



RIVISTA HABITAT

Agricoltura, Boschi e Ambiente

ARBORICOLTURA

L'importanza degli alberi andini
e amazzonici del Perù profondo
Un breve sguardo alle foreste del Perù

AGRONOMIA

Royalties e varietà protette:
cosa devono sapere i vivaisti

AMBIENTE

Gli impollinatori, nostri alleati:
conosciamoli (parte seconda)

AMBIENTE

Proprietà meccaniche
degli alberi nei centri abitati
(parte prima)

ARBORICOLTURA

La importancia de los árboles andinos
y amazónicos del Perú profundo.
Una mirada breve a los bosques del Perú





Rivista HABITAT

Luglio / Agosto / Settembre 2026

ISSN 2974-8208

Direttore Responsabile

Dr. Luciano Riva

Collaboratori:

Eugenio Gervasini,
Amilcare Mione,
Patricia Pazos,
Lucia Enriquez Pinedo,
Matteo Ragni.

Registrazione al registro stampa del tribunale di Varese

nr. 4/2022 del 13/04/2022

Editore:

Luciano Riva
Via Sempione, 16 - Varese



Per chiarimenti tecnici e sponsor:

rivistahabitat@libero.it

Per comunicazioni:

rivistahabitat@graffiticomunicazione.it

Grafica

Graffiti sas - Varese



Il tempo che stiamo vivendo ed il prossimo futuro

Le profonde trasformazioni ambientali che caratterizzano il nostro tempo stanno modificando il modo di concepire agricoltura, foreste e verde urbano. Eventi meteorologici estremi, disponibilità idrica incerta, nuove avversità fitosanitarie, consumo di suolo rappresentano sfide concrete, ma anche un potente stimolo verso l'innovazione.

La ricerca scientifica sta infatti aprendo scenari fino a pochi anni fa impensabili. L'intelligenza artificiale, il telerilevamento satellitare, i droni, la sensoristica di precisione e i modelli previsionali consentono oggi una gestione sempre più razionale delle risorse, migliorando l'efficienza produttiva e riducendo l'impatto ambientale. Parallelamente le tecniche di miglioramento e creazione di nuove varietà, lo studio del suolo e lo sviluppo di biostimolanti innovativi stanno contribuendo a costruire sistemi culturali più resilienti ai cambiamenti climatici.

Anche l'ambiente urbano è protagonista di questa evoluzione. Gli alberi e le infrastrutture verdi non rappresentano più soltanto elementi ornamentali, ma vere infrastrutture ecologiche capaci di mitigare il calore, migliorare la qualità dell'aria, favorire la biodiversità e aumentare la resilienza delle città. La moderna arboricoltura, supportata da strumenti diagnostici sempre più sofisticati e da una migliore comprensione della biomeccanica degli alberi, permette di coniugare sicurezza, conservazione e valorizzazione del patrimonio arboreo.

La sfida dei prossimi anni sarà integrare conoscenze provenienti da discipline diverse: agronomia, ecologia, ingegneria, forestazione, climatologia e scienza dei dati. Solo attraverso questo approccio multidisciplinare sarà possibile sviluppare modelli di gestione realmente sostenibili.

I sistemi naturali sono multifattoriali, non sono modelli legati a singolo input con risposta corrispondente e prevedibile. Le risposte dipendono dall'interazione simultanea di numerosi fattori, di diversa natura (fisici, chimici, meccanici, ambientali). Le risposte spesso sono non lineari, vale a dire l'intensità o il tipo di risposta non è proporzionale all'intensità dello stimolo. Ad esempio nelle piante arboree un incremento della velocità del vento non provoca un aumento proporzionale delle deformazioni, entrando in gioco meccanismi adattivi biologici. Queste proprietà differenziano gli esseri viventi da oggetti privi di vita, e differenziano le professioni che si occupano di organismi viventi dal resto. Gli organismi viventi sono inseriti in sistemi complessi nei quali le risposte emergono dall'interazione di numerosi fattori, non da una semplice relazione diretta tra causa ed effetto.

Buona lettura.

Il Direttore
Luciano Riva





Lucia Enriquez Pinedo
Ing. forestale e ambientale, Perù



L'importanza degli alberi andini e amazzonici del Perù profondo Un breve sguardo alle foreste del Perù

Il Perù è un Paese megadiverso che ospita 11 eco-regioni. Secondo i dati del Ministero dell'Ambiente del Perù, nel suo territorio coesistono 84 dei 104 ecosistemi censiti sull'intero pianeta. La sua fisiografia è caratterizzata da tre grandi regioni naturali: la Selva, che occupa il 60,3% del territorio; la Sierra, con il 28%; e la Costa, con l'11,7%.

In termini di copertura forestale, circa il 60% del territorio nazionale è ricoperto da foreste, per un'estensione di oltre 69 milioni di ettari. Questo dato colloca il Perù al secondo posto in America Latina per superficie di foreste tropicali, dopo il Brasile. Di questa superficie forestale, il 92% è concentrato nella regione amazzonica sotto forma di foreste tropicali umide; la restante parte è distribuita tra lembi relitti di foreste andine e foreste secche della costa settentrionale.

Grazie alla presenza di microclimi nelle zone di transizione ecologica, il Paese ospita una vastissima diversità di specie arboree

autoctone che svolgono un ruolo fondamentale nell'equilibrio dei suoi ecosistemi. Due tra le specie più rappresentative e minacciate sono i quinalles o queñuales, appartenenti al genere *Polylepis*, nelle Ande, e il maestoso Shihuahuaco nella zona di transizione amazzonica.

I quinalles, custodi delle Ande

I popolamenti relitti di *Polylepis* annoverano alcuni degli alberi più resilienti alle condizioni climatiche estreme dell'intera cordigliera altoandina. Il loro intervallo

altitudinale si estende dai 2.500 ai 4.800 m s.l.m. per la maggior parte delle specie.

Tuttavia, la specie *Polylepis tarapacana* detiene il primato mondiale, formando le foreste situate alle quote più elevate del pianeta, fino a raggiungere i 5.200 m s.l.m. nel Parco Nazionale Sajama, in Bolivia, con individui censiti alla medesima altitudine anche nell'estremo sud del Perù.

Questo dato colloca il genere *Polylepis* al primo posto per distribuzione altitudinale tra le specie arboree del mondo, superando persino le conifere dell'Himalaya.



La tassonomia del genere è considerata complessa ed è oggetto di costante revisione. Secondo la più recente revisione tassonomica, condotta da Gamarra & Espinoza (2025), sono riconosciute almeno 48 specie distribuite lungo le Ande tropicali.

Il Perù è il Paese con la maggiore ricchezza di specie appartenenti a questo genere a livello mondiale, presenti in 19 dei suoi 25 dipartimenti, seguito dalla Bolivia con 13 specie, dall'Ecuador con 7 e dall'Argentina con 5. La maggiore diversità specifica si concentra nei dipartimenti di Cusco e Ayacucho, mentre Áncash ospita le più vaste estensioni forestali.

Tra le specie maggiormente impiegate nei progetti di riforestazione andina figurano *P. incana* e *P. racemosa*; tuttavia, a seconda della zona ecogeografica, vengono utilizzate anche altre specie, come *P. weberbaueri*.

Attualmente si stima che, nell'intero areale di distribuzione del genere, rimangano appena circa 500.000 ettari di foreste di *Polylepis*.

La loro importanza non risiede unicamente nella straordinaria capacità di adattamento ai cambiamenti climatici. Questi alberi rappresentano un habitat e un rifugio per una fauna altamente specializzata.



Foresta altoandina
(ramo di un albero di *Polylepis rodolfo-vasquezii*, Junín, Perù).

Esistono infatti specie di uccelli strettamente dipendenti dalle foreste di *Polylepis*, definite specialiste, che hanno sviluppato un grado di dipendenza da questo ecosistema tale che la sua scomparsa potrebbe comportare anche l'estinzione di tali specie; accanto a queste vi sono specie generaliste che instaurano una relazione simbiotica a livello ecosistemico con queste foreste.

