

**CAMERA DEI DEPUTATI**  
**XIII COMMISSIONE AGRICOLTURA**

**INDAGINE CONOSCITIVA SULL'EMERGENZA LEGATA ALLA  
PRESENZA DEL PATOGENO XYLELLA FASTIDIOSA NELLA REGIONE  
PUGLIA**

**AUDIZIONE DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
(ISTITUTO PER LA PROTEZIONE SOSTENIBILE DELLE PIANTE)**

**ROMA, 6 GIUGNO 2023**



## 1 - Sintesi del contributo e del ruolo dell'Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante del (CNR-IPSP) nella ricerca scientifica a supporto della gestione dell'emergenza fitosanitaria causata da *Xylella fastidiosa* a livello nazionale ed europeo

La scoperta di *Xylella* in Puglia nel 2013 ha di fatto certificato l'insediamento di questo batterio al di fuori del continente americano, areale di origine, mettendo in evidenza i punti deboli nel sistema europeo di controlli fitosanitari negli scambi con Paesi Terzi. Da allora la comunità scientifica, in cui il CNR-IPSP ha avuto un ruolo di rilievo, ha contribuito a delineare e caratterizzare i fattori responsabili del quadro emergenziale dell'epidemia da *Xylella* sugli olivi in Puglia, ha avviato numerose linee di ricerca con il coinvolgimento di un'ampia rete di collaborazioni internazionali.

Di seguito si riportano alcune delle principali acquisizioni scientifiche che sono alla base della redazione delle misure fitosanitarie emanate in questi anni per la gestione dell'emergenza.

1) Isolamento del batterio in coltura pura: che ha permesso di dimostrare in maniera inconfutabile il coinvolgimento del batterio nella sindrome del disseccamento rapido dell'olivo, è stato questo un punto di svolta fondamentale per ottenere il sequenziamento del batterio isolato da olivo e avviare programmi di selezione per la ricerca di caratteri di resistenza nel germoplasma di olivo;

2) Sequenziamento completo del genoma di isolati pugliesi, grazie ad una proficua collaborazione con l'Università di Berkeley. Questo lavoro ha consentito dapprima di identificare la sottospecie di appartenenza (*pauca*), di verificare la presenza di un solo genotipo (ST53) e di ipotizzare con elevata probabilità il Centro America (Costa Rica) come l'areale di origine del focolaio pugliese, a seguito dell'importazione di piante infette di caffè. L'analisi bioinformatica del genoma di oltre 70 isolati del batterio, ottenuti da olivi sintomatici, ha ulteriormente consolidato l'ipotesi che il batterio sia stato introdotto già nel 2008 e del fatto che l'epidemia sia la conseguenza di un unico evento di introduzione. Da ciò sono derivate le misure dell'UE relative alle **restrizioni imposte alla movimentazione** di piante di caffè da alcuni Paesi del centro America.

3) Identificazione di ben 36 specie ospiti del genotipo ST53 presente in Puglia (34 delle quali identificate dal nostro gruppo), con contemporanea identificazione di specie immune, tra cui **importanti colture** quali vite, agrumi, pesco, susino e albicocco. La conoscenza delle piante **suscettibili e non-suscettibili** è un altro importante tassello della legislazione fitosanitaria e delle conseguenti misure di contenimento dell'epidemia, nonché delle misure **a sostegno della rigenerazione** dei territori distrutti dall'epidemia.

4) Identificazione degli insetti vettori "sputacchine" (dimostrata con prove sperimentali di acquisizione e trasmissione diretta delle infezioni anche su olivo) ed in particolare la specie *Philaenus spumarius*, principale vettore negli oliveti pugliesi. E' stato altresì caratterizzato il ciclo biologico di questi, identificando nelle forme giovanili (ninfe), lo **stadio più vulnerabile** agli interventi di contenimento delle popolazioni. Da qui l'obbligo/la raccomandazione di intervenire con le lavorazioni superficiali del terreno nel periodo marzo-aprile, per ridurre in modo significativo gli sfarfallamenti e quindi il ricorso a trattamenti insetticidi per il controllo degli adulti solo in un determinato periodo.

