

## *Nasi e neutroni*

**Nicola Cufaro Petroni**

USPID – Unione Scienziati Per Il Disarmo

CIRP – Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Pace *G. Nardulli*, Università di Bari

cufaro@ba.infn.it

Le munizioni inesplose che infestano le zone di conflitto anche dopo la fine delle ostilità costituiscono come è noto un problema globale che riguarda molte aree del nostro pianeta. In generale si tratta di residuati di vario tipo: bombe d'aereo, granate, proiettili di mortaio ... ma al loro interno un caso particolarmente perverso è rappresentato dalle mine (antipersona, anticarro o navali) che non sono semplici munizioni inesplose, ma ordigni consapevolmente e abbondantemente disseminati durante le guerre con la deliberata intenzione di impedire l'accesso o il transito su vaste zone di territorio o di mare. Al termine delle operazioni militari i campi minati – che in linea di principio dovrebbero essere sotto il controllo di un belligerante "coscienzioso" in possesso delle mappe delle zone disseminate – potrebbero teoricamente essere smantellati, ma questo avviene solo in casi estremamente rari e in generale le mine vengono semplicemente abbandonate sul posto continuando per decenni a costituire un pericolo gravissimo per le popolazioni civili. Tra le mine stesse, poi, quelle antipersona sono particolarmente insidiose perché, date le loro ridotte dimensioni e il loro grande numero, la loro eliminazione è estremamente difficile: ben 66 paesi ne sono ancora afflitti, e il numero degli ordigni disseminati è stimato essere dell'ordine di 100 milioni.

Questo stato di anarchia è stato parzialmente regolamentato con il Trattato *APM (Anti Personnel Mines)* di Ottawa, aperto alla firma il 23 dicembre 1997, e in vigore dall'1 marzo 1999) che rappresenta un chiaro successo della mobilitazione della società civile, come peraltro attesta il Premio Nobel per la Pace attribuito nel novembre 1997 alla *ICBL (International Campaign to Ban Landmines)* iniziata nel 1992) e alla sua coordinatrice Jody Williams che se ne sono fatti strenui promotori. Il trattato vieta la produzione, la detenzione, il trasferimento e l'uso delle mine antipersona e ordina la distruzione delle scorte esistenti, ma la sua efficacia è limitata dal fatto che a tutt'oggi sono ancora 35 i paesi non firmatari, tra i quali alcuni molto rilevanti come Cina, Russia e USA. Inoltre esso lascia intatto il problema della bonifica dei residui dei vecchi conflitti.

La rivelazione e la rimozione delle mine presentano profili di complessità differenti secondo che le si consideri dal punto di vista militare o civile. Lo sminamento militare ha come obiettivo principale solo l'apertura di corridoi bonificati per permettere il passaggio delle truppe attraverso le zone minate; inoltre i livelli di rischio ammissibili per i soldati in guerra sono certamente più alti di quelli accettabili per le popolazioni civili. Conseguentemente la pratica di uno sminamento spazialmente limitato e anche un po' sommario è adeguata solo a scopi militari, ma non a scopi civili: uno sminamento umanitario deve essere infatti, per quanto possibile, esaustivo e definitivo, e impone quindi tecniche, tempi, costi e rischi radicalmente diversi. D'altra parte ancora oggi, nonostante gli sforzi profusi a tutti i livelli, le procedure più efficaci per rivelare le mine antipersona sotterrate fanno uso dell'olfatto di animali addestrati a questo scopo (cani, maiali, topi ...), che però possono lavorare con continuità solo per periodi di tempo limitati di 15-30 minuti e comunque costituiscono un prezioso capitale di collaboratori messo continuamente a rischio dalla loro stessa attività.