Inoltre, i quinalles agiscono come pozzi di carbonio. Studi condotti su *Polylepis rugulosa* hanno registrato capacità di sequestro della CO₂ pari a decine di migliaia di tonnellate per ettaro all'anno.

Queste formazioni forestali contribuiscono inoltre a contrastare l'erosione del suolo e svolgono un ruolo

fondamentale nel ciclo idrologico dei bacini montani d'alta quota.

I loro apparati radicali favoriscono la ritenzione dell'acqua e il suo graduale trasferimento dalla falda freatica verso la superficie, contribuendo alla formazione delle **cochas**, piccoli laghi altoandini, e alimentando sorgenti che garantiscono risorse idriche a intere comunità situate più a valle lungo il bacino idrografico.

Nonostante il loro enorme valore ecologico, lo Stato peruviano li classifica come specie vulnerabili. Tuttavia, alcuni studi sul campo suggeriscono che la loro reale condizione di conservazione potrebbe giustificare l'assegnazione a una categoria di rischio più elevata e urgente,

considerando che la maggior parte degli individui attualmente presenti è costituita da giovani esemplari con un'elevata probabilità di non sopravvivere a causa del sovrappascolamento, del taglio non sostenibile e degli incendi forestali.

Il shihuahuaco: un secolo di storia racchiuso nei suoi anelli

Procedendo verso il versante orientale delle Ande, il paesaggio si trasforma radicalmente e si apre sulla pianura amazzonica. In questo straordinario universo di biodiversità, esiste una specie che si distingue su tutte le altre per le sue dimensioni e la sua storia: il **shihuahuaco**, *Dipteryx micrantha* Harms, conosciuto in Perù principalmente attraverso questa specie e, in misura minore, attraverso *Dipteryx charapilla*.

La prima sensazione che uno shihuahuaco suscita è il rispetto. Per raggiungere i 40 metri di altezza e il metro e mezzo di diametro che può arrivare a sviluppare, devono trascorrere almeno mille anni. Un singolo esemplare può sequestrare fino a 40 tonnellate di carbonio nel corso della propria vita, rappresentando un elemento insostituibile per l'equilibrio ecologico dell'Amazzonia. Gli studi condotti negli ultimi decenni hanno confermato



Foresta altoandina
(rinnovazione naturale di *Polylepis rodolfo-vasquezii*, Junín, Perù).



Foresta amazzonica:
Parco Nazionale Yanachaga-Chemillén, Perù. Fiume Izcozacín.

che individui con un diametro del fusto prossimo ai 130 cm presentano oltre 300 anelli di accrescimento secondario, equivalenti a più di tre secoli di vita. Per raggiungere un metro di diametro la specie necessita di circa 700 anni, un dato

che evidenzia un tasso di crescita eccezionalmente lento. Nei suoi anelli è custodita la storia climatica dell'Amazzonia: eventi che nessuna generazione umana oggi vivente ha potuto osservare né documentare.



Foresta amazzonica:
fusto di un albero endemico,
lo *shihuahuaco*
(*Dipteryx micrantha* Harms).



Foresta amazzonica: seme di *shihuahuaco*
(*Dipteryx micrantha* Harms).

Tuttavia, questa specie centenaria è stata abbattuta senza alcun limite. A partire dagli anni Settanta, il taglio indiscriminato dello shihuahuaco si è intensificato a causa dell'elevatissimo valore commerciale del suo legname, considerato tra i più duri al mondo e utilizzato per la produzione di carbone vegetale, pavimenti in parquet e tavole esportate verso la Cina, l'Unione Europea e gli Stati Uniti. L'estrema densità del legno, tale da impedirne il galleggiamento, rende necessaria l'apertura di grandi strade nel cuore della foresta amazzonica per consentire l'estrazione e il trasporto dei tronchi. Ciò innesca una catena di impatti che va ben

oltre il semplice abbattimento degli alberi: l'ingresso e la diffusione di attività illegali, la deforestazione secondaria, la perdita del valore economico ed ecologico della foresta in piedi e il progressivo degrado dell'ecosistema.

Uno studio del Servizio Nazionale Forestale e della Fauna Selvatica (SERFOR) ha stimato che, nell'arco di dieci anni, siano stati prelevati in media 74 esemplari di shihuahuaco al giorno, per un totale di oltre 250.000 alberi abbattuti. Alla luce di questi dati, nel 2016 il Ministero dell'Agricoltura ha pubblicato, mediante la Risoluzione Ministeriale n. 0505-2016-MINAGRI, una proposta di decreto supremo finalizzata

all'aggiornamento dell'elenco ufficiale delle specie minacciate. A seguito dei seminari tecnici organizzati dal SERFOR tra il 2018 e il 2020, lo shihuahuaco è stato classificato nella categoria "**In Pericolo Critico**". È stato inoltre evidenziato che, qualora l'attuale ritmo di prelievo dovesse mantenersi invariato, la specie potrebbe scomparire nei prossimi dieci anni, almeno nelle regioni di Loreto e San Martín.

La perdita dello shihuahuaco non rappresenta soltanto la perdita di un albero. È la scomparsa di un ingranaggio ecosistemico fondamentale, dal quale dipendono decine di altre specie.



Foresta amazzonica: Parco Nazionale Yanachaga-Chemillén, Perù. - Fiume Izcocacín.



Foresta amazzonica: Parco Nazionale Yanachaga-Chemillén, Perù. Attività pratiche di botanica e tassonomia vegetale, svolte grazie a una borsa di studio del Giardino Botanico del Missouri.

L'aquila arpia (*Harpia harpyja*), gli ara e altri uccelli emblematici dell'Amazzonia peruviana dipendono da questi giganti forestali per la nidificazione e per completare il proprio ciclo riproduttivo. Ogni albero rilascia nell'atmosfera, attraverso la traspirazione, oltre mille litri d'acqua al giorno, contribuendo alla formazione delle precipitazioni e al mantenimento dell'umidità delle foreste. La sua scomparsa determina un degrado dell'ecosistema forestale amazzonico nel suo complesso, riducendone la

capacità di sequestro del carbonio, alterando il ciclo dell'acqua e impoverendo direttamente le condizioni di vita delle comunità indigene e rivierasche che dipendono dalla foresta per la propria sussistenza.

Lo *shihuahuaco* ha un'esistenza più antica della stessa memoria scritta dell'umanità. Nei suoi anelli di accrescimento è custodita una storia che la nostra generazione non ha potuto osservare. Per questo motivo, il suo valore va ben oltre la dimensione commerciale: è

urgente rivalutarne il ruolo nei progetti di forestazione e riforestazione, promuovere studi sulla sua rigenerazione naturale e incoraggiare i consumatori a conoscere l'origine del legname che acquistano, privilegiando alternative certificate FSC che non compromettano la sopravvivenza di questi alberi secolari. Utilizzare per pavimenti in parquet il legno di una specie che ha impiegato 800 anni per crescere non è progresso: è una perdita che nessun mercato potrà mai compensare.



Foresta di *Polylepis* d'alta quota delle Ande a Puno, Perù.

Attività pratiche - Foto di Liz Mendoza - 4,367 m. sopra il livello del mare.

A cura di:

Lucia Carolina Enriquez Pinedo

(Ingegnera forestale e ambientale, Perù)

Università Nazionale del Centro del Perù

luciacep7@gmail.com / lenriquez@uncp.edu.pe

Codice postale 12001, Perù

ORCID: 0000-0003-0020-7178

Scopus: 59136510900

Lucia Enriquez è una professionista nel campo dell'ingegneria forestale e ambientale. Ha partecipato a progetti di ricerca ambientale, restauro ecologico, gestione

sostenibile delle foreste, conservazione della biodiversità, selvicoltura e applicazione dei droni in agricoltura.

