cura di Carmela Maria Montone  
Dipartimento di Chimica  
Sapienza Università di Roma  
carmelamaria.montone@uniroma1.it

## INTERVISTA AL PROF. MANUEL SERGI: LA CHIMICA ANALITICA FORENSE, UN PONTE TRA SCIENZA E GIUSTIZIA

*Manuel Sergi è Professore Associato di Chimica Analitica presso Sapienza Università di Roma e coordinatore del Gruppo di Lavoro di Chimica Analitica Forense (CAF) della Società Chimica Italiana. È uno dei protagonisti della crescente sinergia tra mondo accademico, istituzioni e forze dell'ordine. Lo abbiamo intervistato per capire meglio come la chimica analitica stia contribuendo a trasformare le indagini forensi e quale ruolo giochi oggi la collaborazione scientifica nel campo della giustizia.*



**Professore, partiamo dalle origini: come nasce il Gruppo di Lavoro di Chimica Analitica Forense (CAF) all'interno della Società Chimica Italiana (SCI)?**

Il gruppo nasce nel 2021 grazie al coordinamento del Prof. Marco Vincenti dell'Università di Torino. L'obiettivo era quello di creare uno spazio di confronto e collaborazione tra ricercatori, enti pubblici e appassionati del settore, per mettere a sistema competenze e risorse nel campo della chimica forense. In poco tempo, il gruppo è cresciuto fino a contare più di 180 membri provenienti da università, istituzioni e laboratori pubblici e privati, diventando un punto di riferimento nazionale per la co-

munità scientifica e per chi opera nel settore delle indagini chimico-forensi.

**Il CAF, come gruppo di lavoro, ha avuto un ruolo molto importante negli ultimi anni. Ma sappiamo che la Società Chimica Italiana sta introducendo una nuova organizzazione interna: i Gruppi Tematici. Cosa cambierà per voi?**

Sì, è vero. Secondo la modifica del regolamento della Società Chimica Italiana, i Gruppi di Lavoro verranno sostituiti dai Gruppi Tematici. Si tratta di una riorganizzazione che mira a rendere le attività della SCI ancora più dinamiche e interdisciplinari. I Gruppi Tematici infatti nascono per affrontare tematiche di attualità e di interesse trasversale per la comunità chimica, coinvolgendo soci provenienti da diverse Divisioni.

Nel nostro caso, la transizione del Gruppo di Lavoro di Chimica Analitica Forense (CAF) verso un Gruppo Tematico rappresenta un'opportunità per ampliare la partecipazione e favorire il dialogo con altre aree della chimica: dalla tossicologia alla chimica dei materiali, fino alla scienza dei dati.

È un'evoluzione naturale che consentirà di mantenere viva l'identità del gruppo, ma con una pro-



spettiva ancora più aperta e multidisciplinare, in linea con le sfide attuali della ricerca e dell'applicazione forense.

### **Quando parliamo di chimica forense, a cosa ci riferiamo esattamente?**

La chimica forense è quella branca della chimica che applica metodi e strumenti analitici allo studio delle tracce lasciate da un evento criminale. Già agli inizi del Novecento Edmond Locard, fondatore nel 1910 del primo laboratorio di medicina legale a Lione, nonché padre delle scienze forensi, formulò il celebre principio secondo cui “ogni criminale lascia una traccia di sé sulla scena del crimine e porta via con sé una traccia”, noto poi come Principio di Locard. Oggi questo principio si traduce in un approccio altamente tecnologico: dalla ricerca di tracce biologiche, come il DNA, a quelle chimiche come residui di polvere da sparo, fibre, vernici, esplosivi o sostanze stupefacenti. La chimica analitica, e in particolare quella strumentale, ha rivoluzionato le indagini, permettendo di identificare le molecole di interesse anche a bassissime concentrazioni, fornendo al contempo un elevato grado di affidabilità e valore probatorio.

### **Quali sono le tecniche più utilizzate in questo campo?**

Le notevoli innovazioni tecnologiche nella Chimica Analitica hanno portato alla capacità di determinare tracce anche a concentrazioni impensabili fino a qualche anno fa (picomolari o in alcuni casi femtomolari), permettendo alle forze dell'ordine di avere strumenti investigativi sempre più potenti ed affidabili.