5) Identificazione di due cultivar (Leccino ed FS-17) con caratteri di resistenza e successivo avvio di un vasto programma di screening per la resistenza su diverse centinaia di varietà e di semenzali spontanei. Recentemente è stato anche avviato un programma di incroci, utilizzando parentali resistenti, con la selezione di alcuni genotipi promettenti da un punto di vista agronomico-produttivo e di risposta alle infezioni. Sempre con riferimento alla **rigenerazione dei territori** distrutti dall'epidemia i risultati di queste attività potranno essere prontamente utilizzabili grazie alla deroga al divieto d'impianto prevista dall'art. 18 del REGOLAMENTO DI ESECUZIONE UE 2020/1201.

7) Ottimizzazione di metodologie e protocolli di diagnosi con elevata affidabilità e sensibilità, sia per le attività di sorveglianza in campo sia per il monitoraggio in vivaio. L'Italia, e la Puglia in particolare, sviluppa al momento il programma più **massiccio** di sorveglianza, campionamento ed **analisi diagnostiche** a livello Europeo. Tutto ciò è stato possibile anche grazie ai risultati scientifici sviluppati dal CNR nel miglioramento delle tecniche di diagnosi e nel promuovere il loro trasferimento ai laboratori regionali, nazionali ed internazionali, mediante l'organizzazione di prove inter-laboratorio e corsi di formazione specifici.

8) Sviluppo di un efficace sistema di identificazione precoce della presenza del disseccamento rapido degli olivi, basato su rilievi iperspettrali con l'ausilio delle più moderne tecniche di *remote sensing* e di nanosensori.

### **Principali ricadute pratiche delle attività sinora svolta ed in corso:**

I **risultati degli studi e delle ricerche** coordinate e sviluppate dai consorzi di ricerca, in cui il CNR-IPSP ha avuto un ruolo di rilievo, sono stati prontamente **trasferiti alle autorità fitosanitarie comunitarie** (Commissione Europea, DG Sante), nazionali (Servizio Fitosanitario Centrale) e regionali (Servizio Fitosanitario Regionale), consentendo di allineare in tempo reale le misure legislative alla evoluzione del contesto epidemiologico.

Tra le principali ricadute pratiche meritano di essere citati:

- La definizione e **l'aggiornamento** degli elenchi delle **specie suscettibili** al batterio (le cosiddette piante "specificate" del Regolamento comunitario) soggette a limitazioni nella movimentazione e nell'impianto in zone demarcate in base ai Regolamenti comunitari.
- **L'ottimizzazione e validazione di protocolli diagnostici**, riconosciuti quali protocolli **ufficiali** per i Paesi UE.
- Le autorizzazioni alla **movimentazione delle piante di vite** (barbatelle) prodotte in Puglia, grazie all'introduzione di un protocollo di termoterapia in acqua calda, che ha evitato il collasso del comparto vivaistico viticolo di Otranto.
- **Autorizzazione** nella zona infetta della Puglia dell'**impianto** di olivi delle varietà Leccino e FS17, riconosciute come varietà **resistenti**.
- **Rimozione del divieto di impianto** in zona infetta di agrumi, pesco, susino e albicocco, riconosciute come specie **immuni** al batterio, nonché del mandorlo e ciliegio, riconosciute come specie **resistenti**.

## 2 – SITUAZIONE ATTUALE E POSSIBILI SCENARI POST-EPIDEMICI

Nei primi 7-8 anni dal rinvenimento del batterio in Salento si è assistiti ad una rapida avanzata delle infezioni, con i focolai inizialmente puntiformi che ben presto hanno originato una vera e propria epidemia, che oggi interessa circa il 40% della superficie della Regione Puglia, un territorio pari a circa 8000 km<sup>2</sup>, compromettendo irreversibilmente la sopravvivenza di oltre 10 milioni di alberi di olivo. Il *patosistema Xylella-olivo* in Puglia, determinato dalla favorevole combinazione ceppo batterico-varietà di olivo-insetto vettore-condizioni climatiche, è apparso sin da subito uno dei più severi mai associati ai patosistemi “*Xylella*” noti nel mondo. L’elevata virulenza/aggressività del genotipo ST53, combinata alla elevata ed inaspettata suscettibilità delle varietà autoctone di olivo presenti nell’area interessata dall’epidemia, ad un agro-ecosistema caratterizzato da abbondanti popolazioni dell’insetto vettore che stazionano su olivo per lunga parte del loro ciclo biologico e a condizioni climatiche favorevoli allo sviluppo del batterio, ha portato ad uno scenario epidemico di livello apocalittico.