Fa parte del gruppo di ricerca giovanile **Nature Conservation and Climate Change (NCCC)** di Huanayo, in Perù.



Matteo Ragni
Agrotecnico, consulente
in vivaismo ornamentale
matteo@matteoragni.eu

Royalties e varietà protette: cosa devono sapere i vivaisti

Ogni anno vengono presentate sul mercato delle piante ornamentali centinaia di nuove varietà coperte da Diritti di Privativa Varietale Europea del Costituente. La sfida non è solo quella di cercare colori di fiori e foglie inediti ma anche di rispondere alle esigenze del mercato con piante dal vigore contenuto, maggiore resistenza alla siccità o alle fitopatie, fioriture prolungate. Per il vivaista che le sceglie in catalogo, sfogliando un listino o camminando tra i bancali di una delle numerose mostre di settore, si tratta spesso di piante come tante altre, distinguibili solo per il nome commerciale e per la fotografia sull'etichetta. Il ***Cercis griffithii Blue Lagoon*** ('RAFMAR 1' PBR) ha vinto un premio alla fiera IPM di Essen ed è una varietà di recente introduzione selezionata per la particolare colorazione fogliare. Un altro esempio è il *Ficus carica Fignomenal* ('PT-DF-14' PBR), un ibrido selezionato per la poca vigoria e l'abbondante fruttificazione nei primi anni di vita della pianta. Dietro ciascuna di queste varietà c'è un percorso che può



Cercis griffithii Blue Lagoon

durare anche decenni, come nel caso del *Ficus Fignomenal*, fatto di ibridazione e selezione cioè di incroci, miglioramenti, prove agronomiche condotte in areali climatici diversi per verificarne l'adattabilità, e un investimento economico che

l'ibridatore recupera — non sempre accade — solo attraverso le royalties pagate da chi propaga e commercializza quella varietà.

È un meccanismo che in molti conoscono solo superficialmente e che invece vale la pena



Ficus carica Fignomenal

approfondire perché riguarda scelte molto pratiche nella gestione quotidiana di un vivaio, di un giardino così come di un centro di giardinaggio.

Questo articolo vuole rispondere alla domanda: quali sono i vantaggi nell'usare nuove varietà?

Tre possibili risposte a tre interlocutori diversi:

1. Al vivaista i vantaggi nell'usare nuove varietà sono di carattere commerciale: — poter offrire al cliente qualcosa che il mercato generalista non ha ancora, differenziando l'assor-

timento invece di rincorrere il prezzo più basso.

2. Un vantaggio agronomico per il giardiniere e paesaggista — piante selezionate per prestazioni migliori (resistenza alla siccità o alle fitopatie, fioritura prolungata, adattabilità a climi diversi), non solo per l'estetica.

3. Per tutti c'è un vantaggio di filiera — lavorare con materiale tracciato e protetto significa operare in un sistema che continua a generare innovazione, invece che vivere di rendita su varietà ormai comuni a tutti, propagate senza rinnovare le piante madri e soprattutto sempre nello stesso modo.

Un motore che ha bisogno di carburante

L'innovazione varietale è uno dei principali motori di sviluppo del florovivaismo contemporaneo, nella mia attività professionale mi sono trovato diverse volte a curare dei campi prova con varietà a confronto. La selezione di nuove varietà non è quasi mai legata al valore estetico. Non si cerca un dettaglio riservato a pochi specialisti: si cerca sempre di aggiungere un anello alla maglia della catena del valore che comprende l'ibridatore



Matteo Ragni con Nick Nieuwesteeg di Plantipp B.V. con Koichiro Nishikawa, ibridatore del *Delosperma Desert Dancer*, ibridato a Latina nell'azienda Paolo Bonini

— che seleziona la varietà — il licenziatario che la propaga rispettando un contratto, il vivaista che la coltiva e la vende, il giardiniere o il paesagista che la sceglie e valorizza in un giardino e infine il cliente finale che la pianta nel suo giardino e la cura, anche per molto tempo. Ogni anello di questa catena genera valore economico, e ogni anello ha bisogno che gli anelli precedenti funzionino correttamente per poter esistere.

Il punto di partenza, quello che spesso si tende a dare per scontato, è il lavoro dell'ibridatore cioè del costituente della nuova varietà. Creare una nuova varietà ornamentale richiede anni di incroci controllati o di osservazione di variazioni spontanee, seguiti da altrettanti anni di stabilizzazione genetica e di prove comparative in campo, spesso in più areali climatici per verificarne l'adattabilità. Il tutto senza alcuna garanzia che la varietà, una volta pronta, incontri il favore del mercato. È un investimento a fondo perduto fino a prova contraria, e l'unico modo per recuperarlo — e per finanziare il ciclo di ricerca successivo — è un sistema che garantisca al costituente un ritorno economico proporzionale alla diffusione commerciale della sua varietà.

Ibridazione e selezione: due strade diverse verso la stessa varietà

Una nuova varietà può nascere in due modi profondamente differenti. Nel caso dell'ibridazione, il breeder incrocia deliberatamente due piante genitrici con caratteristiche diverse, nella speranza — guidata da esperienza e conoscenza genetica — di ottenere nella progenie una combinazione inedita e interessante. È un processo pianificato, spesso ripetuto su larga scala e su più generazioni, prima di individuare l'esemplare che merita di essere isolato e stabilizzato. Nel caso della selezione, invece, non c'è alcun incrocio: il selezionatore individua una variazione spontanea — una mutazione, quella che in gergo tecnico viene chiamata "sport" — già presente in una popolazione esistente, magari in un singolo ramo di una pianta madre che presenta un colore diverso dal resto della chioma. In questo caso il lavoro del costituente non è generare la variazione, ma saperla riconoscere, isolare e moltiplicare in modo stabile. Sono due percorsi diversi, ma entrambi possono portare a una varietà pienamente registrabile, purché soddisfino i requisiti che vedremo più avanti.

Il DUS test: la prova del nove

Prima che una varietà possa essere registrata, deve superare quello che viene chiamato DUS test, un esame tecnico che valuta tre parametri:

- Distinzione (la varietà deve differenziarsi chiaramente dalle varietà già note)

- Omogeneità (le piante che appartengono alla varietà devono essere uniformi nelle loro caratteristiche)

- Stabilità (queste caratteristiche devono mantenersi inalterate nelle generazioni successive, di ciclo in ciclo).

Il test viene condotto da enti autorizzati — a livello comunitario è l'Ufficio Comunitario delle Varietà Vegetali (CPVO) a coordinare la rete di esaminatori, mentre a livello nazionale operano enti di riferimento specifici — e richiede tipicamente più cicli vegetativi di osservazione diretta della pianta, il che spiega perché l'iter di registrazione non sia mai una questione di mesi. Una volta finito il percorso di verifica si ottiene così un numero di PBR (Plant Breeders' Rights) che inizia sempre con il riferimento comunitario EU e poi un codice alfanumerico.



Gli impollinatori, nostri alleati: conosciamoli (parte seconda)



Dr.ssa Patricia Pazos
biologa con studi di tossicologia, appassionata ai temi della natura e dell'ecologia. Insegnante nella scuola primaria e divulgatrice sui temi della biodiversità, della salvaguardia degli insetti e delle piante e della tutela degli impollinatori.
padpazos@gmail.com



Dr. Eugenio Gervasini
agronomo specializzato in difesa fitosanitaria e lotta biologica in agricoltura, foreste e ambiente urbano, collabora con il Sistema europeo di informazione sulle specie invasive aliene (EASIN) del Joint Research Centre della Commissione Europea di Ispra (Varese).
eugenio.gervasini@ext.ec.europa.eu

Cosa provoca il declino degli impollinatori?

Le cause del declino degli impollinatori sono varie e comuni a tutti gli insetti e incidono negativamente su tutta la fauna e la flora selvatica.