La combinazione di tecniche analitiche altamente discriminanti e informative permette l'identificazione di campioni incogniti, con lo scopo di ricostruire le dinamiche di un evento criminoso. In un'indagine forense è importante la definizione di una strategia di analisi basata sulla successione di tecniche in relazione al potere discriminante, informativo, e privilegiando inizialmente tecniche che non alterino lo stato chimico-fisico del campione, per poi proseguire verso tecniche altamente accurate e specifiche, ma spesso distruttive.

In tale ottica, si contraddistinguono le tecniche di microscopia ottica (a campo chiaro, a campo scu-

ro, a luce polarizzata, a fluorescenza), microscopio comparatore, tecniche di misurazione dell'indice di rifrazione (GRIM), con lo scopo di ottenere informazioni fisiche (morfologiche, topografiche, ottiche) di prove/tracce fisiche quali fibre, vernici, bossoli, frammenti di vetro, schegge di legno, suolo, etc.

Sulla base delle analisi preliminari, si prosegue, quindi, utilizzando la tecnica analitica o la combinazione più adatta: la microscopia a scansione elettronica accoppiata al rivelatore di raggi X (SEM-EDX) per l'analisi dei residui da sparo e di inchiostri, tecniche spettroscopiche quali Spettroscopia Raman, Spettroscopia Infrarossa a Trasformata di Fourier (FT-IR), per analisi di coloranti, resine e pigmenti presenti in vernici e fibre, spettrofotometria di fluorescenza a raggi X (XRF) per la composizione elementare di tracce fisiche, NMR per l'analisi di sostanze stupefacenti o esplosivi. Per campioni solidi e con struttura prettamente cristallina si utilizza la Diffrazione a Raggi X (XRD), come nel caso dei frammenti di vetro, minerali rinvenuti nel suolo, ecc. Per l'analisi di metalli, come i pigmenti caratteristici delle vernici di autoveicoli, la tecnica maggiormente utilizzata è il Laser Ablation accoppiato alla spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS).

Nei casi di elevata complessità della matrice, oltre alla necessità di tecniche con notevole valore probatorio, sono necessarie tecniche maggiormente informative, sensibili e specifiche, come la Spettrometria di Massa (MS), accoppiata per lo più a tecniche separative cromatografiche quali la cromatografia liquida e gassosa (LC e GC), fondamentale per l'analisi di molecole organiche quali sostanze stupefacenti, esplosivi, residui di incendi.

### **Le sostanze stupefacenti rappresentano oggi una delle sfide più complesse.**

#### **Come la chimica analitica aiuta a contrastarne la diffusione?**

Un aspetto sempre più importante della chimica analitica forense è legato alle sostanze stupefacenti, che rappresentano una minaccia costante nei confronti soprattutto delle nuove generazioni. Inoltre, il mercato illecito delle sostanze psicotrope è in continua evoluzione a causa dell'introduzione delle Nuove Sostanze Psicoattive (NPS), sostanze principalmente di sintesi, ottenute attraverso mo-

