PNAT (Project Nature) è una società di progettazione multidisciplinare, nata come spin-off dell'Università di Firenze e composta da un team di scienziati vegetali, architetti e ingegneri, che promuove relazioni sinergiche tra l'ambiente naturale e quello costruito.

Fondata nel 2014 dal prof. Stefano Mancuso assieme alle agronome e botaniche Elisa Azzarello e Camilla Pandolfi e agli architetti Antonio Girardi e Cristiana Favretto, collabora con il Laboratorio Internazionale di Neurobiologia Vegetale (LINV, www.linv.org), uno dei centri di ricerca più autorevoli al mondo sulle piante.

Pnat si occupa di trasferire le conoscenze sulle piante nel progetto a diverse scale, da quella domestica a quella urbana, elaborando e studiando soluzioni tecnologiche innovative ispirate al modello vegetale. Il principale campo di intervento è l'ambiente costruito e come integrare le piante in città, nelle abitazioni, nei luoghi di lavoro e nello stile di vita delle persone.

PNAT srl

SEDE LEGALE
Firenze, Via della Cernaia 12

SEDI OPERATIVE
Firenze, Manifattura Tabacchi, via delle Cascine 33
Venezia, San Donà di Piave, Corso Silvio Trentin 24

CONTACT
www.pnat.net info@pnat.net | www.pnat.net

ConSenso è un importante progetto di sperimentazione scientifica avviato in Tanzania nella regione di Mbeya, da Accademia del Caffè Espresso, Cisco e PNAT.

La finalità di questa collaborazione è aumentare la consapevolezza sulla filiera del caffè creando delle linee guida che possano aiutare la comunità del caffè ad affrontare le sfide imposte dal riscaldamento globale, tramite indagini conoscitive e analisi da remoto della piantagione di Utengule, governata da attente pratiche agronomiche. L'obiettivo è quello di valorizzarne la produzione, mettendo in risalto i benefici ambientali che ne derivano in termini di capacità di sequestro di CO_2 e avvicinando il consumatore alla produzione tramite la costituzione di una rete dimonitoraggio che consente la visualizzazione di immagini e dati in tempo reale.

Questo report ha lo scopo di stimare lo stato di fatto in termini di contributo dello stoccaggio della CO_2 della piantagione di Itimba, tenuta agricola Songwa Estates.

SCANSIONA ↘
per conoscere i dati in tempo reale

ConSenso project
// lo stoccaggio della CO_2 della piantagione di caffè di Itimba in Tanzania: stima e benefici

ACCADEMIA DEL CAFFÈ ESPRESSO

ConSenso project

// lo stoccaggio della CO_2 della piantagione di caffè di Itimba in Tanzania: stima e benefici

PNAT PROJECT NATURE

ACCADEMIA DEL CAFFÈ ESPRESSO

Accademia del Caffè Espresso è un hub culturale dedicato al mondo del caffè espresso italiano, all'interno del quale si svolgono analisi, ricerche e divulgazione sulla cultura del caffè. Il progetto nasce dal desiderio di La Marzocco, azienda fiorentina che produce macchine da caffè professionali, di creare un modello umanistico che possa essere punto di riferimento della cultura italiana nel mondo. Accademia del Caffè Espresso ha sede a pochi chilometri da Firenze, sulle colline di Fiesole, presso le originarie Officine de La Marzocco, trasformandosi da luogo di produzione industriale a centro di formazione, cultura e innovazione.

La Marzocco, fondata nel 1927 dai fratelli Bambi, fin dall'inizio si è specializzata nella produzione artigianale di macchine da caffè espresso per bar con particolare attenzione alla qualità, al risultato in tazza e allo stile. In oltre 90 anni di storia, l'azienda fiorentina ha introdotto una serie di tecnologie e brevetti rivoluzionari, diventando leader nel design e nell'innovazione nel campo delle macchine da caffè tradizionali. Tutti i modelli, compresi gli ultimi destinati al consumatore finale, sono realizzati artigianalmente ed esportati in più di 100 paesi dove si trovano nelle migliori caffetterie, nei migliori ristoranti e nelle case del mondo.

Accademia del Caffè Espresso

Via Bolognese 68
Pian di San Bartolo
50014 Fiesole (Fi) Italy

CONTACT
info@accademiaespresso.com

© foto Alex Torres

ConSenso project

// lo stoccaggio della CO_2 della piantagione di caffè di Itimba in Tanzania: stima e benefici

2.

coordinamento scientifico e progettuale:
Stefano Mancuso
Camilla Pandolfi
Cristiana Favretto

team di progetto:
Damiano Molena
Giorgia Magrì

contributo di:
Massimo Battaglia

Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro senza l'autorizzazione scritta dei proprietari dei diritti.

CARTA Selena | Burgo Group Spa

PEFC
EU Ecolabel www.ecolabel.eu
100% Recyclable
ECF Elemental Chlorine Free

PNAT
PROJECT
NATURE

x

ACCADEMIA
DEL CAFFÈ ESPRESSO

progetto realizzato da **Pnat** e finanaziato da **Accademia del caffè espresso**

INDICE

Prefazione
a cura di Massimo Battaglia

Introduzione

Lo stoccaggio della CO_2

La piantagione Utengule

Censimento

La metodologia di stima

I risultati
- piante di caffè
- alberi ombra
- piantagione Itimba

Le piante ombra e lo stoccaggio della CO_2

La forma di allevamento e lo stoccaggio della CO_2

Biomassa del caffè e sistema agronomico

Conclusioni

Prefazione

a cura di Massimo Battaglia

Il 2023 è stato l'anno più caldo mai registrato, da sempre, a causa dei cambiamenti climatici, indotti dall'uomo. L'aumento della temperatura dell'aria e del mare, così come gli eventi meteorologici imprevedibili e le precipitazioni più irregolari, hanno avuto un grande impatto su tutte le commodities e soprattutto sulla produzione di caffè. Le buone pratiche applicate e la corretta gestione delle coltivazioni giocano un ruolo chiave in questo.

Se non affrontata adeguatamente nei prossimi anni, la crisi climatica rappresenta una grave minaccia per la produzione globale di caffè e per le persone che ne guadagnano per vivere. Il riscaldamento globale porterà a "shock sistemici continui", che probabilmente ridurranno sia la resa che la qualità.

Con l'aumento della tendenza di consumo globale di caffè, la pressione sugli habitat e sulle foreste si intensifica, sottolineando l'urgente necessità di adottare metodi di produzione del caffè più sostenibili. Si prevede che il cambiamento climatico influenzerà negativamente la produzione globale di caffè, con riduzioni della resa previste e cambiamenti nell'idoneità dei terreni. Un motivo in più perché il mondo del consumo di questa bevanda sostenga il più possibile i produttori per ridurre, da un lato, le emissioni di carbonio nelle piantagioni di caffè e dall'altro, per aumentare e valorizzare lo stoccaggio di CO_2 del proprio microcosmo vegetale. Con i 10 milioni di ettari coltivati il caffè può veramente giocare un ruolo importante, diventando un polmone verde di grande impatto a livello globale. In molti paesi produttori, i coltivatori stanno già implementando pratiche sostenibili nelle loro aziende agricole, trasformando la piantagione in un sistema agro forestale complesso, dove le piante di caffè convivono con piante ombra a protezione del ciclo produttivo, la piantagione viene meravigliosamente trasformata in un "bosco produttivo", ottenendo risultati straordinari: la transizione verso pratiche agricole rigenerative e la necessità di mitigare e adattarsi a queste sfide è più cruciale che mai.