In primo luogo l'utilizzo di pesticidi o agrofarmaci, utilizzati nell'agricoltura tradizionale e industriale, nel verde pubblico e nei parchi e nei giardini privati. Comprendono fungicidi, erbicidi, rodenticidi, acaricidi e insetticidi, la cui distribuzione è vietata sulle colture in fase di fioritura. Nonostante ciò, questi prodotti, in particolare gli insetticidi, hanno un devastante impatto sugli impollinatori, permangono a lungo nell'ambiente e si diffondono per deriva dalle colture trattate alle aree naturali. L'impiego di miscele di pesticidi nuoce in misura maggiore alla sopravvivenza di questi invertebrati. Gli insetti possono assumere pesticidi dalle goccioline presenti sulle piante trattate di recente, o catturare microgranuli di insetticida che in seguito trasportano nei nidi.

Anche l'uso di insetticidi per il controllo delle zanzare adulte in ambiente urbano ha conseguenze negative sulle popolazioni di insetti utili. La situazione è resa peggiore dalla presenza di micro e nanoplastiche utilizzate durante la loro produzione e distribuzione, che inquinano ulteriormente acqua, suolo e aria.

La distruzione di aree naturali, come ad esempio il prosciugamento di zone umide (che sono riserve di biodiversità, o *hotspot*, e che ospitano una moltitudine di animali, specie vegetali e microrganismi utili), l'allarmante consumo di suolo per edilizia abitativa e industriale (inclusa la logistica)¹, e la realizzazione di infrastrutture come strade e autostrade, provocano la frammentazione degli habitat. Il risultato è il frazionamento delle popolazioni in sottopopolazioni con scarso contatto reciproco e possibilità di spostamento, che determina un aumento dei tassi di predazione, di competizione, di parassitismo e un ridotto ricambio genetico tra individui nelle zone rimaste isolate.

La distruzione degli habitat provoca la riduzione delle popolazioni di insetti, come effetto immediato e prolungato nel tempo, e può verificarsi anche molto tempo dopo l'iniziale trasformazione dell'ambiente². Il cambio di uso del suolo determinato dall'agricoltura industriale, ed in particolare dalle monocolture, riducono la quantità e varietà del pascolo di specie pollinifere e nettarifere a disposizione degli impollinatori. L'Unione Europea, con il Reg. 2021/2115 consente agli Stati Membri di adottare regimi volontari ecologici in agricoltura. IID.M.23.12.2022 introduce un supporto finanziario specifico per la tutela degli impollinatori e definisce una lista di specie vegetali di interesse apistico (allegato IX)³. L'UE ha inoltre avviato un programma di tutela degli impollinatori (EU pollinators initiative)⁴ e sostiene progetti LIFE e Horizon di ricerca e interventi di salvaguardia⁵. L'aumento degli impianti di illuminazione pubblica e in giardini privati causa un "inquinamento luminoso" che

ha gravi conseguenze ecologiche ed evolutive per le popolazioni animali e vegetali. Molti impollinatori, come le falene e i coleotteri, hanno abitudini notturne. È dimostrato che la luce artificiale ha un impatto sull'impollinazione notturna svolta principalmente dalle falene, con conseguenze negative sulla produzione delle piante. Infatti, le visite notturne sono ridotte del 62% nelle aree illuminate rispetto alle aree buie, con una riduzione del 13% nell'allegagione dei frutti⁶.

Gli incendi boschivi di grandi superfici e con elevata frequenza non solo distruggono habitat essenziali per gli impollinatori ma interi ecosistemi. Sebbene ci sia una maggiore prevenzione e controllo del territorio e tempestività nelle operazioni di intervento, gli incendi causati volontariamente da persone sono circa la metà degli eventi registrati annualmente, come avvenuto nel 2024⁷. Agli incendi segue spesso il dissesto idrogeologico e cambiamenti nella composizione floristica. Il cambiamento climatico, conseguente alle attività umane, provoca variazioni del tipico andamento meteorologico di una zona e dei suoi cicli stagionali (incremento delle temperature, siccità, alluvioni, ecc.) con impatti

negativi quali l'alterazione del periodo di fioritura e dei cicli biologici di vegetali e di animali, e della consistenza e distribuzione delle popolazioni negli ecosistemi. Lo sfasamento o asincronia tra i cicli di sviluppo degli insetti e le fioriture delle piante, spesso anticipate rispetto alla norma, incide sulla capacità di molte piante di produrre semi⁸.

L'introduzione volontaria o accidentale di piante e animali alieni (alloctoni) invasivi può portare al degrado di ecosistemi e alla riduzione della biodiversità autoctona. Le specie aliene invasive, delle quali abbiamo già parlato nei numeri 9, 10 e 11 di questa rivista, competono per le risorse e lo spazio con le specie native, possono comportarsi da predatori e vettori di patologie, causare forti alterazioni soprattutto negli habitat che ospitano specie meno adattabili ai cambiamenti.

Come possiamo arrestare il declino degli impollinatori?

Come già detto, gli impollinatori sono fondamentali per i nostri sistemi alimentari, la resilienza climatica e la sicurezza economica. Per questo è necessario preservare, gestire e migliorare i loro habitat⁹. In ambito agricolo, è necessario adottare la *Protezione Integrata dalle avversità*, e

ricorrere agli agrofarmaci solo dopo aver utilizzato tutte le tecniche agronomiche (uso di specie e varietà colturali resistenti, rotazioni colturali, irrigazione razionale). La difesa deve basarsi su tecniche di monitoraggio e prevenzione degli infestanti animali e vegetali e dai patogeni, utilizzando insetticidi specifici solo in caso di reale pericolo e non a scopo preventivo, dando la preferenza a prodotti per la difesa biologica e all'uso di ausiliari (insetti, acari o nematodi predatori e parassitoidi), riducendo i rischi per le persone e l'ambiente¹⁰. Nuove tecnologie come l'intelligenza artificiale, possono aiutare gli agricoltori nella gestione delle colture, nel rilevamento di fitofagi e malattie, e nella valutazione della necessità di intervento che deve sempre considerare la presenza d'impollinatori e insetti utili nell'area da trattare.

Nella pianificazione dell'uso del suolo in ambito rurale, urbano e periurbano si deve privilegiare la tutela degli ambienti naturali e la creazione di corridoi ecologici di collegamento tra habitat, per incrementare la biodiversità e l'equilibrio degli ecosistemi. Solo un approccio di questo tipo potrà garantire la fornitura dei servizi ecosistemici quali la produzione di cibo, la



rigenerazione del suolo e la depurazione dell'acqua, la protezione da fenomeni meteorologici estremi e, non ultimo, la protezione di valori ambientali e culturali fondamentali per il benessere delle persone ¹¹.

Altrettanto importanti sono le azioni individuali: perciò è essenziale che noi tutti agiamo nei nostri giardini, balconi o terrazze. Possiamo concretamente aiutare gli impollinatori e la natura, e mitigare alcuni degli effetti della crisi climatica, aumentando la consapevolezza del problema, e le nostre conoscenze mediante:

- scelta e messa a dimora di combinazioni di piante (annuali, biennali e perenni) e arbusti (non a comportamento invasivo) nettarifere e pollinifere che offrano nutrimento agli impollinatori durante tutta la stagione vegetativa e migliorino l'habitat per la nidificazione e il rifugio. In ambito cittadino si possono creare giardini e orti urbani con reintroduzione di specie spontanee e antiche varietà vegetali per favorire la biodiversità.

Alcuni esempi di piante a fioritura stagionale (vedi anche lista Allegato IX del D.M. 23.12.2022 sopra riportata) durante tutto l'anno: margherita comune, crepis, veronica comune, trifoglio.

primavera: aglio orsino, pervinca, amelanchier, primula, consolida maggiore, pitto-sporo.

estate: ranuncolo, fucsia, veronica, lavanda, geranio, fiordaliso, verbena, eliantemo.

autunno: clematide, pimpinella, echinacea, anemone d'autunno, campanula, soldanella.

inverno: elleboro, gelsomino invernale, viola del pensiero, falsa ortica, bucaneve.