Dalla fine degli anni '90 l'interesse per questo problema, sollevato da un lato dalla adozione del Trattato di Ottawa, e dall'altro dal prestigioso riconoscimento del Premio Nobel per la Pace ad una iniziativa come la *ICBL* di chiara ispirazione umanitaria e pacifista (ma ci fa piacere ricordare che già nel febbraio del 1997, poco prima di questi eventi, anche *Sapere* si era interessata del problema portandolo all'attenzione della comunità scientifica italiana), ha indotto gruppi di tecnici e studiosi di vari paesi a mettere a disposizione le loro conoscenze e le loro capacità per trovare soluzioni

alternative ai metodi tradizionali di rivelazione delle mine. Una rassegna esaustiva di questi tentativi è ovviamente al di là degli orizzonti di questa rubrica, ma può essere interessante ricordare un paio di esperienze che hanno visto – e vedono – coinvolti numerosi ricercatori italiani.

Innanzitutto già nel 1998 l'*INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)* si mostrò abbastanza lungimirante da finanziare un esperimento denominato *EXPLODET (EXPLOsive DETection)* che vedeva un'ampia partecipazione di numerosi ricercatori di diverse Sezioni *INFN* (Padova, Bari, Catania, Trento, Pavia) dei Laboratori *INFN* di Legnaro (PD) e di alcune Università (Padova, Bari, Pavia). L'iniziativa, conclusasi nel 2001, si proponeva di affiancare ai rivelatori tradizionali alcune tecniche nucleari per identificare mediante irraggiamento neutronico gli esplosivi comunemente usati nelle mine e contenenti elevate concentrazioni di azoto. In confronto con altre tecniche usate questi sensori nucleari hanno il vantaggio di poter discriminare più efficacemente le mine da altri oggetti sotterrati e conseguentemente di ridurre considerevolmente il numero dei falsi allarmi: infatti i caratteristici raggi gamma emessi nella reazione di cattura di neutroni termici da parte dei nuclei di azoto rappresentano un po' le impronte digitali degli esplosivi. La sfida consisteva nel progettare un sistema mobile ed economicamente conveniente, e diverse pubblicazioni sono state prodotte sulla sorgente di neutroni, sul rivelatore di raggi gamma e sulle prestazioni di un prototipo di sensore che si è rivelato adatto ad essere usato come strumento di conferma, sebbene con alcuni inconvenienti dovuti al peso e alle dimensioni.

Negli anni immediatamente successivi un gruppo di ricercatori e istituzioni poco differente dal precedente ha poi costituito un consorzio internazionale (con altri ricercatori croati, belgi, slovacchi e con alcuni associati industriali come *CAEN, LABEN, Plein&Baus*) denominato *DIAMINE (Detection and Imaging of Antipersonnel landMINE by neutron backscattering)* che si proponeva di utilizzare tecniche di *backscattering* neutronico, cioè di localizzare le mine rivelando un aumento di neutroni termici diffusi all'indietro dall'idrogeno contenuto nei componenti dell'ordigno. Questi rivelatori si sono mostrati più accessibili all'uso ed è stato possibile costruirne anche dei prototipi ragionevolmente maneggevoli che integrano le tecniche nucleari con un *metal detector*, ma le cui prestazioni sembrano però limitate dalla presenza di umidità nel terreno. Il consorzio è stato anche finanziato dall'Unione Europea nel 2001 ed ha svolto la sua attività fino al 2004.

Piuttosto promettente sembra poi oggi l'uso di recettori olfattivi per costruire un *naso* bioelettronico. Un progetto di ricerca di questo genere è da alcuni anni attivo presso i laboratori dell'attuale Dipartimento di *Scienze Mediche di Base, Neuroscienze ed Organi di Senso* dell'Università di Bari, e varrà la pena ricordare qui che – non casualmente – la responsabile scientifica di questo progetto, la prof. Angela Corcelli, è anche l'attuale Direttrice del *Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Pace (CIRP) "G. Nardulli"* della medesima università. L'interesse di questa iniziativa sta anche nel fatto che essa è finanziata, tra gli altri, dal Ministero della Difesa italiano il quale mostra in questo modo una lodevole tendenza a non spendere le proprie risorse solo per l'acquisto di improbabili sistemi d'arma: una tendenza che ci piacerebbe vedere confermata ed estesa ad altri casi.