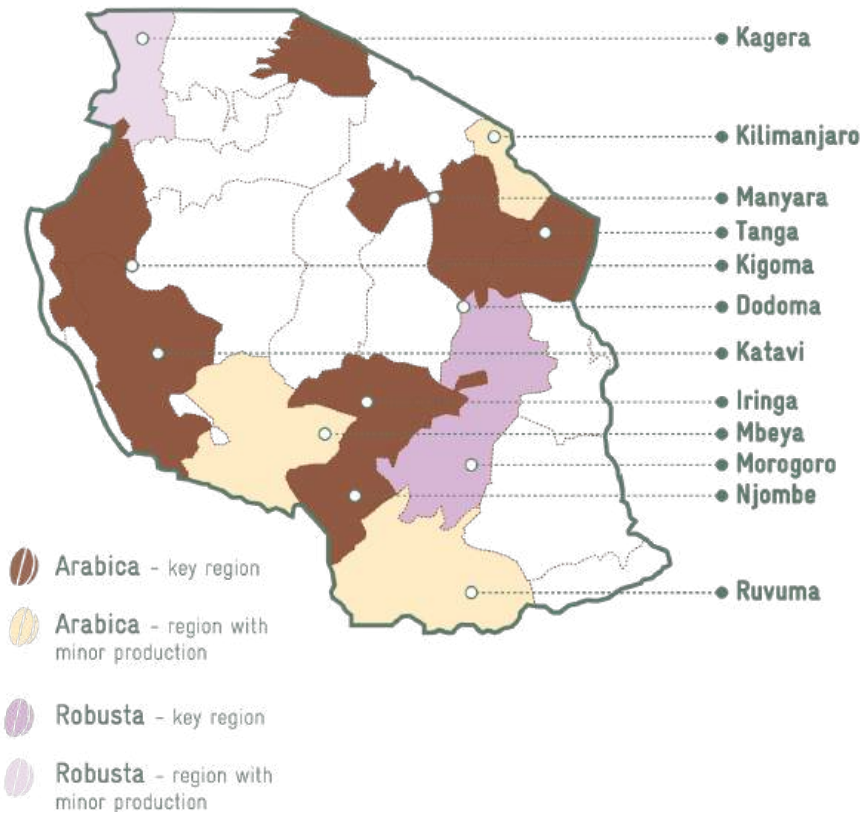
Con i 10 milioni di ettari coltivati il caffè può veramente giocare un ruolo importante, diventando un polmone verde di grande impatto a livello globale.

Introduzione

a cura di Massimo Battaglia

La produzione di caffè in Tanzania è un aspetto significativo della sua economia in quanto è il più grande prodotto di esportazione della Tanzania. La produzione di caffè in Tanzania è in media compresa tra 30.000 e 40.000 tonnellate all'anno, di cui circa il 70% è Arabica e il 30% è Robusta (il 90% del caffè viene esportato), ed è legata a piantagioni di tipo familiare: 450.000 piccoli proprietari producono circa il 90% del caffè del paese, la dimensione tipica dell'azienda agricola è di 0,5 – 2 ettari.

La maggioranza sono piccole realtà produttive. Le principali destinazioni delle esportazioni di caffè sono: Giappone ($46,1 milioni), Germania ($34 milioni), Italia ($19,6 milioni), Stati Uniti ($11,4 milioni) e Marocco ($10,3 milioni). La Provincia di Mbeya in Tanzania è un territorio prettamente agricolo, molto popolato, con condizioni climatiche e pedologiche ottimali, dove le piccole proprietà regnano sovrane



Il caffè è ancora la coltura da reddito più importante, rappresentando circa il 39% della terra destinata a colture permanenti e coltivata da oltre l'80% degli agricoltori della regione di Mbeya. La maggior parte degli agricoltori coltiva principalmente la varietà Arabica. Il raccolto viene consociato con colture miste intensive con mais, fagioli e banane che dominano il sistema. Alcuni coltivatori praticano anche il sistema della monocoltura del caffè, soprattutto quelli che possiedono ampi appezzamenti di terreno.

Ad una agricoltura di sussistenza molto ben orchestrata, si associano alcuni piccoli appezzamenti di differenti coltivazioni che assicurano l'approvvigionamento della famiglia contadina, e in piccola parte ne garantiscono un piccolo reddito. È sicuramente un tipo di agricoltura un po' all'antica, ma molto efficace: la diversità delle piante assicurano una dieta equilibrata, la diversificazione delle coltivazioni da reddito, una entrata economica se pur piccola, sicura e costante.

Lo stoccaggio della CO_2

Le piante forniscono un vero e proprio servizio ecologico nell'abbattimento delle emissioni di CO_2, essendo queste delle macchine in grado di sequestrare il carbonio ed utilizzarlo per la loro crescita. Attraverso gli scambi gassosi e il processo fotosintetico, il carbonio sottratto all'atmosfera viene immagazzinato nella biomassa vegetale e lì conservato per tutto il ciclo vitale della pianta.

La quantità stoccata nella biomassa dipende da molti fattori, primo dei quali la velocità di crescita della specie o del sistema forestale preso in considerazione.

Poiché la maggior parte delle definizioni di "foresta" descrivono una frazione di copertura del suolo da parte di piante perenni legnose di una determinata superficie minima, anche i sistemi agroforestali derivati, come le piantagioni di caffè, potrebbero rientrare in questa categorizzazione.

Ad esempio, ai fini della Legge Forestale della Toscana, costituisce bosco qualsiasi area, di estensione non inferiore a 2.000 m² e di larghezza maggiore di 20 m, misurata al piede delle piante di confine, coperta da vegetazione arborea forestale spontanea o d'origine artificiale, in qualsiasi stadio di sviluppo, che abbia una densità non inferiore a cinquecento piante per ettaro oppure tale da determinare, con la proiezione delle chiome sul piano orizzontale, una copertura del suolo pari ad almeno il 20%.

Le piante forniscono un vero e proprio servizio ecologico nell'abbattimento delle emissioni di CO_2 che sono in grado di stoccare utilizzandolo per la loro stessa crescita.

La piantagione di caffè, costituita da arbusti perenni legnosi ed alberi, può essere considerata come una riserva di carbonio in continua crescita e la quantità sequestrata dipenderà dal tasso di accrescimento della piantagione. L'età della piantagione è un fattore particolarmente importante: le piante giovani, infatti, accumulano CO_2 più rapidamente delle vecchie. Così come lo stato di salute delle piante e le operazioni che ne garantiscono il mantenimento sono fondamentali, per il contributo di assorbimento.

Si tratta di quantità rilevanti, soprattutto considerando che circa metà della sostanza secca di una pianta è costituito da carbonio (Pearson et al 2005).

La frazione di carbonio nella biomassa secca viene calcolata seguendo le linee guida dell'Intergovernmental panel on climat change, IPCC 2006, organismo delle Nazioni Unite preposto alla valutazione della scienza relativa ai cambiamenti climatici.

Il bilancio del carbonio comprende due comparti, che possono essere denominati come "in foresta", ovvero la quantità totale di biomassa che costituisce le piante presenti nei lotti di indagine e "fuori foresta" relativo all'utilizzo che viene fatto di tutti i prodotti legnosi e

di scarto derivanti d potature, abbattimenti, ecc.

Si ritiene importante sottolineare come il carbonio fissato nelle piante resti stoccato all'interno dei tessuti legnosi che le compongono fino a quando queste non vengono abbattute e in qualche modo utilizzate.

Il carbonio viene quindi poi re-immesso nell'atmosfera ad una velocità pari alla rapidità di utilizzo del legno. A titolo esemplificativo una foresta a ciclo trentennale sequestrerà carbonio per tutta la durata dell'impianto, fino a quando i prodotti legnosi verranno utilizzati ed il carbonio sarà così immesso nell'atmosfera. La legna da ardere avrà quindi un ciclo molto breve, mentre il legname da opera avrà un ciclo molto più duraturo in quanto il prodotto derivato ha una vita che può arrivare anche a molti anni. *Nel caso di una piantagione di*

Il carbonio fissato nelle piante resta stoccato all'interno dei tessuti legnosi che le compongono fino a quando queste non vengono abbattute e in qualche modo utilizzate

Sarà rilevante la forma di allevamento scelta per la produzione, e la periodicità e gestione delle potature che verranno necessariamente eseguite per garantire la produzione

caffè in produzione, la quantità di carbonio stoccata dipenderà dal numero e dalla dimensione delle singole piante di caffè, e dalla presenza o meno di alberi ombra negli appezzamenti. In particolare sarà rilevante la forma di allevamento scelta per la produzione, e la periodicità e gestione delle potature che verranno necessariamente eseguite per garantire la produzione.

La piantagione di Utengule

La tenuta agricola Songwa Estates è situata nel sud-ovest della Tanzania ad un'altitudine di 1450 m sul livello del mare. Copre una superficie totale di 144 acri ed è collegata alla tenuta agricola Utengule Estate con 650 acri. Il 46% del territorio è coltivato a caffè, mentre foresta, ruscelli e siepi coprono il 41% della proprietà, fornendo alla fattoria un superbo equilibrio ecologico e una ricca biodiversità che ospita un vasto numero di flora e fauna. La percentuale rimanente è costituita da strade, area di lavorazione e edifici. I campi di caffè sono in parte ombreggiati con specie

arboree principalmente indigene, tra cui alberi molto vecchi e monumentali, come la Faidherbia albida, sui quali si trovano differenti aerofite, come l'orchidea leopardo. Questi alberi occupano molto spazio ma svolgono un ruolo vitale nella conservazione della biodiversità locale, che è centrale per il funzionamento della fattoria. La posizione e il clima sono ideali per la coltivazione del caffè Arabica. La fattoria si trova all'interno della monumentale Rift Valley in una zona climatica tipica degli altipiani subtropicali dell'emisfero meridionale. Il clima, tropicale secco, è mite durante tutto l'anno, con giornate calde che vanno dai 24 ai 28°C.