Anche piante officinali e aromatiche quali lavanda, rosmarino, salvia e timo possono rendere il nostro giardino più attrattivo per gli insetti impollinatori.

- creazione di siepi miste e non monospecifiche, da potare ad anni alterni per favorire la presenza di fiori.

- non potare cespugli e alberi in estate per evitare di distruggere nidi di molte specie animali, e di non rimuovere i fusti morti né lavorare il terreno in inverno, per evitare il rischio di eliminare uova, larve o crisalidi di farfalle e falene.

- semina di piccole porzioni di piante nettarifere quali borragine, grano saraceno, Phacelia, e utilizzo di specie da sovescio nell'orto, da interrare dopo la fioritura.

- ritardo nello sfalcio e mantenimento delle erbe spontanee che fioriscono nella zona dell'orto ad inizio primavera,



Foto 1 a) *Lamium purpureum* (E. Gervasini)



b) *Bombus pascuorum* in alimentazione su *L. purpureum* (E. Gervasini)

quali il *Lamium purpureum*, visitato da molti Apoidei (Foto n. 1) e il tarassaco.

- non utilizzare insetticidi, nemmeno di notte, per non danneggiare gli impollinatori notturni, e privilegiare la difesa biologica dalle avversità.
- ridurre l'inquinamento luminoso, per un minore impatto sul ciclo vitale degli insetti.



c) *Bombus terrestris* su *L. purpureum*
(E. Gervasini)



Foto 2 a) *Prunella vulgaris*
(E. Gervasini)



b) *Apis mellifera* su *P. vulgaris*
(E. Gervasini)



c) *B. pascuorum* su *P. vulgaris*
(E. Gervasini)

- semina del prato con miscele di specie fiorite e allungamento degli intervalli di taglio, attuando sfalci a zone per lasciare piante fiorite, soprattutto in estate.
- rilascio di zone di terreno nudo in prossimità di siepi o piante, mantenimento di legno morto e muretti a secco, che possono servire come luogo di nidificazione per impollinatori solitari.
- costruzione di “hotel per impollinatori” (*Bee hotels*, Foto 3 a,b,c,d), con diversi materiali, anche semplicemente con tronchetti perforati con diversi diametri di foratura e canne di bambù per ospitare la progenie di api solitarie come *Megachile centuncularis*, *Osmia bicornis*, *O. cornuta*, ecc., e mazze di paglia e fieno per foricine e vespe solitarie, che

sono importanti predatori di molti parassiti delle piante.

- rendere disponibile acqua nei periodi di siccità, mediante punti di abbeveraggio con ghiaia, per evitare l'annegamento degli insetti. La consapevolezza e l'impegno quotidiano di amministratori, agricoltori, giardinieri e cittadini sono fondamentali per la salvaguardia degli impollinatori, nostri preziosi amici e alleati!

1) <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo>

2) http://biodiversita.biol.unipr.it/index.rvt?show=alterazione_habitat

3) <https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19035>

4) https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/pollinators_en

5) <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/biodiversita-1/life-pollinetwork>
<https://wildposh.eu/>
<https://pollinera-horizon.eu/>
<https://restpoll.eu/>

6) Knop E. et al. Artificial light at night as a new threat to pollination. 2017. Nature 548: 206–209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>

7) Incendi boschivi. <https://climadat.isprambiente.it/dati-e-indicatori/indicatori-di-impatto-dei-cambiamenti-climatici/incendi-boschivi/>

8) <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/hundreds-of-flowering-species-bloomed-across-britain-and-ireland-last-winter-thats-not-a-good-things-180987964/>

9) <https://www.rewild.org/press/bees-under-threat-solutions-for-survival>

10) Integrated Pest Management-IPM. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/integrated-pest-management-ipm_en

11) I servizi ecosistemici. <https://flore.unifi.it/retrieve/c6ed07e9-38c1-45a2-99b1-a83489d2f00e/iserviziecosistemi.pdf>



Foto 3 a) Bee Hotel
(E. Gervasini)



b) Bee Hotel
(E. Gervasini)



c) Bee Hotel
(P. Pazos)



d) Bee Hotel
(P. Pazos)



Dr. Luciano Riva
posta@rivastudioambiente.it



Proprietà meccaniche degli alberi nei centri abitati (parte prima)

L'argomento molto interessante prende il nome di biomeccanica, ossia meccanica applicata agli esseri viventi, in questo caso individui vegetali che formano strutture lignee secondarie.

Il focus riguarda i sistemi di reazione delle piante alle sollecitazioni meccaniche, cambiamenti nella forma, nelle dimensioni, nei tessuti prodotti, nelle caratteristiche del legno.

Gli alberi rappresentano strutture biologiche efficienti dal punto di vista meccanico. A differenza delle opere di ingegneria civile, che mantengono proprietà strutturali pressoché costanti, gli alberi sono organismi viventi in continua evoluzione, capaci di modificare forma, distribuzione delle masse e caratteristiche del legno in risposta alle sollecitazioni ambientali.

In ambiente urbano tali adattamenti assumono particolare rilevanza. Gli alberi crescono infatti in condizioni molto differenti rispetto agli ecosistemi forestali: volumi di suolo limitati, pavimentazioni impermeabili,



interferenze con infrastrutture, alterazioni idrologiche, continue operazioni di potatura, diverse caratteristiche del vento, modificano profondamente il comportamento biomeccanico della pianta.

La moderna arboricoltura considera l'albero non come un elemento vegetale, ma come una struttura biologica dinamica, la cui stabilità dipende dall'interazione tra caratteristiche meccaniche del legno, geometria della chioma, apparato radicale, condizioni del sito, reazioni dell'albero.

Negli ultimi trent'anni, lo sviluppo della biomeccanica arborea

ha permesso di comprendere molti dei processi attraverso cui gli alberi mantengono livelli di sicurezza elevati, anche in presenza di difetti strutturali o malattie dei tessuti legnosi.

Le sollecitazioni nei confronti delle piante prendono il nome di carichi, sono principalmente tre: neve, ghiaccio e vento.

Proprietà meccaniche del legno vivo

Dal punto di vista meccanico il legno costituisce un materiale composito naturale costituito principalmente da: cellulosa, emicellulosa, lignina e acqua. La cellulosa conferisce elevata

resistenza a trazione, mentre la lignina garantisce rigidità e capacità di sopportare carichi compressivi. Questa combinazione rende il legno uno dei materiali naturali con il miglior rapporto resistenza/peso.

Il legno è anisotropo, presenta proprietà meccaniche differenti a seconda della direzione delle fibre.

Le principali caratteristiche meccaniche comprendono: elasticità, modulo di rottura, resistenza a compressione, resistenza alla trazione, resistenza al taglio, capacità di dissipare energia.

Le proprietà variano sensibilmente tra specie differenti e perfino tra individui appartenenti alla stessa specie, in funzione delle condizioni climatiche, dell'età, dello stadio fenologico e delle modalità di crescita.

Il vento rappresenta il principale fattore di carico sugli alberi urbani. Durante un evento meteorologico intenso il tronco non rimane rigido ma si comporta in modo elastico, capace di deformarsi e successivamente recuperare la configurazione originaria. L'elasticità (cellulosa) costituisce uno dei



Legno di compressione in conifere, più ricco di lignina, più resistente ai carichi di compressione

meccanismi fondamentali di sicurezza. Gli alberi hanno evoluto un equilibrio ottimale fra rigidità, flessibilità, e capacità di dissipare energia.

Le oscillazioni della chioma riducono progressivamente il carico trasmesso al tronco e all'apparato radicale, limitando i picchi di tensione.