Tuttavia i dati raccolti indicano negli ultimi due anni una fase di rallentamento sia nell’avanzata del fronte che della progressione della malattia sulle piante infette. Una situazione che merita di essere attenzionata e su cui sono state avviate indagini per comprenderne le cause.

La prima ipotesi al vaglio è il possibile coinvolgimento di mutazioni geniche nella popolazione batterica, che ne possano aver determinato una attenuazione dell’aggressività. I dati preliminari generati dal sequenziamento di isolati ottenuti da infezioni recenti, non hanno evidenziato l’insorgenza di significativi eventi di mutazione. Tuttavia questo dato necessita di essere confermato.

La seconda ipotesi, che noi riteniamo più probabile, prende in esame il cambiamento delle condizioni epidemiologiche, riconducibile essenzialmente alla riduzione del potenziale di inoculo, ossia della carica batterica nell’area soggetta ad epidemia, quale conseguenza sia degli interventi di contenimento sia della diminuzione delle sorgenti di infezione. L’effetto distruttivo delle infezioni su olivo (principale specie arborea della penisola salentina), accompagnato dal divieto di impianto di olivi suscettibili, ha inevitabilmente determinato una minore disponibilità di “chiome” di olivo, rifugio ideale nei mesi estivi per gli adulti di sputacchina, che nutrendosi sulle chiome di piante malate si “infettano” con le cellule del batterio. La mancanza di chiome di olivo fa sì che questi insetti trovino riparo e nutrizione su altre specie della macchia mediterranea, quali lentisco e arbusti vari, immuni o meno suscettibili dell’olivo al batterio, su cui le probabilità di divenire insetti vettori del batterio sono notevolmente ridotte. Ne consegue una riduzione della pressione di inoculo e degli eventi di re-infezione sulle piante malate, che nell’insieme determinano con molta probabilità la riduzione della progressione e severità dei sintomi.

**E’ da evidenziare che in questi** anni sono stati compiuti progressi nella mitigazione dell’impatto dell’epidemia, soprattutto sul versante del contenimento della popolazione dell’insetto vettore, elemento cruciale nell’epidemiologia delle infezioni, da cui dipende sia la velocità della diffusione spaziale che la progressione dei sintomi nelle piante già infette, in quanto l’intensità e la frequenza delle “superinfezioni”, ossia delle reinoculazioni successive all’infezione primaria. **La migliore conoscenza delle fasi di sviluppo del ciclo biologico della sputacchina e i risultati delle sperimentazioni effettuate in Salento negli anni scorsi hanno consentito la definizione di linee guida finalizzate al contenimento della popolazione del vettore, attualmente adottate dal Servizio Fitosanitario Regionale.** Queste tengono conto dell’efficacia delle lavorazioni del terreno a inizio primavera (marzo-aprile) durante la fase di sviluppo degli stadi giovanili del vettore (ninfe), con conseguente abbattimento della popolazione di circa il 90%. Inoltre, è stato verificato sperimentalmente come la sostituzione delle varietà altamente suscettibili, cioè ad alta carica batterica, con le varietà resistenti, con carica batterica quindi molto più bassa, faccia crollare l’efficienza di acquisizione e di trasmissione dei vettori. Il ricorso integrato a queste due pratiche ha contribuito in maniera significativa ad una riduzione sia della popolazione di sputacchina sia della percentuale di infettività della stessa, con conseguente rallentamento della

diffusione a distanza e del decorso dei disseccamenti delle piante già infette. Le autorità fitosanitarie hanno fatto proprie queste indicazioni autorizzando in zona infetta esclusivamente l'impianto di varietà resistenti, promuovendo il sovrainnesto delle varietà suscettibili con quelle resistenti e raccomandando o obbligando, a seconda delle zone, le operazioni di lotta al vettore sia con lavorazioni meccaniche sia con mezzi chimici.

Se a quanto appena detto si associa la forte riduzione della vegetazione altamente suscettibile, operata naturalmente dall'azione distruttiva del batterio, la migliorata organizzazione e più tempestiva applicazione del programma di monitoraggio e contenimento del piano d'azione della Regione Puglia, ne consegue una riduzione della velocità di diffusione dell'epidemia e del decorso della sintomatologia sulle piante infette.