Il primo contratto di ricerca, iniziato nel dicembre 2003 e concluso nel gennaio 2008 con risultati già pubblicati, partiva dall'idea di realizzare un biosensore per odori, cioè un sistema che combina un meccanismo di riconoscimento di tipo biologico (enzimi, recettori proteici, cellule immobilizzate ...) con un dispositivo elettronico di trasduzione e rivelazione del segnale. Lo scopo è ovviamente quello di simulare le capacità olfattive degli animali rivelatisi utili nella ricerca di mine in modo da evitare l'uso diretto di esseri viventi sul campo. In questa prima fase della ricerca, e per la prima volta, sono stati individuati i neuroni olfattivi che rispondono alle emissioni di alcuni degli esplosivi più utilizzati e ai principali componenti volatili sprigionati dagli involucri plastici delle mine. Il sistema olfattivo degli animali, infatti, usa in generale per i vari odori degli specifici recettori allocati nelle ciglia olfattive, e il primo problema per la realizzazione di un naso bioelettronico è

quindi quello della loro individuazione e produzione. La sfida comunque è certamente più ardua di quanto possa essere espresso qui in poche righe, soprattutto perché tali recettori sono proteine di membrana molto difficili da produrre in laboratorio con tecniche standard di biologia molecolare. Diversamente da altre strutture proteiche cellulari, i recettori di membrana per funzionare hanno bisogno della matrice lipidica in cui sono immersi. Inoltre, nonostante i recettori olfattivi presentino analogie strutturali con i fotorecettori dell'occhio, a differenza di questi ultimi essi sono molto più difficili da studiare in vitro.

Di recente è stato però osservato che alcuni *Archaea* – microorganismi unicellulari che vivono in condizioni estreme di acidità, temperatura o salinità, e che producono enzimi che funzionano anche in ambienti molto ostili – possono produrre grandi quantità di fotorecettori strutturalmente simili ai fotorecettori degli animali. La matrice lipidica della membrana cellulare degli *Archaea* ha inoltre una grande resistenza termica e chimica, contribuendo a far sì che i fotorecettori prodotti possano essere agevolmente studiati in vitro. In considerazione della notevole analogia strutturale dei recettori olfattivi con i fotorecettori, si ritiene pertanto di poter utilizzare gli *Archaea* come cellule ospiti per esprimere recettori olfattivi degli animali. Peraltro gli *Archaea* utilizzati come cellule ospiti per la produzione dei recettori olfattivi sono alofili e quindi abbondantemente reperibili anche nelle saline di Margherita di Savoia, a poca distanza dal laboratorio impegnato in questo progetto. In sostanza si lavora per ottenere membrane ingegnerizzate in cui i recettori olfattivi degli animali sono immerse in una matrice lipidica *archeale*. Lo sviluppo di queste membrane olfattive artificiali è quindi diventato argomento di un secondo contratto di ricerca stipulato nel 2010 dal gruppo barese con il Ministero della Difesa e partito nel 2012: l'attività è ancora in corso ed è nota con il suggestivo acronimo di *AROMA*, *Assemblaggio di Recettori Olfattivi in Membrane Artificiali*.

La strada per la realizzazione di sistemi artificiali che sostituiscano in maniera conveniente i nostri amici animali è certamente ancora lunga e impervia, ma è confortante sapere che, pur con tutte le difficoltà del caso, essa viene tenacemente percorsa da gruppi di ricercatori che mettono le loro competenze a disposizione di cause umanitarie come lo sminamento.

---

**Nicola Cufaro Petroni** è un fisico teorico e un matematico dell'Università *Aldo Moro* di Bari, e aderisce al Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Pace *Giuseppe Nardulli* della medesima università. Dal 2002 al 2010 è stato Segretario Nazionale dell'Unione Scienziati Per Il Disarmo (USPID) ed è attualmente membro del suo Consiglio Scientifico.