Questa capacità prende il nome di damping, o smorzamento, ed è oggi oggetto di numerosi studi nel campo della biomeccanica vegetale.

È la capacità dell'albero di smorzare l'energia che arriva dal vento. Soprattutto in tre modi: attrito dell'aria nei confronti degli organi legnosi e

erbacei, diverse modalità di oscillazione delle diverse parti degli alberi (tronco e rami), smorzamento viscoelastico con produzione di piccole quantità di calore. Sullo smorzamento viscoelastico ha molta importanza la quantità di acqua o idratazione presente all'interno degli organi legnosi. Alberi ben idratati mostrano capacità di smorzamento superiori. Lo smorzamento viscoelastico è importante anche nel suolo, ed è dovuto all'attrito tra radici e particelle di suolo. Il terreno stesso è in grado di smorzare energia assorbendola e deformandosi di conseguenza.

Alcune caratteristiche dei tessuti legnosi vivi possono essere ricavate dalle tabelle di Stoccarda, dove sono elencate le principali caratteristiche del legno vivo per alcune specie. Le proprietà ricomprese in elenco sono le seguenti: modulo di elasticità (Mpa), resistenza (Mpa), coefficiente di resistenza, Densità del legno (g/cm³), Limite di elasticità (%). Ad esempio, per due specie diverse fra loro per caratteristiche del legno, i fattori sopra riportati assumono i seguenti valori:

Specie	modulo di elasticità (Mpa)	Resistenza (Mpa)	Coefficiente di resistenza	Densità del legno (g/cm ³)	Limite di elasticità (%)
<i>Acer platanoides</i>	10550	24	0,25	0,989	0,23
<i>Tilia x vulgaris</i>	4500	17	0,25	0,84	0,38



Differenti carichi del vento hanno determinato asimmetria dell'apparato radicale, il vento arriva dal lato sinistro della foto, in conifere il legno di reazione viene formato nella parte soggetta a compressione (legno di compressione)



Formazione di legno di reazione sulle radici principali, il vento arriva dal lato sinistro della foto (legno di tensione)

La distribuzione delle tensioni

Uno degli aspetti più interessanti riguarda la distribuzione delle tensioni interne. Quando una porzione della struttura è sottoposta a maggiori carichi, il cambio produce nuovo legno incrementando localmente lo spessore del tronco o dei rami. Da questo processo derivano caratteristiche morfologiche ben note agli arboricoltori: costolature, contrafforti, ispessimenti localizzati, espansioni basali, rinforzi delle branche, ovalizzazioni, maggiore quantità di legno prodotto.

Tali strutture non rappresentano anomalie ma vere e proprie ottimizzazioni biomeccaniche. L'albero investe biomassa soltanto dove le tensioni risultano maggiori, minimizzando il dispendio energetico.

Nel contesto della biomeccanica degli alberi, il legno è definito come anisotropo, eterogeneo e viscoelastico. Un materiale è anisotropo quando le sue proprietà meccaniche cambiano in funzione della direzione in cui vengono misurate. Nel legno questa caratteristica deriva dall'orientamento delle fibre e dalla struttura anatomica

del tronco. Le principali direzioni sono: longitudinale (parallela alle fibre), radiale (dal centro verso la corteccia), tangenziale (lungo gli anelli di accrescimento). Le proprietà meccaniche risultano molto diverse nelle tre direzioni.

Un materiale è eterogeneo quando non possiede le stesse caratteristiche in tutti i suoi punti. Nel legno ogni porzione del tronco può avere proprietà differenti a causa di: anelli annuali, legno primaverile ed estivo, alborno e durame, nodi, fibre inclinate, legno di reazione, difetti naturali, alterazioni da funghi o insetti. Di conseguenza il



Reazione in conifere alla perdita dell'apice, la vigoria successiva alla rottura trascura la stabilità. Le strutture a candelabro in conifere non sono stabili nel lungo periodo. Il punto con accumulo di forze è la curvatura alla base del nuovo apice, punto esterno rispetto a quello di inserzione al tronco.

modulo elastico, la densità e la resistenza possono variare anche sensibilmente all'interno dello stesso albero.

Due sezioni dello stesso tronco possono quindi comportarsi in modo diverso quando vengono sottoposte allo stesso carico.

Un materiale è viscoelastico quando presenta contemporaneamente un comportamento elastico (recupero la forma originale quando eliminato il carico) ed un comportamento viscoso (la

deformazione dipende anche dal tempo durante il quale il carico viene applicato, con deformazione progressiva nel tempo e recupero graduale dopo la rimozione del carico).

Quando il vento piega un albero una parte della deformazione è immediatamente reversibile (elasticità), una parte dell'energia del vento viene dissipata internamente come energia (isteresi), se il carico permane a lungo si osserva un lento aumento della deformazione (scorrimiento viscoso).

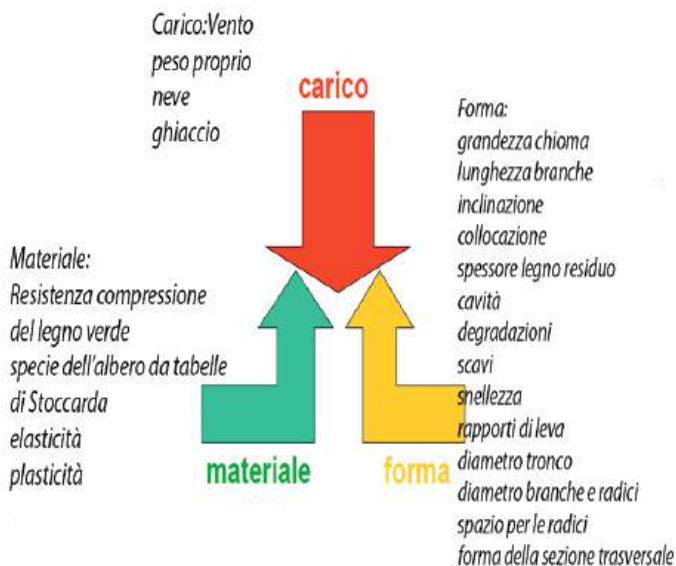
Quando il vento termina, il ritorno alla posizione iniziale non è istantaneo ma progressivo.

Questa capacità di dissipare energia costituisce uno dei principali meccanismi di smorzamento delle forze che colpiscono gli alberi.

L'anisotropia rende la resistenza dipendente dalla direzione delle fibre. L'eterogeneità fa sì che ogni albero sia un caso unico, con proprietà variabili lungo il tronco e nella chioma.

La viscoelasticità consente all'albero di assorbire e dissipare parte dell'energia trasmessa dal vento, riducendo le oscillazioni ed il rischio di cedimenti.

Le forze che colpiscono gli esseri vegetali possono essere così schematizzate:



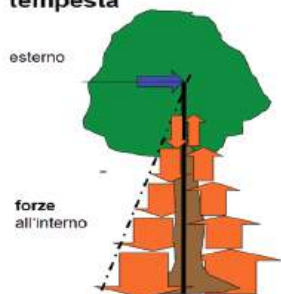
Gli alberi hanno evoluto proprietà e comportamenti per alleggerire i carichi che normalmente ricevono, il principale è il vento. Le prime strutture che il vento colpisce sono i germogli e le foglie, che costituiscono la parte esterna della chioma. Questi organi sono molto elastici e flessibili, non contengono strutture lignificate, possono modificarsi quando colpiti da una forza.