difiche strutturali su droghe tradizionali o farmaci, con l'obiettivo di eludere i controlli e di diffondersi rapidamente grazie anche al web. Per poter affrontare il problema in maniera incisiva sono necessari strumenti analitici e di elaborazione dati estremamente efficaci. Se pensiamo che abbiamo superato le 1000 NPS, comprendiamo la complessità del problema, che deve essere gestito con adeguate risorse. In questo caso la tecnica che maggiormente si sta affermando è la LC-MS, anche con sistemi ibridi ad elevata risoluzione HRMS. Nei casi reali è spesso necessario fare uso di strategie di chimica computazionale per individuare, tra migliaia di segnali e misurazioni, quelle informazioni davvero rilevanti per l'indagine. In tale contesto, l'analisi retrospettiva di dati altamente informativi, ma al contempo complessi, come quelli HRMS, richiede la combinazione di strategie avanzate di interpretazione. Tali strategie utilizzano approcci chemiometrici e strumenti di statistica avanzata, come analisi multivariata (PCA, PLS-DA, SIMCA), visualizzazione e interpretazione dei dati tramite reti molecolari (Molecular Networking), nonché algoritmi di Machine Learning e Deep Learning, ai fini di una maggiore accuratezza di identificazione. Grazie a tali approcci, il chimico forense può riconoscere pattern nascosti nei risultati di analisi strumentali, anche ifenate, distinguendo, ad esempio, tracce di esplosivi da residui ambientali innocui, collegando campioni di droga provenienti dallo stesso lotto di produzione o dalla stessa area geografica o identificando nuove sostanze, per contrastare produzione e traffico di sostanze illecite. In quest'ultimo caso, infatti, sfruttando parametri identificativi quali i pattern di frammentazione MS/MS, il tempo di ritenzione o la mobilità ionica, è possibile avere informazioni dettagliate, per esempio sulle più recenti NPS, come analoghi del Fentanyl (fentalogs) o Nitazeni. In pratica, la chemiometria rende la scienza forense non solo un lavoro di laboratorio, ma anche un esercizio di intelligenza analitica.

## **Parliamo di collaborazione: quanto è importante l'interazione tra università e forze dell'ordine in questo ambito?**

È fondamentale. In questo scenario, diventa evidente quanto sia necessario attingere a tutte le ri-

sorse di conoscenza, tecnologiche e scientifiche, abbattendo i tradizionali "muri" tra le istituzioni di ricerca, come le Università, e le Forze dell'Ordine. La collaborazione interistituzionale è, infatti, la chiave per affrontare sfide investigative sempre più complesse. In Italia, la chimica forense è un elemento cruciale nelle indagini, integrata nel lavoro quotidiano di diverse forze dell'ordine, ognuna con competenze e strutture altamente specializzate. Tra i principali attori figurano i Carabinieri, con le loro diverse articolazioni specialistiche, tra cui il Raggruppamento Carabinieri Investigazioni Scientifiche (RaCIS), e la Polizia di Stato, tramite la Polizia Scientifica insieme alle diverse specialità. I loro laboratori all'avanguardia sono impegnati nell'analisi di reperti biologici, chimici e fisici, come residui di polvere da sparo, fluidi sospetti, fibre, o sostanze stupefacenti o ignote. Ogni traccia viene esaminata per trovare collegamenti tra vittime, sospetti e scenari del crimine.

Inoltre, Guardia di Finanza, Agenzia delle Dogane e dei Monopoli, ICQRF del MASAF, ARPA, ma anche ISPRA, e Istituto Superiore di Sanità, sono tutti dotati di strutture e laboratori attrezzati per affrontare le sfide analitiche correlate con eventi criminali e dare un contributo decisivo per contrastare l'illegalità. Un ulteriore supporto proviene dai Vigili del Fuoco, che sono coinvolti nelle investigazioni forensi legate a incendi dolosi o esplosioni.

La cooperazione tra le forze dell'ordine, gli enti di controllo e il mondo della ricerca include un dialogo continuo e produttivo, che ha portato a significativi progressi nello sviluppo della chimica forense, attraverso tecniche sempre più sofisticate, sia dal punto di vista strumentale che dal punto di vista dell'elaborazione dati. In questo contesto, il lavoro congiunto tra accademia, forze dell'ordine e amministrazioni tecniche è fondamentale non solo per risolvere crimini, ma anche per garantire sicurezza e giustizia nella società. Negli ultimi anni, le collaborazioni scientifiche tra le forze dell'ordine e le università sono cresciute notevolmente, portando a risultati concreti nella risoluzione delle principali problematiche analitiche e nelle sfide quotidiane dell'investigazione. Queste collaborazioni si sono tradotte in convenzioni tra istituzioni preposte al contrasto dell'illegalità e numerosi atenei, dando vita a tesi di laurea, dottorati di ricerca, progetti



nazionali e internazionali, e anche collaborazioni specifiche su singoli casi o tematiche particolari.