In questo contesto, le cosiddette "buone pratiche agronomiche" (ossia tutte le pratiche colturali che favoriscono lo sviluppo delle piante: controllo delle malerbe, irrigazione, concimazioni, potature periodiche ed equilibrate) contribuiscano ad una parziale ripresa vegetativa delle piante infette.

Sono probabilmente queste le ragioni alla base del significativo rallentamento, sia della diffusione dell'epidemia che dello sviluppo dei sintomi nelle piante infette, che da un paio di anni si sta osservando nell'area interessata dall'epidemia. In alcune zone si stanno osservando, infatti, fenomeni di parziale ripresa vegetativa delle piante, un fenomeno positivo che fa intravedere la possibilità di mantenere in vita gli olivi di affezione o di valore paesaggistico. L'olivicoltura da reddito, però, è un'altra cosa e questa ripresa non è assolutamente sufficiente a restituire al settore la competitività economica persa.

Pertanto, questi fenomeni di miglioramento dello stato vegetativo risultano indipendenti dall'impiego di diversi prodotti, essenzialmente fertilizzanti, propagandati come curativi\*, in quanto sono da attribuire all'azione integrata delle "buone pratiche agronomiche" e delle mutate condizioni epidemiologiche.

Stiamo seguendo diversi casi di oliveti presenti in zona disastrosa in cui una gestione agronomica razionale, che prevede anche l'impiego di fertilizzanti, sebbene diversi da quelli più notoriamente propagandati come soluzioni al problema *Xylella*, sta portando a fenomeni di ripresa dello sviluppo vegetativo, meritevole di essere monitorato.

E' un nuovo quadro che però presenta anche alcune insidie, sia per il rischio che un illusorio cessato allarme faccia abbassare la guardia rispetto alla necessità di continuare a perseguire le azioni di contenimento dell'epidemia, favorendone una nuova impennata, sia per il rischio di attribuire al formulato di turno il merito di una apparente ripresa con quel che ne conseguirebbe in termini di potenziali speculazioni commerciali. In ogni caso, se questa ipotesi venisse confermata, dovremmo comunque aspettarci un andamento ondulatorio con riacutizzazione dell'impatto a seguire di incrementi di vegetazione/vettore ad alta carica batterica.

Tutto ciò ricalca l'esperienza nel Nord-America, in particolare in California, dove sono stati osservati cicli di attenuazione e recrudescenza delle manifestazioni sintomatologiche della batteriosi, a seguito dell'alternarsi di condizioni epidemiologiche favorevoli e sfavorevoli allo sviluppo del batterio. Questo dato suggerisce, anche per l'epidemia su olivo, prudenza, evitando illusorie conclusioni ottimistiche che potrebbero pericolosamente abbassare la guardia.

*\* A proposito di trattamenti "curativi" vale ricordare che tuttora non è disponibile alcuna "cura", almeno se intesa come strumento capace di "risanare" una pianta infetta, come peraltro confermato dalla inesistenza di prodotti registrati come curativi nella Banca dati dei prodotti fitosanitari del Ministero della Salute, dove, a differenza di diversi prodotti registrati per la lotta all'insetto vettore, non è presente alcun prodotto (battericida e non) registrato per la lotta a *Xylella fastidiosa*. Evidentemente, nonostante i vantaggi economici che deriverebbero dalla registrazione di un fitofarmaco curativo della *Xylella fastidiosa* potrebbero risultare significativi, nessuno dei produttori dei formulati propagandati per la lotta a questo batterio ritiene che ci siano le condizioni minime per poterli registrare come prodotti fitosanitari. Oltretutto la stessa EFSA, chiamata già in due occasioni, nel 2016 e nel 2019, a valutare l'efficacia di protocolli candidati alla cura del batterio, si è espressa in questa direzione: "Non esiste ancora un modo conosciuto per*

*eliminare il batterio da una pianta malata in reali condizioni di campo. In esperimenti recenti è stata valutata l'efficacia di misure di controllo chimico e biologico e i risultati mostrano che esse possono ridurre temporaneamente la gravità della malattia in alcune situazioni, ma non vi sono prove che possano eliminare X. fastidiosa in condizioni di campo per lungo periodo".*