Liriodendron tulipifera



Capacità in *Liriodendron tulipifera* di modificare la forma dei suoi organi, per ridurre gli effetti delle forze incidenti e per fare in modo che tutta la forza del vento non venga assorbita dall'albero

tempesta



La flessibilità di questi organi (germogli e foglie) permette all'albero di non assorbire tutta l'energia in arrivo, parte di questa serve per mettere in movimento gli organi più flessibili. Inoltre queste strutture flessibili, oltre a smaltire parte della forza in arrivo, possono anche cambiare forma quando colpite dal vento. Ad esempio molte specie, fra le quali *Liriodendron tulipifera*, hanno foglie che possono assumere forme più aerodinamiche, diminuendo la forza del vento che colpisce l'albero:



Modifiche della chioma quando colpita dal vento, non tutta l'energia viene trasmessa all'albero. Parte dell'energia che arriva viene utilizzata per modificare la chioma, in conifere partecipano rami di primo ordine ed anche il tronco

La capacità degli alberi di non assorbire tutta l'energia incidente, attraverso diverse modalità, prende il nome di fattore di resistenza aerodinamica o drag factor.

Ha valori compresi fra 0,1 e 0,35. Le proprietà che più influenzano il drag factor sono porosità della chioma e flessibilità. Il contrario dei due fattori sopra richiamati sono densità e rigidità (density and stiffness). Effetti applicativi dei concetti sopra esposti riguardano le potature, ad esempio dopo interventi cesori di riduzione densità e rigidità aumentano, porosità e flessibilità diminuiscono, con risultati importanti sulle capacità delle piante nello smaltire le forze incidenti.

Lo smorzamento dell'energia in arrivo provoca diverso orientamento degli organi flessibili, modifica della forma (più affusolata), diverso orientamento dei rami. Questo ultimo fattore è più evidente in conifere, dove la struttura architettonica Excurrent prevede sezioni ridotte delle ramificazioni laterali anche in età

adulta, ed una prevalenza delle quantità di cellulosa rispetto a quelle di lignina. I rami laterali mantengono elevate caratteristiche di elasticità anche in fase adulta ed in presenza di vento assumono posizioni favorevoli al vento. Cosa non possibile in latifoglie (struttura Decurrent), con ramificazioni laterali con elevato diametro, elevata rigidità (stiffness), incapacità delle strutture adulte di orientarsi secondo la direzione del vento. In queste piante (conifere) per lo smorzamento della forza del vento partecipa anche il tronco, comportamento impensabile in latifoglie.

Link video:

<https://drive.google.com/file/d/1NjYeAs2EUwLyoeXCJAj1j994btIrM4LP/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1CBvvoScCWviKJJNhYdaP0CO1j27P27Uz/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1CrAJU545vdd8WviPpAdrgIBT4AEed2Ou/view?usp=sharing>

La parte di energia non dissipata dagli alberi è trasmessa ai rami, poi al tronco, alle radici ed al suolo. Anche le strutture legnose sono in grado di dissipare l'energia, attraverso

meccanismi quali l'oscillazione della chioma, la deformazione elastica dei tessuti, la deformazione viscoelastica, attrito, turbolenza all'interno della chioma, isteresi (le deformazioni delle strutture legnose non seguono esattamente il carico applicato, neanche in fase di rilascio, mantenendo una quantità di energia che viene

dissipata), attrito tra le diverse parti della chioma, deformazione elastica delle radici, attrito fra radici e suolo. La parte di energia non dissipata viene trasmessa alle parti dell'albero: branche, tronco, colletto, radici, suolo. In sintesi i fenomeni interessati alla dissipazione delle forze negli alberi sono i seguenti:

Fenomeno	In cosa consiste	Cosa provoca
Smorzamento e damping	Capacità di diminuire la forza incidente	Dissipazione di energia
Isteresi	Perdita di energia nei cicli di carico e scarico delle forze	Perdita di energia nei cicli di carico e scarico delle forze
Viscoelasticità	Dissipazione di energia a causa della viscosità dei tessuti	Dissipazione
Attrito interno	Fibre legnose che scorrono fra loro trasformando parte dell'energia in calore	Conversione di energia in calore
Smorzamento aerodinamico	Resistenza opposta da foglie e rami all'energia del vento	parte dell'energia viene dissipata
Riconfigurazione aerodinamica	Modifiche nella morfologia e orientamento durante eventi ventosi	Riduzione del carico del vento
Accoppiamento dinamico	Diverse frequenze di oscillazione delle diverse parti di un albero	Distribuzione dell'energia evitando picchi localizzati
Ripartizione del carico	L'energia del vento viene distribuita lungo tutta la pianta, evitando carichi concentrati	Riduzione di carichi concentrati
Assorbimento elastico di energia	Assorbimento temporaneo di energia da parte dei tessuti	Vengono evitati picchi di tensione

I lavori che l'uomo esegue sugli alberi (potature, ecc) modificano il materiale (legno), i carichi ed i seguenti fattori morfologici: snellezza,

lunghezze e rapporti di leva, cavità, elasticità delle strutture, grandezza della chioma, rigidità, porosità, forma degli organi (foglie e germogli).



Modifiche delle foglie in funzione di diverse e crescenti velocità del vento



Lucia Enriquez Pinedo
Ing. Forestal y Ambiental, Perú



La importancia de los árboles andinos y amazónicos del Perú profundo. Una mirada breve a los bosques del Perú

El Perú es un país megadiverso que alberga 11 ecorregiones. Según datos del propio Ministerio del Ambiente de Perú, en su territorio coexisten 84 de los 104 ecosistemas registrados en todo el planeta. Su fisiografía está marcada por tres grandes regiones naturales: la Selva, que ocupa el 60,3% del territorio; la Sierra, con el 28%; y la Costa, con el 11,7%. En términos de cobertura forestal, aproximadamente el 60% del territorio nacional está cubierto de bosques, lo que equivale a más de 69 millones de hectáreas, y posiciona al Perú como el segundo país de América Latina con mayor extensión de bosques tropicales, después de Brasil. De esa superficie forestal, el 92% se concentra en la región amazónica en forma de bosques húmedos tropicales; el resto se distribuye entre relictos boscosos andinos y bosques secos del norte de la costa. Al poseer microclimas en zonas de transición ecológica,

el país alberga una vasta diversidad de especies arbóreas autóctonas que juegan un papel fundamental en el equilibrio de sus ecosistemas. Dos de las más representativas y amenazadas son los quinales o queñuales del género *Polylepis* en los Andes, y el majestuoso shihuahuaco C en la transición amazónica.

Los quinales: guardianes de los andes

Los relictos de *Polylepis* se cuentan entre los árboles más resilientes frente al clima extremo de toda la cordillera altoandina. Su rango

altitudinal va desde los 2 500 hasta los 4 800 m s. n. m. En la mayoría de sus especies, aunque la especie *Polylepis tarapacana* ostenta el récord mundial al formar los bosques más altos del planeta, alcanzando los 5200 m s. n. m. en el Parque Nacional Sajama, en Bolivia, y con individuos registrados a esa misma cota en el extremo sur del Perú. Este dato sitúa al género *Polylepis* como el de mayor distribución altitudinal entre las especies arbóreas del mundo, superando incluso a las coníferas del Himalaya.