La fattoria si trova all'interno della monumentale Rift Valley in una zona climatica tipica degli altipiani subtropicali dell'emisfero meridionale

La stagione delle piogge va da ottobre ai primi di maggio, portando circa 1000 mm di pioggia all'anno. La stagione secca, da aprile ai primi di agosto, è la stagione della raccolta e si caratterizza per temperature fresche di notte. Tre anni fa, la fattoria ha introdotto una nuova politica riguardante i nuovi campi di caffè, infatti produce biochar da legname residuo, come potature, e lo aggiunge al compost fatto di polpa di caffè, buccia di caffè e letame di mucca, acquistato dai contadini locali. Questo compost carbonizzato seppellisce considerevoli quantità di carbonio nel terreno, conservandolo per centinaia di anni o forse indefinitamente, contribuendo in modo minore, ma importante, alla rimozione del CO_2 dall'atmosfera. Gli alberi di caffè crescono meglio e più rapidamente in questi campi e sono più resilienti allo stress idrico, perché il biochar può assorbire acqua e nutrienti, quindi rilasciarli alle radici del caffè in una fase successiva. Tecniche aggiuntive per affrontare le sfide tipiche dei cambiamenti climatici, includono la selezione di varietà più tolleranti alla siccità, un'eccellente preparazione del terreno prima della piantagione, una maggiore densità di

© foto Alex Torres

piantagione per ottenere una migliore copertura del terreno, ombreggiatura leggera dall'alto, copertura del terreno e un sistema di potatura migliorato.

Nel 2020 è stata messa in funzione una nuova linea di lavorazione umida di ultima generazione, ecologica, che consuma solo il 3% della quantità di acqua del sistema precedente. Inoltre, Songwa irriga efficientemente parte dei suoi campi dai corsi d'acqua che derivano dalle montagne situate nelle vicinanze della fattoria, compensando una potenziale scarsità di pioggia.

Gli alberi di caffè crescono meglio e più rapidamente in questi campi e sono più resilienti allo stress idrico, perché il biochar può assorbire acqua e nutrienti.

Le pratiche agricole per la coltivazione del caffè includono diverse attività come irrigazioni pianificate, sarchiatura manuale durante la stagione delle piogge, fertilizzazione organica e chimica dosata, controllo delle malattie delle foglie e delle bacche di caffè, raccolta selettiva e lavorazione con criteri e metodi specifici, riposo del caffè,

controllo di qualità regolare e selezione, compostaggio dei rifiuti agricoli, e piani per il vivaio e la propagazione delle piante, raccolta, lavorazione del caffè, controllo di qualità e selezione, compostaggio e propagazione in vivaio, potatura degli alberi ombra per evitare l'eccessivo ombreggiamento e potatura delle piante di caffè al fine di favorire la produzione.

Per contrastare la scarsità di pioggia parte della piantagione viene efficientemente irrigata grazie ai corsi d'acqua che derivano dalle montagne situate nelle vicinanze della fattoria

Quest'ultima operazione comporta il taglio quinquennale dei fusti primari delle piante di caffè con il rilascio dei polloni precedentemente sviluppati sul medesimo ceppo così da avere una rotazione della produzione sui fusti giovani. Il materiale di risulta con dimensioni più contenute viene utilizzato per produrre biochar, mentre i fusti di maggior diametro fungeranno da supporto alle giovani piante dei nuovi lotti, oltre ad essere utilizzati come legname da ardere e da opera per manici e paleria, essendo un legno molto resistente e durevole.

Nuova piantagione

LEGENDA

Lotti della piantagione di caffè Itimba

Alberi ombra presenti nei lotti

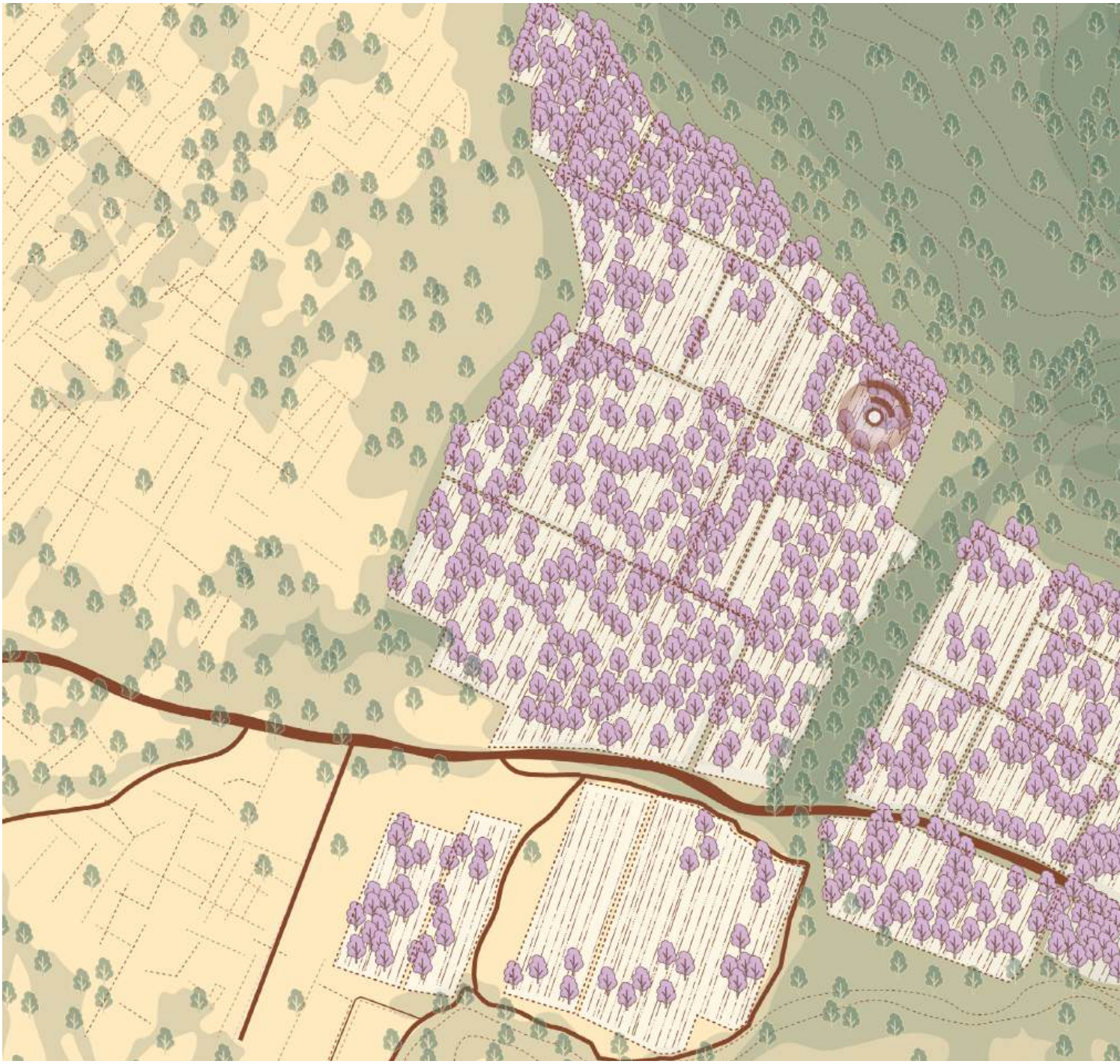
Sensore

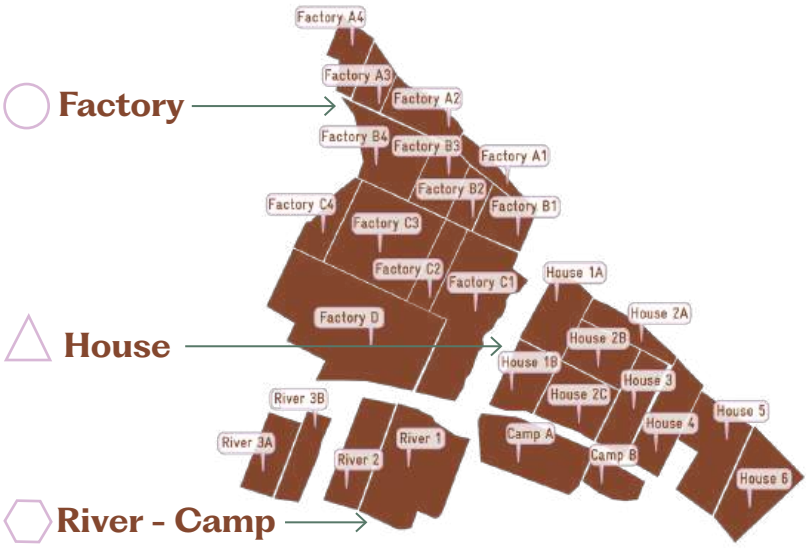
Percorsi esistenti

Vegetazione esistente

Campi esistenti

*restituzione grafica della piantagione **Itimba** suddivisa in lotti* ↘





All'interno della fattoria sono presenti quattro diverse piantagioni, denominate come segue:

- **Songwa**
- **Tegemeo**
- **Utengule**
- **Itimba**

Considerata l'ubicazione e l'eterogeneità vegetazionale, espressa sia in termini di età delle piante di caffè che di varietà degli alberi ombra, abbiamo preso come riferimento, per l'analisi della biomassa e di conseguenza dello stoccaggio di anidride carbonica, la piantagione di Itimba. Quest'ultima è suddivisa in 28 lotti denominati in maniera univoca, come riportato nella mappa.