### 3 - LE NUOVE FRONTIERE DELLA RICERCA SU *XYLELLA FASTIDIOSA*

Attualmente l'IPSP è coinvolto in due progetti Europei su Xylella nell'ambito del programma Horizon: **Biovexo**, incentrato sullo sviluppo di formulati naturali fitoiatrici per la riduzione della carica batterica nella pianta e per il contenimento delle popolazioni del vettore; **BEXYL**, finalizzato a valorizzare i risultati dei progetti **POnTE** ed **XF-ACTORS**, promuovendo un significativo avanzamento delle conoscenze scientifiche generate dai precedenti bandi europei, i cui consorzi (costituiti da oltre 25 gruppi di ricerca) sono stati coordinati dal CNR.

**Nel 2023 a queste iniziative europee si affiancano due importanti iniziative progettuali nazionali a coordinamento IPSP.**

**OMIBREED** *“Caratterizzazione e valorizzazione dell'agrobiodiversità attraverso approcci multiomici e di next generation breeding per la resistenza a Xylella fastidiosa”* finanziato dal MASAF, è un progetto triennale assegnato ad un consorzio costituito da 8 gruppi di ricerca nazionali, finanziato per € 3.390.735,00 dal Bando MiPAAF - D.M. n. 419161 del 13/09/2022 – Nell'ambito della Linee di ricerca a) *Facility nazionale per lo Screening Varietale e azioni di miglioramento genetico per la selezione di una nuova generazione di piante di interesse agrario resistenti/tolleranti a Xf.*

Il progetto OMIBREED si pone come **obiettivo** principale il **consolidamento delle ricerche in corso sulla resistenza genetica a Xylella fastidiosa** nelle colture di interesse mediterraneo maggiormente minacciate da questa emergenza fitosanitaria. La limitata presenza di resistenza “naturale” al batterio, rende infatti non più rinviabile l'avvio di programmi di incrocio in grado di incrementare il numero di genotipi resistenti disponibili sia per la rigenerazione dei territori distrutti dalla epidemia che quale strumento di prevenzione nelle aree ad alto rischio di diffusione del batterio. In sintesi il progetto svilupperà in maniera coordinata e con approcci multidisciplinari le seguenti linee di ricerca:

- **Applicazione di tecniche avanzate di genotipizzazione su un ampio numero di cultivar, per la caratterizzazione di e selezione dei genotipi da avviare allo screening per la resistenza a Xylella fastidiosa:** analisi genetiche sviluppate su tre livelli consequenziali (SSR→SNPs→GWAS) per definire un pool di varietà/genotipi da avviare alla complessa fase di fenotipizzazione per caratterizzarne la risposta al batterio.
- **Fenotipizzazione high-throughput ed integrazione di tecnologie -omiche per la resistenza a Xylella e stress abiotici:** applicazione di protocolli avanzati di proximal sensing e di rilievi eco-fisiologici sui genotipi selezionati e sottoposti a interazioni di stress idrico/da freddo e infezioni da *X. fastidiosa*. Successivamente questo materiale fenotipizzato verrà sottoposto ad uno studio comparato di proteomica, trascrittomica e metabolomica. I dati ottenuti saranno ulteriormente integrati con le analisi epigenomiche al fine di individuare geni e caratteri di resistenza a questi stress. L'enorme quantità di dati ottenuti saranno aggregati ed analizzati con il supporto di approcci di intelligenza artificiale.
- **Miglioramento genetico assistito ed approcci di next generation breeding:** interpolazione tra i dati genetici/genomici e fenotipici per lo sviluppo di analisi di associazione genomica (GWAS e QTL). Valutazioni fenotipiche su progenie da incrocio già disponibili all'avvio del progetto; programmazione di nuove combinazioni di incrocio utilizzando parentali selezionati sulla base dei risultati della fenotipizzazione.
- **Valutazione della risposta a Xylella di varietà di mandorlo e ciliegio:** fenotipizzazione

di cultivar di mandorlo e ciliegio per la risposta a diversi ceppi di *X. fastidiosa* riscontrati in Italia e in Spagna. Le attività di inoculazione saranno seguite da rilievi diagnostici e da rilievi con tecnologie digitali per la fenomica vegetale. La scelta delle cultivar da valutare per la risposta a *X. fastidiosa* verrà definita a seguito di valutazione genetica e, nel caso del mandorlo, anche sulla base di un confronto con il partenariato del progetto BeXyl, che include il mandorlo come una delle specie oggetto di studio.