La taxonomía del género ha sido declarada compleja y está en constante revisión. Según la revisión taxonómica más reciente, realizada por Gamarra & Espinoza (2025), se reconocen al menos 48 especies a lo largo de los Andes Tropicales. Perú es el país con mayor riqueza de especies de este género en el mundo, con presencia en 19 de sus 25 departamentos, seguido por Bolivia con 13, Ecuador con 7 y Argentina con 5. La mayor diversidad de especies se concentra en los departamentos de Cusco y Ayacucho, mientras que Áncash alberga las mayores extensiones de bosque. Entre las especies más empleadas en proyectos de reforestación andina destacan *P. incana* y *P. racemosa*, aunque dependiendo de la zona eco-geográfica también se utilizan otras como *P. weberbaueri*. Hoy se estima que apenas quedan alrededor de 500 000 hectáreas de bosques de *Polylepis* en toda su área de distribución. Su importancia no reside únicamente en su extraordinaria capacidad de adaptación frente al cambio climático. Estos árboles son refugio de una fauna altamente



Bosque altoandino

(rama de árbol de *Polylepis Rodolfo-vasquezii*, JunínPerú).

especializada: existen aves estrictamente dependientes de los bosques de *Polylepis*, conocidas como especialistas, que han desarrollado tal grado de dependencia hacia este ecosistema que su desaparición implicaría también la extinción de dichas aves; y existen aves generalistas que mantienen una simbiosis ecosistémica con estos bosques. Además, los quinuales actúan como sumideros de carbono, los estudios en *Polylepis rugulosa* han registrado capacidades de captura de CO₂ de decenas de miles de toneladas por hectárea al año, contrarrestan la erosión del suelo y cumplen un rol fundamental en el ciclo hídrico de las cuencas altas. Sus sistemas radi-

culares permiten la retención de agua y su transferencia paulatina desde la capa freática hacia la superficie, contribuyendo a la formación de cochas (pequeñas lagunas altoandinas) y alimentando manantiales que sostienen a comunidades enteras cuenca abajo. A pesar de su enorme valor ecológico, el estado de Perú los clasifica como especie vulnerable, aunque estudios de campo sugieren que su situación real podría ameritar una categoría de mayor urgencia, dado que la mayoría de individuos actuales son juveniles con alta probabilidad de no sobrevivir ante el sobrepastoreo, la tala no sostenible e incendios forestales.

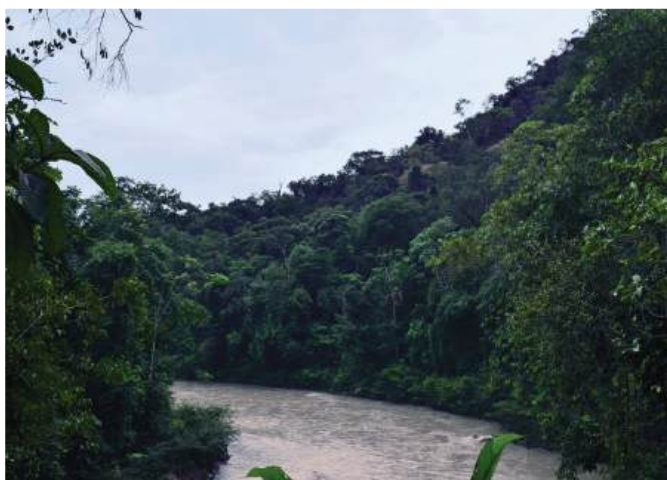
El shihuahuaco: un centenar de años de historia en sus anillos

Yendo hacia la vertiente oriental de los Andes, el paisaje se transforma radicalmente. La llanura amazónica. En ese universo de biodiversidad, hay una especie que lo trasciende todo por su magnitud y su historia: el **shihuahuaco**, *Dipteryx micrantha* Harms, conocido en el Perú a través de esta especie y, en menor medida, de *Dipteryx charapilla*.

Lo primero que inspira un shihuahuaco es respeto. Para alcanzar los 40 metros de altura y el metro y medio de diámetro que puede llegar a tener, deben transcurrir por lo menos mil años. Un solo ejemplar puede capturar hasta 40 toneladas de carbono a lo largo de su vida, siendo una pieza irremplazable del equilibrio ecológico amazónico. Los estudios realizados en las últimas décadas han confirmado que individuos con un diámetro de fuste cercano a los 130 cm acumulan más de 300 anillos de crecimiento secundario, lo que equivale a más de tres siglos de existencia. Para alcanzar un metro de diámetro, la especie requiere aproximadamente 700 años, lo que evidencia una tasa de crecimiento excepcionalmente lenta.



Bosque altoandino (Regeneración natural del árbol de *Polylepis rodolfo-vasquezii*, Junín Perú).



Bosque amazónico:
Parque Nacional Yanachaga Chemillen, Perú. Río Izcozacín.

En sus anillos está guardada la historia climática de la Amazonia: sucesos que ninguna generación humana viva ha podido presenciar ni registrar.



Bosque amazónico:
Fuste de árbol endémico,
shihuahuaco
(*Dipteryx micrantha* Harms).

Sin embargo, esta especie centenaria ha sido arrasada sin medida. Desde la década de 1970, la tala indiscriminada del shihuahuaco se intensificó debido al altísimo valor comercial de su madera, considerada una de las más duras del mundo, empleada para la producción de carbón vegetal, pisos de parquet y tablones exportados a China, la Unión Europea y Estados Unidos. Su densidad extrema, que hace que la madera no flote, obliga a abrir grandes carreteras en plena Amazonia para extraer los troncos, generando una cadena de impactos que va mucho más allá de la tala en sí: ingreso de actividades



Bosque amazónico: semilla de shihuahuaco
(*Dipteryx micrantha* Harms).

ilegales, deforestación secundaria, pérdida del valor del bosque en pie y degradación progresiva del ecosistema.

Un estudio del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) estimó que en un período de diez años se extrajeron en promedio 74 shihuahuacos por día, lo que supera los 250 000 árboles talados. Ante esta evidencia, en 2016 el Ministerio de Agricultura publicó, mediante la Reso-

lución Ministerial N°0505-2016-MINAGRI, la propuesta de decreto supremo para actualizar la lista oficial de especies amenazadas. Tras talleres del SERFOR desarrollados entre 2018 y 2020, el shihuahuaco fue catalogado en **Peligro Crítico**, advirtiéndose que, de mantenerse el ritmo de extracción actual, la especie podría desaparecer en los próximos diez años al menos en las regiones de Loreto y San Martín.



Bosque amazónico: Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Perú. Río Izcozacín.



Foresta amazonica: Parco Nazionale Yanachaga-Chemillén, Perú. Actividades prácticas de botánica y taxonomía vegetal, realizadas gracias a una subvención del Jardín Botánico de Missouri.

La pérdida del shihuahuaco no es solo la pérdida de un árbol. Es la desaparición de un engranaje ecosistémico que sostiene a decenas de otras especies. El águila harpía (*Harpia harpyja*), los guacamayos y otras aves emblemáticas de la Amazonia peruana dependen de estos gigantes para anidar y completar su ciclo reproductivo. Cada árbol genera más de mil litros de agua por día mediante transpiración, contribuyendo a la formación de lluvias y al mantenimiento de la humedad en los bosques.

Su desaparición degrada el bosque amazónico en su conjunto, reduciendo su capacidad de captura de carbono, alterando el ciclo del agua y empobreciendo directamente la vida de las comunidades indígenas y ribereñas que dependen del bosque para su subsistencia.

El shihuahuaco tiene más años de existencia que la memoria humana escrita. En sus anillos de crecimiento reposa una historia que nuestra generación no alcanzó a ver. Por ello, su valor trasciende

ampliamente la comercialización: es urgente revalorar su papel en los proyectos de forestación y reforestación, impulsar estudios sobre su regeneración natural y alentar al consumidor a conocer el origen de la madera que adquiere, priorizando alternativas certificadas (FSC) que no comprometan la permanencia de estos árboles centenarios. Usar pisos de parquet de una especie que tardó 800 años en crecer no es progreso: es una pérdida que ningún mercado puede reponer.



Bosque de *Polylepis* de gran altitud de los Andes en Puno, Perú.
Actividades prácticas - Foto de Liz Mendoza - 4,367 m. sobre el nivel del mar.

Por:
Lucia Carolina Enriquez Pinedo

(Ingeniera Forestal y Ambiental, Perú).

National University of the Center of Peru.

luciacep7@gmail.com / lenriquez@uncp.edu.pe

Postcode 12001, Peru.

Orcid: 0000-0003-0020-7178

Scopus:59136510900

Lucia Enriquez es profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental, ha participado en proyectos de investigación ambiental, en restauración ecológica,

manejo sostenible de bosques, conservación de la biodiversidad, silvicultura y agricultura con drones, forma parte del grupo de investigación de jóvenes **Nature Conservation and Climate Change (NCCC)** en Huancayo Perú.