Le prime piante di caffè sono state messe a dimora nel lotto It. House 3 nel 1970, mentre le più recenti risalgono al 2023 nel lotto It. House 1A.

Censimento

La quantità di biomassa organica, ovvero il peso totale della vegetazione presente nella piantagione, è correlata al numero di piante e alla loro dimensione (diametro e altezza), che sarà a sua volta strettamente dipendente dall'età delle stesse.

Grazie ai dati in possesso dei gestori della fattoria di Utengule conosciamo esattamente il numero degli arbusti di caffè e la loro età, le specie ed il numero degli alberi ombra.

In totale, alla data odierna (Marzo 2024), risultano effettivamente presenti:

- ***160.385 piante di caffè*** (*Coffea arabica*);
- ***883 alberi ombra*** di numerose specie tra cui *Grevillea robusta* ed altre meno presenti come: *Acrocarpus fraxinifolius, Albizia schimperiana, versicolar, Cordia aliodora, Leucena leucocephala, Faidherbia albidia, Jacaranda mimosifolia e Persea americana (Avocado).*

Disponiamo inoltre dei dati diametrici delle piante di caffè e degli alberi ombra. Nello specifico per ogni lotto sono state effettuate misurazioni relative a 13 piante (10 arbusti di caffè e 3 alberi ombra), che saranno analizzate nelle tabelle alle pagine seguenti.

TAB.1 *numero di piante di caffè ed alberi ombra suddivisi per lotto all'interno della piantagione* ***Itimba*** ↘

PLOT	n. piante di Caffè	n. Alberi ombra
It.House 1A	7.790	15
It.House 1B	5.675	18
It.House 3	3.086	33
It.House 4	8.138	44
It.House 5	5.082	37
It.House 6	5.918	36
It.Camp A	5.143	44
It.Camp B	1.233	28
Itimba Factory A1	1.646	28
Itimba Factory A2	5.550	49
Itimba Factory A3	2.713	32
Itimba Factory A4	2.466	40
Itimba Factory B1	3.699	21
Itimba Factory B2	4.809	5
Itimba Factory B3	4.809	7
Itimba Factory C1	14.950	53
Itimba Factory C2	3.083	20
Itimba Factory C3	11.837	53
Itimba Factory C4	3.083	19
Itimba Factory D	12.753	102
Itimba River 1	16.460	17
Itimba River 2	8.230	30
Itimba River 3A	5.350	22
Itimba River 3B	5.761	18
It.House 2A	2.411	21
It.House 2B	3.289	17
It.House 2C	3.881	31
Itimba Factory B4	1.542	26
TOT	**160.385**	**883**

TAB.2 *dati diametrici delle piante di caffè e degli alberi ombra di alcuni lotti esempio di* ***Itimba*** ↘

Factory A4

	n.10 piante di Caffè	n.3 Alberi ombra
tree 1	50 mm ø	293 mm ø
tree 2	39 mm ø	452 mm ø
tree 3	32 mm ø	597 mm ø
tree 4	41 mm ø	
tree 5	35 mm ø	
tree 6	41 mm ø	
tree 7	43 mm ø	
tree 8	38 mm ø	
tree 9	39 mm ø	
tree 10	42 mm ø	

River 1

	n.10 piante di Caffè	n.3 Alberi ombra
tree 1	35 mm ø	166 mm ø
tree 2	42 mm ø	383 mm ø
tree 3	40 mm ø	520 mm ø
tree 4	39 mm ø	
tree 5	41 mm ø	
tree 6	40 mm ø	
tree 7	42 mm ø	
tree 8	34 mm ø	
tree 9	45 mm ø	
tree 10	45 mm ø	

House 1B

	n.10 piante di Caffè	n.3 Alberi ombra
tree 1	39 mm ø	427 mm ø
tree 2	43 mm ø	453 mm ø
tree 3	36 mm ø	356 mm ø
tree 4	42 mm ø	
tree 5	33 mm ø	
tree 6	50 mm ø	
tree 7	39 mm ø	
tree 8	41 mm ø	
tree 9	40 mm ø	
tree 10	32 mm ø	

Factory C

	n.10 piante di Caffè	n.3 Alberi ombra
tree 1	34 mm ø	478 mm ø
tree 2	37 mm ø	422 mm ø
tree 3	38 mm ø	459 mm ø
tree 4	42 mm ø	
tree 5	43 mm ø	
tree 6	44 mm ø	
tree 7	47 mm ø	
tree 8	52 mm ø	
tree 9	36 mm ø	
tree 10	35 mm ø	

© foto Alex Torres

La metodologia di stima

Numerosi autori hanno trattato negli ultimi anni la questione relativa a calcolo della biomassa in ambito agroforestale, nelle fasce temperate e tropicali.
Le ricerche seguono principalmente due modelli:

1. Lo sviluppo di equazioni allometriche derivanti dalle caratteristiche fisiche intrinseche alle piante.
2. L'analisi di dati satellitari.

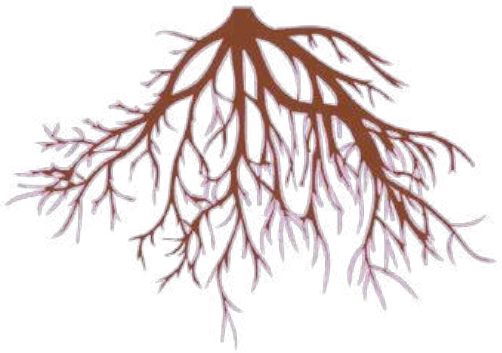
Il primo modello permette di valutare la biomassa in Kg utilizzando dati allometrici quali diametro, altezza e numero di piante presenti.

Il secondo consente di avere una stima della quantità di biomassa attraverso immagini satellitari processate e rilievi effettuati in campo.

Il metodo adottato per il contesto di studio fa riferimento alle ricerche scientifiche pubblicate da Hawassa University (Ethiopia)[1] e Universidad del Valle de Guatemala[2] che forniscono una serie di equazioni con le quali è possibile stimare la biomassa di ogni pianta di caffè e con essa la quantità di CO_2 stoccata.

Per ogni appezzamento interno alla piantagione è stata calcolata la biomassa media per pianta (Coffee trees biomass mean), un parametro importante che ci ha permesso di stimare, conoscendo il numero totale di piante per lotto, i seguenti valori:

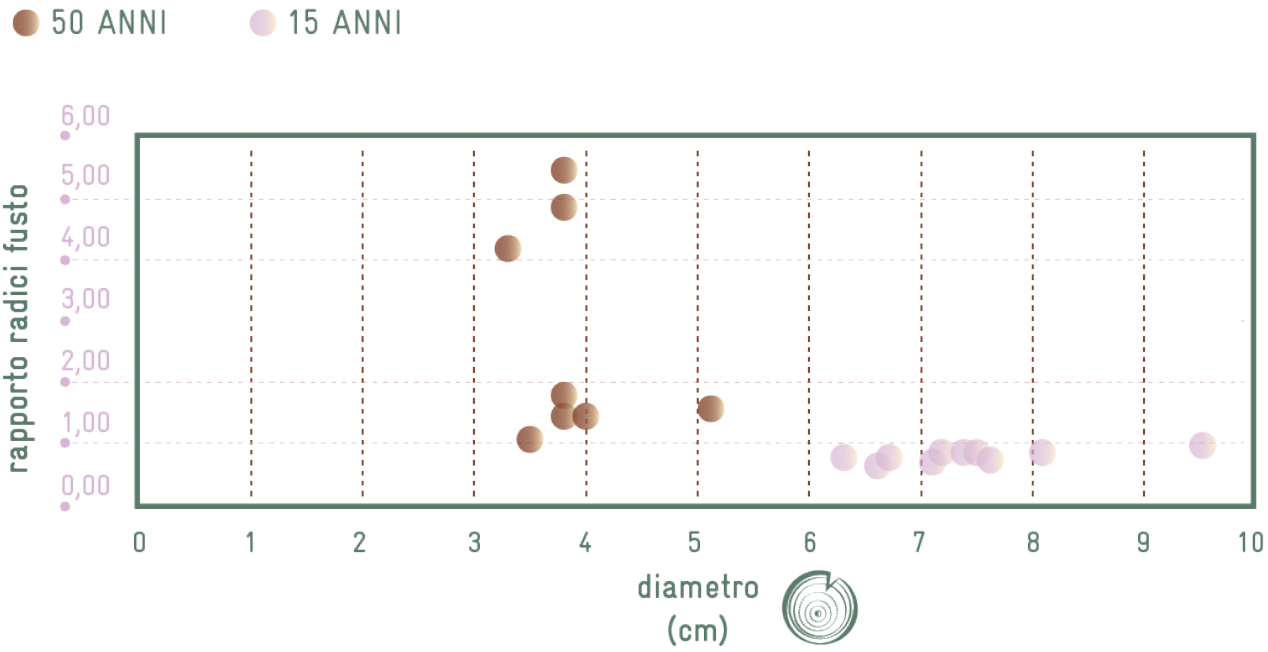
- **Biomassa del Soprassuolo** (Aboveground Biomass) delle piante di caffè, ovvero dei fusti e dei rami.