### **Può parlarci dei risultati di collaborazione tra università e forze dell'ordine?**

Certo, sono numerosi. Posso riportare a titolo di esempio alcuni lavori condotti dal nostro gruppo di ricerca mediante analisi UHPLC-HRMS/MS negli ultimi anni in diversi ambiti.

Uno studio condotto con il RIS di Roma ha riguardato il caso di Corinaldo; sono state mappate le aree interessate, fornendo così informazioni cruciali per le indagini [1]. Un altro studio in collaborazione con Polizia Scientifica e RIS ha riguardato i crimini facilitati da sostanze psicoattive, come le aggressioni sessuali, permettendo di rilevare tracce anche dopo lavaggio degli oggetti utilizzati, grazie alla elevata sensibilità del metodo analitico [2]. In un recente lavoro in collaborazione con la Polizia Scientifica è stato possibile creare nuovi modelli predittivi in grado di identificare e classificare rapidamente NPS in reperti sequestrati [3]; un analogo approccio di Molecular Networking è stato utilizzato in collaborazione con il RIS Roma [4].

Ma sono tanti i casi in cui le collaborazioni tra le numerose Università coinvolte (o Istituti di ricerca) e le Forze dell'Ordine hanno portato a risultati reali, tangibili. Ovviamente i protagonisti sono sempre gli specialisti di laboratori scientifici degli enti preposti, con la loro competenza ed esperienza, per cui spesso i ricercatori hanno opportunità di crescita professionale ed anche personale.

### **Il CAF sembra rappresentare un punto di incontro strategico per tutte queste esperienze. Qual è il suo ruolo oggi?**

Il Gruppo di Lavoro di Chimica Analitica Forense (CAF) è un vero laboratorio di idee e collaborazioni. La sua forza sta nella capacità di unire competenze accademiche, istituzionali e industriali, creando sinergie che migliorano la qualità delle analisi e l'efficacia delle indagini.

Insieme ai colleghi Federica Bianchi (Parma), Alessandro Giuffrida (Catania) e Alberto Salomone (Torino), lavoriamo per promuovere la crescita scientifica e culturale del gruppo, organizzando convegni, workshop e seminari. Un esempio recente è stato il Convegno di Chimica Analitica Forense 2025, svol-

tosi a Torino, che ha riunito esperti da tutta Italia per discutere le più recenti innovazioni del settore. Questi momenti di incontro non solo consentono di condividere le più recenti innovazioni, ma rafforzano il legame tra scienza e giustizia, rendendo la chimica forense sempre più all'avanguardia.

### **In sintesi, quale pensa sia oggi il valore più grande della chimica forense?**

Credo sia la sua capacità di unire innovazione tecnologica e valore probatorio, ma anche di creare ponti tra realtà diverse: università, forze dell'ordine, enti pubblici. La chimica forense è una scienza che non si limita a spiegare i fatti, ma contribuisce a garantire sicurezza, giustizia e verità. E questo, in fondo, è il suo più grande successo.

Grazie al lavoro di ricercatori, istituzioni e gruppi come il CAF, la chimica forense è oggi uno strumento fondamentale per le indagini e un esempio virtuoso di come la collaborazione scientifica possa davvero fare la differenza al servizio della giustizia.

### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] F. Vincenti, F. Pagano *et al.*, *Forensic Chemistry*, 2021, **23**, 100327.
- [2] F. Vincenti, C. Montesano *et al.*, *Forensic Chemistry*, 2023, **36**, 100527.
- [3] I. Bracaglia, S. Gamberoni *et al.*, *Analytical Chemistry*, 2025, **97**(28), 15420.
- [4] F. Vincenti, C. Montesano *et al.*, *Frontiers in Chemistry*, 2020, 572952.

### **Interview with Professor Manuel Sergi: Forensic Analytical Chemistry, a Bridge between Science and Justice**

Manuel Sergi is an Associate Professor of Analytical Chemistry at Sapienza University of Rome and the coordinator of the Forensic Analytical Chemistry Working Group (CAF) of the Italian Chemical Society. He is one of the key figures driving the growing synergy between academia, institutions, and law enforcement. We interviewed him to gain a deeper understanding of how analytical chemistry is helping to transform forensic investigations and what role scientific collaboration plays today in the field of justice.