- **Tecnologie in vitro per la conservazione delle risorse genetiche olivicole:** conservazione *in vitro* di genotipi di olivo, dando priorità a quelli a rischio erosione genetica. Successivamente si procederà allo sviluppo di protocolli di conservazione a bassa temperatura e di crioconservazione. Per cultivar di elevato pregio, sarà valutato il comportamento agronomico del materiale micropropagato rispetto al materiale propagato con le tecniche convenzionali.

**La seconda iniziativa progettuale fa riferimento al progetto “Research actions for reducing the impact on agricultural and natural ecosystems of the harmful plant pathogen *Xylella fastidiosa* (REACH-XY)”** finanziato con la **Legge di Bilancio 2022 (legge n. 234 del 2021)**, con un’assegnazione al CNR di 15 milioni di euro, per sostenere le attività di ricerca per il contenimento della *Xylella fastidiosa* (**articolo 1, comma 325**). La Presidenza dell’Ente ha individuato nel CNR-IPSP, l’Istituto a cui affidare la progettazione ed il coordinamento del Progetto.

La prima annualità della suddetta assegnazione è stata erogata al CNR a fine 2022, ciò ha coinciso con il finanziamento da parte del Ministero dell’Agricoltura e Sovranità Alimentare e delle Foreste, di 11 progetti nazionali su *Xylella*, tra cui il progetto OMIBREED sopra citato.

Pertanto, per creare sinergie ed evitare sovrapposizione di attività finanziate, è stato necessario ridefinire gli obiettivi di questo progetto, includendo nuove tematiche di ricerca.

La nuova progettazione esecutiva è stata conclusa a Maggio, con l’avvio formale delle attività a far data dal primo giugno c.a., coprendo un arco temporale di 4 anni.

**Il punto di forza del progetto è una rete di ricerca nazionale costituita da 21 gruppi di ricerca afferenti** a 16 Partner, tra CNR, Dipartimenti universitari ed altri Enti di Ricerca, integrando competenze provenienti da diversi settori disciplinari (patologia vegetali ed entomologia, agronomia, genetica, informatica e bioinformatica, intelligenza artificiale, chimica, biologia, fisiologia, ingegneria).

E’ utile rimarcare il carattere innovativo delle attività proposte, come ad esempio:

- la progettazione ed implementazione di piattaforme tecnologiche avanzate e di infrastrutture di ricerca per la bio-sicurezza (es. laboratori e serre per il biocontenimento con livello BLS2 per la manipolazione di patogeni vegetali dannosi e microrganismi/organismi geneticamente modificati). Il Progetto si propone di rafforzare il coordinamento della ricerca nazionale su *Xylella*, con investimenti in infrastrutture per la BIO-SICUREZZA e quarantena delle piante, che consenta la manipolazione in sicurezza di organismi da quarantena e di cui l’Italia è ancora carente, con ricadute su tutto il comparto agroalimentare.
- L’impiego di approcci innovativi per il controllo della *Xylella*, basati su quanto già

sviluppato in campo umano ed animale: trapianto di microbiomi e sviluppo di agrofarmaci di precisione per migliorare la resilienza delle piante e ridurre l'impatto sull'ambiente dell'impiego di formulati antimicrobici.

- Lo sviluppo ed applicazione di tecnologie di genome-editing per ridurre la suscettibilità delle cultivar di olivo, consentendo di salvaguardare la vasta biodiversità olivicola che caratterizza il nostro Paese e tutto il bacino del Mediterraneo.

•

Gli investimenti previsti nell'ambito di questo progetto contribuiranno: (i) ad accrescere il potenziale di R&I della comunità scientifica nazionale; (ii) colmare il divario tecnologico in termini di strutture di bio-sicurezza per la gestione di organismi nocivi per le piante; (iii) colmare le lacune di innovazione nei programmi di miglioramento genetico dell'olivo, attualmente molto limitati nel panorama nazionale; (iv) migliorare la preparazione della comunità di ricerca ad affrontare future emergenze fitosanitarie che minacciano la sicurezza alimentare e la biodiversità.