- **Biomassa del Sottosuolo** (Belowground Biomass) comprende il ceppo e le radici più consistenti.

- **BIOMASSA TOTALE**, data dalla somma dei due valori precedentemente calcolati.

1. *Negash, M., Starr, M., Kanninen, M. et al. Allometric equations for estimating aboveground biomass of Coffea arabica L. grown in the Rift Valley escarpment of Ethiopia. Agroforest Syst 87, 953—966 (2013).*



Al fine di raggiungere una precisione più elevata nella stima della quantità di biomassa radicale rispetto al peso totale del caffè, sono stati eseguiti dei rilievi per un campione di piante vetuste, con età maggiore o uguale a 50 anni e di piante con età media di 15 anni.
Sono state sradicate, seccate e pesate suddividendo il ceppo e l'apparato radicale dal fusto e i rami e successivamente è stato calcolato il rapporto tra le componenti radici e fusto per ogni campione.
Il rapporto radici/fusto è il rapporto tra la biomassa sotterranea e la biomassa fuori terra, che è il parametro che riflette più direttamente la distribuzione della biomassa da parte delle piante.
Il rapporto radici/fusto medio per i due anni di impianto presi in considerazione, è risultato pari a

Età delle piante	radici / fusto
50 anni	2,72
15 anni	0,82

Mentre per gli arbusti più giovani, di età minore di 15 anni, è stato utilizzato il rapporto descritto in letteratura dall'Universidad del Valle de Guatemala[2].

Per gli alberi ombra, costituiti per lo più da Grevillea robusta e specie del genere Inga, è stato adottato il metodo studiato da S. Kuyah et al. alla University of Agriculture and Technology (Kenya)[3].

Per gli alberi ombra, costituiti per lo più da Grevillea robusta e specie del genere Inga, è stato adottato il metodo studiato da S. Kuyah et al. alla University of Agriculture and Technology (Kenya)[3].

Stimata la biomassa degli alberi con diametri noti è stata successivamente calcolata la media dei valori ottenuti per ogni lotto (Shade trees biomass mean) e la biomassa totale.

Infine la frazione di Carbonio (C) contenuto all'interno delle piante è stata calcolata seguendo le linee guida dell'Intergovernmental panel on climat change (IPCC 2006)[4] che forniscono un dato percentuale pari al 47% della biomassa. Grazie a questo valore è stato possibile poi ottenere la quantità di CO_2 totale stoccata dal caffè e dalle piante ombra presenti nella piantagione.

2. *Castellanos E, Quilo A, Pons D (2010) Estudio de Linea Base deCarbono en Cafetales. Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala,Guatemala City.*

3. *Shem Kuyaha,b,*, Johannes Dietzc, Catherine Muthuria,b, Ramni Jamnadassa, Peter Mwangib,Richard Coea, Henry Neufeldta, World Agroforestry Centre (ICRAF), Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT, Kenya,World Agroforestry Centre (ICRAF), P.O. Box 1558, Lima 12, Perù.*

4. *Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 1, 2 and 3. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat, Geneva, Switzerland.*

I risultati

Nel seguente capitolo verranno analizzati e spiegati i risultati suddivisi per ogni lotto della Piantagione di Itimba riguardanti le analisi fatte sulle piante di caffè, gli alberi ombra ed infine verranno mostrati i dati dell'intera piantagione di Itimba.

- **Piante di caffè**

PLOT	TOTALE BIOMASSA		CARBONIO (Kg)	CO_2 (Kg)
	biomassa soprasuolo (kg)	biomassa sottosuolo (kg)		
House 1A	372,17	134,87	238,31	873,80
House 1B	13218,30	28088,88	19414,37	71186,03
House 3	6930,98	14728,33	10179,88	37326,22
House 4	18541,98	14568,70	15562,02	57060,73
House 5	13706,54	10769,43	11503,71	42180,25
House 6	17745,49	13942,88	14893,53	54609,63
Camp A	11304,44	8882,06	9487,65	34788,06
Camp B	2795,80	2196,70	2346,47	8603,73
Factory A1	4108,00	3227,71	3447,79	12641,88
Factory A2	7172,14	2599,17	4592,51	16839,21
Factory A3	6463,77	2342,46	4138,93	15176,07
Factory A4	5766,32	4530,68	4839,59	17745,16
Factory B1	9272,08	3360,18	5937,16	21769,59
Factory B4	15331,04	5555,94	9816,88	35995,22
Factory B3	10037,60	3637,60	6427,35	23566,93
Factory C1	36160,13	76840,28	53110,20	194737,38
Factory C2	7682,66	2784,18	4919,42	18037,86
Factory C3	28659,70	10386,21	18351,58	67289,12
Factory C4	7442,01	2696,97	4765,32	17472,85
Factory D	27028,27	21236,50	22684,44	83176,28
River 1	40497,18	14676,09	25931,44	95081,93
River 2	21650,76	7846,19	13863,57	50833,07
River 3A	3633,85	1316,90	2326,85	8531,78
River 3B	2978,43	1079,38	1907,17	6992,96
House 2A	5114,24	4018,33	4292,31	15738,46
House 2B	6886,25	14633,28	10114,18	37085,32
House 2C	8579,85	18232,19	12601,66	46206,09
Factory B2	3657,16	1325,35	2341,78	8586,52

- **Alberi ombra**

PLOT	TOTALE BIOMASSA (Kg)	CARBONIO (Kg)	CO_2 (Kg)
House 1A	5,47	2,57	9,42
House 1B	16361,80	7690,04	28196,83
House 3	25272,19	11877,93	43552,41
House 4	62269,79	29266,80	107311,61
House 5	26014,84	12226,97	44832,24
House 6	22995,03	10807,66	39628,10
Camp A	79406,64	37321,12	136844,11
Camp B	142880,54	67153,86	246230,80
Factory A1	26559,80	12483,11	45771,39
Factory A2	77212,49	36289,87	133062,86
Factory A3	39966,34	18784,18	68875,32
Factory A4	65473,29	30772,45	112832,31
Factory B1	43048,65	20232,86	74187,17
Factory B4	14588,25	6856,48	25140,42
Factory B3	6737,98	3166,85	11611,78
Factory C1	59876,71	28142,05	103187,53
Factory C2	22706,94	10672,26	39131,63
Factory C3	53288,37	25045,54	91833,63
Factory C4	18243,48	8574,44	31439,60
Factory D	177386,74	83371,77	305696,48
River 1	13757,02	6465,80	23707,94
River 2	2456,85	1154,72	4233,97
River 3A	100,01	47,00	172,35
River 3B	62,69	29,46	108,04
House 2A	31780,77	14936,96	54768,86
House 2B	13046,93	6132,06	22484,21
House 2C	37024,31	17401,43	63805,24
Factory B2	12029,89	5654,05	20731,52

Conoscendo la quantità di CO_2 stoccata dalle piante di caffè e dagli alberi ombra di ogni lotto è sufficiente sommare i valori per ottenere il contenuto totale in termini di anidride carbonica dell'intera piantagione.

- CO_2 stoccata dalle piante di caffè: **1.100,13 ton**
- CO_2 stoccata dagli alberi ombra: **1.879,39 ton**

La CO_2 stoccata dall'intero appezzamento corrisponde quindi ad un totale di: **2.979,52 ton**

Rispettivamente quindi:

PLOT	Piante di Caffè		Alberi ombra	
	CO_2 stoccata (Kg)		CO_2 stoccata (Kg)	
House 1A	873,80		9,42	
House 1B	71186,03		28196,83	
House 3	37326,22		43552,41	
House 4	57060,73		107311,61	
House 5	42180,25		44832,24	
House 6	54609,63		39628,10	
Camp A	34788,06		136844,11	
Camp B	8603,73		246230,80	
Factory A1	12641,88		45771,39	
Factory A2	16839,21		133062,86	
Factory A3	15176,07		68875,32	
Factory A4	17745,16		112832,31	
Factory B1	21769,59		74187,17	
Factory B2	8586,52		20731,52	
Factory B3	23566,93		11611,78	
Factory C1	194737,38		103187,53	
Factory C2	18037,86		39131,63	
Factory C3	67289,12		91833,63	
Factory C4	17472,85		31439,60	
Factory D	83176,28		305696,48	
River 1	95081,93		23707,94	
River 2	50833,07		4233,97	
River 3A	8531,78		172,35	
IRiver 3B	6992,96		108,04	
House 2A	15738,46		54768,86	
House 2B	37085,32		22484,21	
House 2C	46206,09	TOT CO_2	63805,24	TOT CO_2
Factory B4	35995,22	(ton)	25140,42	(ton)
TOTALE	**1.100.132,13**	**1.100,13**	**1.879.387,76**	**1.879,39**

Le piante ombra e lo stoccaggio della CO_2

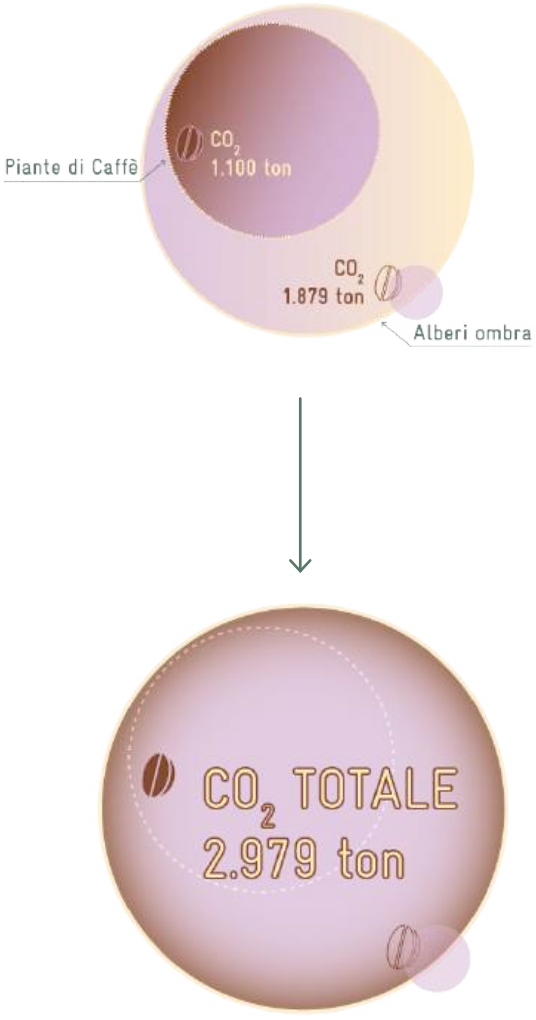
Il metodo adottato ci ha fornito uno strumento idoneo al calcolo della biomassa della piantagione Itimba avendo solamente i dati relativi ai diametri ed al numero di piante. Determinando la quantità totale di biomassa espressa in chilogrammi di materia organica secca, abbiamo stimato la CO_2 stoccata nel soprassuolo e nelle radici grosse, che risulta pari a 2.979 ton, rispettivamente suddivisa in 1.100 ton per le piante di caffè e 1.879 ton per gli alberi ombra.

Come si può facilmente notare l'influenza degli alberi è determinante; infatti, contribuisce al 63% della CO_2 totale stoccata nella piantagione, mentre gli arbusti di caffè solamente del 37%.

Questo dato è influenzato dalle ragguardevoli dimensioni degli alberi rispetto agli arbusti che, pur essendo solo 883 rispetto alle 160.385 piante di caffè pesano in modo più che significativo. Infatti, il peso medio di una pianta ombra risulta circa 1200 kg, mentre la media di un arbusto di caffè, comprensivo di radici e ceppo, è pari a 4 kg.

Come si può facilmente notare l'influenza degli alberi è determinante; infatti, contribuisce al 63% della CO_2 totale stoccata nella piantagione, mentre gli arbusti di caffè solamente del 37%.

L'importanza degli alberi in un sistema agricolo non si limita quindi solamente ai vantaggi agronomici che espletano, come la funzione di frangivento, la protezione dalla radiazione solare diretta con conseguenze sulla riduzione del consumo di acqua, ma apportano notevoli benefici anche dal punto di vista ambientale rimuovendo notevoli quantità di anidride carbonica dall'atmosfera.



CO_2 stoccata rispettivamente da piante di caffè, alberi ombra e dall'intera piantagione Itimba ↑

La forma di allevamento e lo stoccaggio della CO_2

Il sistema agronomico in uso prevede la gestione delle piante attraverso un ciclo di potature che avviene solitamente ogni cinque anni, in modo da garantire un rinnovamento della parte aerea destinata alla produzione.

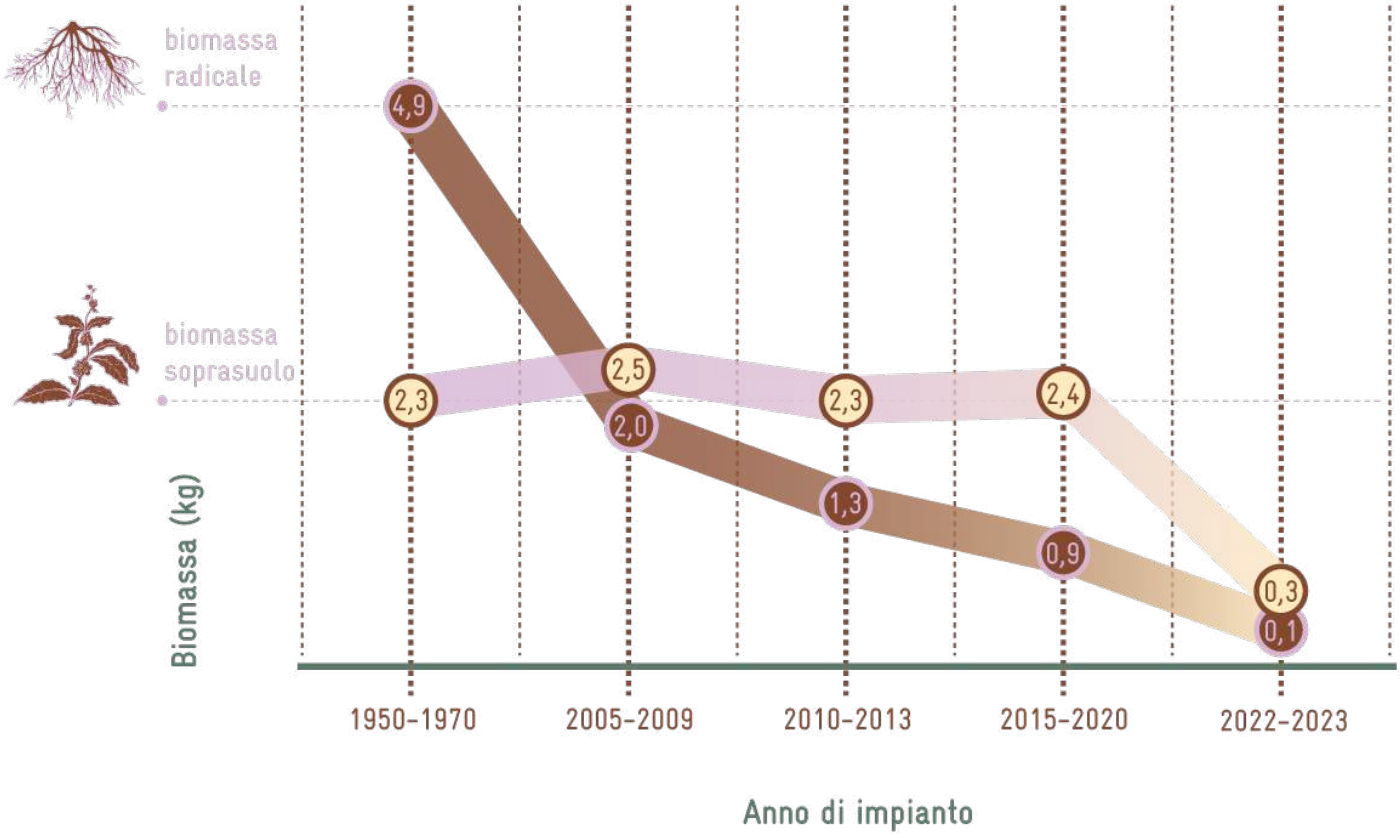
Le piante messe a dimora di recente (2022-2023) non hanno ancora subìto pratiche di potatura, mentre quelle piantate negli anni precedenti sono state recise un numero di volte direttamente proporzionale all'età impianto. Più sono veterane e maggiore sarà il numero di interventi che hanno subìto.

La porzione vegetativa di ogni pianta viene quindi ciclicamente ridotta attraverso la potatura. In questo modo la biomassa media, ovvero il peso espresso in kg, della parte soprasuolo della pianta rimane praticamente costante nel tempo una volta raggiunta l'età adulta.

Il grafico di seguito rappresenta l'andamento della biomassa soprassuolo, ovvero ceppo e fusto, e sottosuolo in correlazione all'età delle piante di caffè, a partire dal primo anno di impianto, 1950 alle ultime messe a dimora nel 2023.

Si nota come la biomassa media della porzione vegetativa rimanga praticamente costante

Biomassa media per singola pianta all'interno della piantagione ***Itimba*** ↘



nel tempo una volta raggiunta l'età matura.

Infatti, solo le piante di recente impianto (2022-2023) hanno valori che si discostano dalla media.

Al contrario, l'andamento medio della biomassa radicale negli anni risulta completamente differente in quanto non vi è nessuna corrispondenza con il peso medio del soprassuolo. Si riscontra nei grafici che ai lotti più vetusti corrisponde una maggiore quantità di biomassa media radicale, mente nei più recenti il peso delle radici diminuisce drasticamente.

Tale andamento rispecchia la crescita delle radici più grosse e della porzione di ceppaia sotto la superficie.

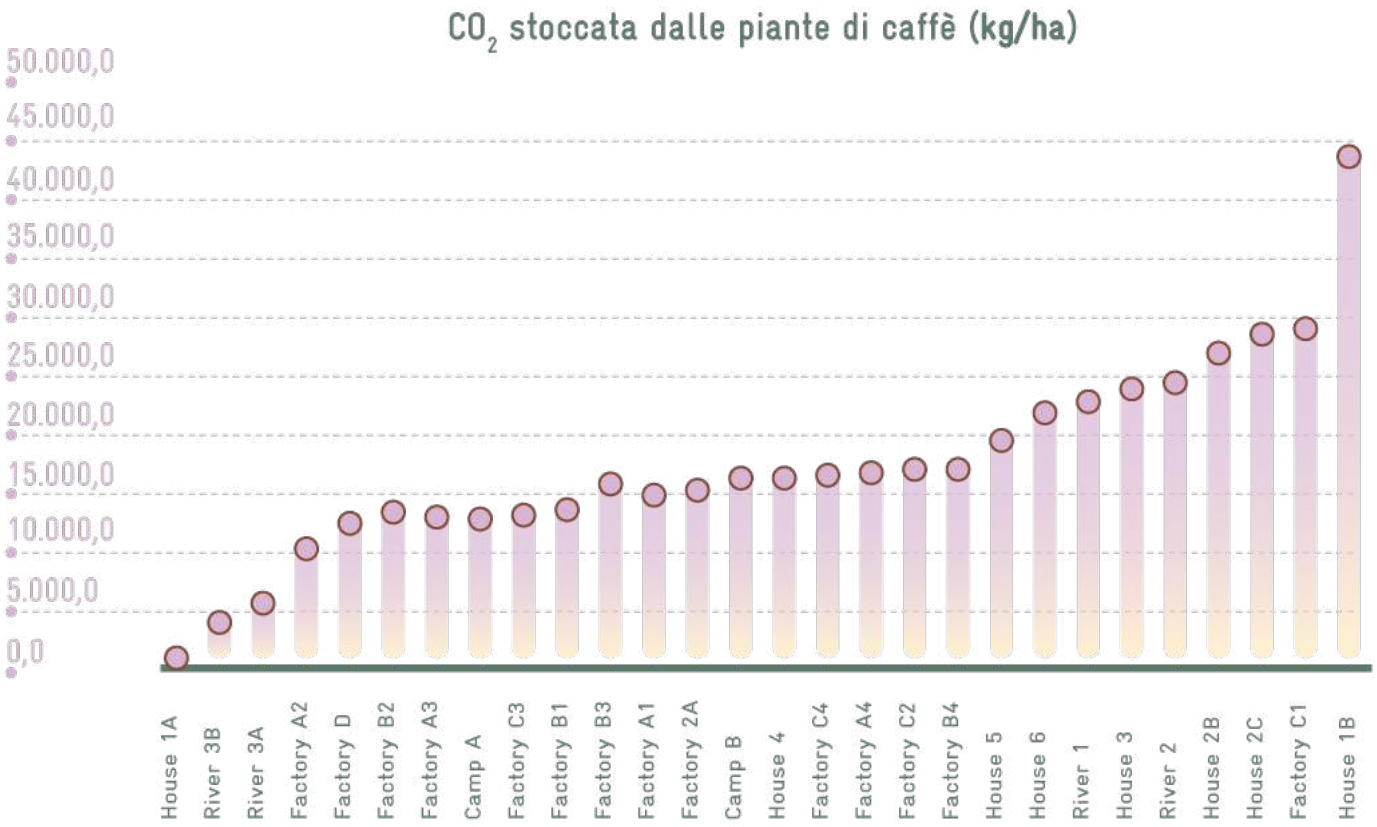
Risulta interessante notare come per i lotti meno recenti (1950-1970), il peso delle radici e del ceppo sia maggiore della porzione soprassuolo, mentre per le piante messe a dimora dal 2005 in poi il valore della biomassa radicale è sempre minore di quello della parte aerea (fusto e rami).

Biomassa del caffè e sistema agronomico

La quantità di anidride carbonica stoccata dalle piante di caffè è strettamente correlata alla loro biomassa e dipende da molti fattori, quali: le pratiche agricole messe in atto, la forma di allevamento utilizzata, l'età delle singole piante, la presenza o meno delle piante ombra ed il sesto d'impianto.

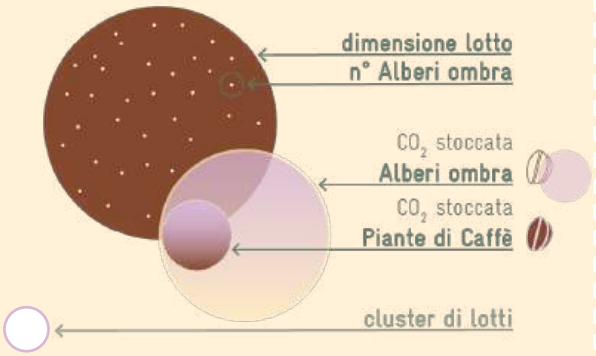
Per determinare quale sia la condizione che permette di avere il contributo più elevato in termini di stoccaggio CO_2 , è stata rapportata la quantità calcolata in ogni lotto all'unità di superficie, ovvero l'ettaro. Ciò permette di valutare come i fattori densità di impianto ed età delle piante siano in grado di influenzare in modo sostanziale il risultato finale.

Si nota infatti come il lotto It. House 1B restituisca i risultati migliori in termini di quantità di anidride carbonica stoccata per ettaro di superficie, mentre il plot It. House 1A sia il meno favorevole. L'elevata densità di impianto (3700 piante/ha), correlata ad una maggiore età delle piante (messe a dimora nel 1970) risulta quindi essere la migliore combinazione. Infatti, permette di stoccare circa 46.000 kg di CO_2 per ettaro al contrario dei 230 kg/ha stoccati con una densità di 2057 piante per ettaro messe a dimora nel 2023.



LEGENDA

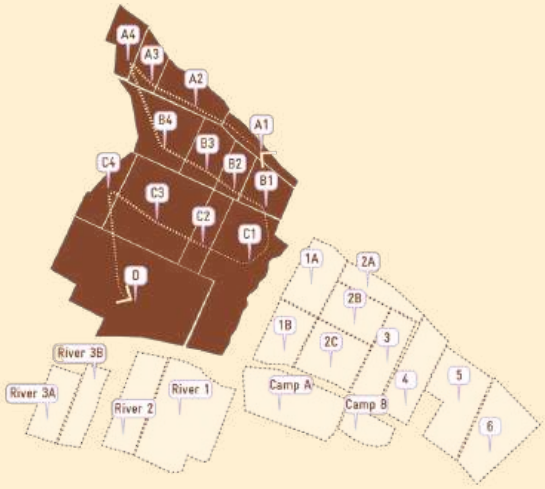
Lotto Itimba // anno di impianto



Factory **A1** // 2009

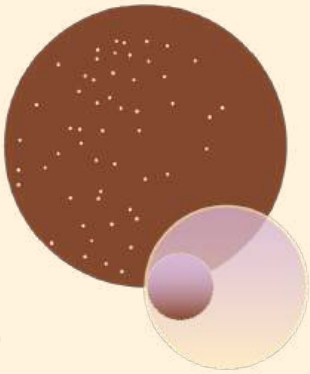
Factory **A2** // 2017

Factory

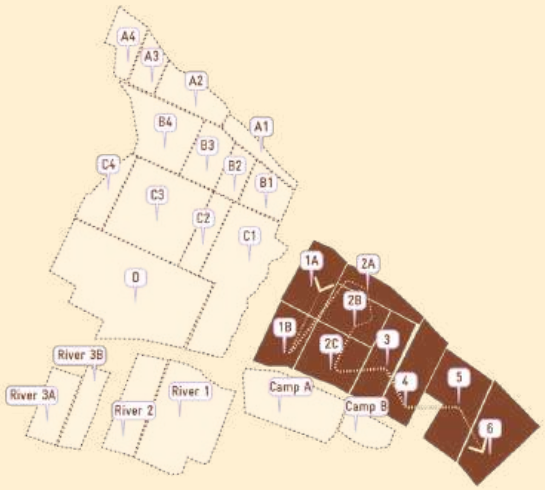


Factory **C2** // 2017

Factory **C3** // 2016

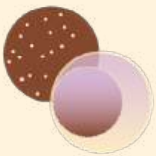


House



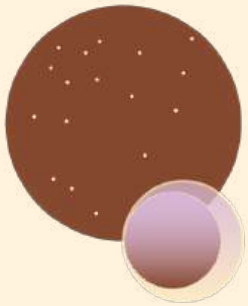
House **1A** // 2023

House **1B** // 1970



River - Camp

River **1** // 2018



River **2** // 2020

Factory **A3** // 2013

Factory **A4** // 2006

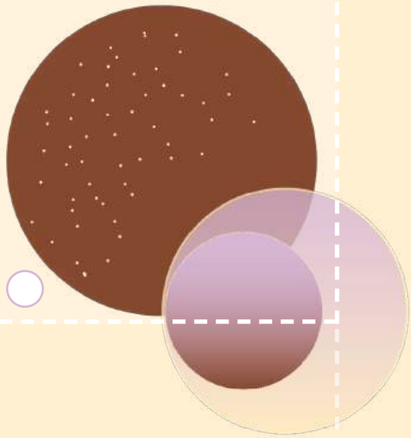
Factory **B1** // 2012

Factory **B2** // 2015

Factory **B3** // 2015

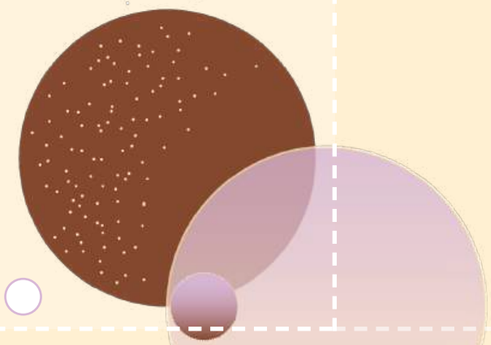
Factory **B4** // 2017

Factory **C1** // 1950



Factory **C4** // 2015

Factory **D** // 2005



Il numero degli alberi ombra influisce in modo significativo sulla quantità di CO_2 stoccata in ogni lotto

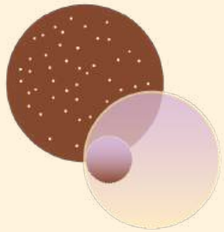
House **2A** // 2011

House **2B** // 1970

House 2C // 1970

House **2B** // 1970

House **4** // 2005



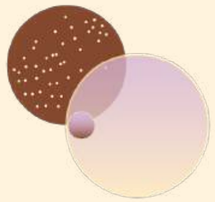
House **5** // 2007

House **6** // 2008

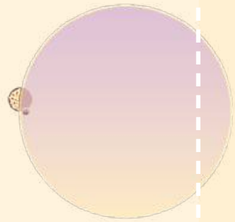
River **3A** // 2022

River **3B** // 2022

Camp **A** // 2007



Camp **B** // 2010



Le radici degli arbusti di caffè più vetusti costituiscono oltre il 60% della loro biomassa totale

Il grafico propone una rappresentazione dei parametri dimensionali e del contributo, espresso in termini di stoccaggio di anidride carbonica, di ogni lotto della piantagione Itimba.

- Ciascuna mappa, identifica una vista aerea della reale disposizione dei lotti, in cui viene evidenziata la porzione riportata nei riquadri specifici sulla destra. A fianco del nome è indicato l'anno di impianto o messa a dimora delle piante.
- L'estensione del lotto è rappresentata dal cerchio marrone, al cui interno i puntini bianchi indicano con precisione il numero di alberi ombra presenti.
- I benefici forniti in termini di stoccaggio della CO_2 sono invece esplicitati dalla circonferenza rosa, di cui la porzione semi trasparente fa riferimento al contributo delle piante ombra, mentre quella opaca al contributo degli arbusti di caffè.
- Le dimensioni di ogni cerchio non sono casuali, ma si differenziano a seconda delle grandezze rappresentate, così cerchi di piccole dimensioni identificano quantità ridotte e viceversa. Le estensioni, ad esempio, variano da 0,5 ettari del lotto Camp B ai 6,5 del lotto Factory C1.

© foto Alex Torres

Conclusioni

Il cambiamento climatico rappresenta una delle sfide più gravi e urgenti del nostro tempo.

Il continuo aumento delle temperature globali, l'innalzamento del livello del mare e l'incremento della frequenza e intensità degli eventi climatici estremi sono solo alcune delle conseguenze visibili di questo fenomeno. Le emissioni di gas serra, in particolare l'anidride carbonica (CO_2), sono uno dei principali responsabili del riscaldamento globale.

La stazione di osservazione delle Hawaii, nota come Mauna Loa Observatory, ha registrato livelli crescenti di CO_2 atmosferica negli ultimi decenni, sottolineando l'urgenza di adottare misure concrete per ridurre queste emissioni.

La forestazione è una delle strategie più efficaci per contrastare l'aumento della CO_2 atmosferica, ma spesso si scontra con la necessità di destinare terreni all'agricoltura per sostenere una popolazione mondiale in crescita. Gli alberi assorbono anidride carbonica e rilasciano ossigeno, fungendo da veri e propri serbatoi di carbonio. Tuttavia, è essenziale trovare un equilibrio tra l'espansione delle foreste e la disponibilità di terreni agricoli. Per questo motivo, è altrettanto importante promuovere pratiche agronomiche sostenibili, come l'agroforestazione e l'uso di tecnologie innovative per migliorare la resa dei raccolti senza aumentare l'impronta ecologica. L'agroforestazione, fa parte proprio delle azioni raccomandate dal Protocollo di Kyoto per offrire una soluzione integrata che combina coltivazioni agricole e alberi, migliorando la biodiversità e la fertilità del suolo.

Il sistema agroforestale di Itimba, immobilizza in totale 2.979,52 ton di CO_2, di cui 1.879,39 ton sono rappresentati dalle piante ombra

L'approfondito studio messo in atto sulla piantagione di Itimba ha evidenziato come il sistema di agroforestazione adottato, che integra piante ombra con le piante di caffè, contribuisca in modo significativo all'immagazzinamento della CO_2.

Le Grevillee, le Albizie, le Jacarande, e tutte le specie ombra impiegate, proteggono il caffè dai raggi solari diretti, riducendo la necessità di irrigazione e proteggendo il suolo dall'erosione.

Non ultimo, come si legge chiaramente dai numeri riportati, questi alberi assorbono e immagazzinano una quantità di anidride carbonica che da sola rappresenta i 2/3 del totale immagazzinato.
L'agroforestazione crea inoltre un habitat diversificato che supporta una vasta gamma di flora e fauna. Gli alberi ombra forniscono rifugio e risorse alimentari per insetti, uccelli e piccoli mammiferi, mentre le loro radici migliorano la struttura del suolo e promuovono la crescita di microrganismi benefici.

Questo ecosistema complesso non solo migliora la resa e la qualità del caffè, ma favorisce l'equilibrio naturale, riducendo la necessità di pesticidi e fertilizzanti chimici, e contribuendo alla salute complessiva dell'ambiente. Inoltre, la presenza di diverse specie vegetali migliora la resilienza dell'ecosistema alle malattie e ai cambiamenti climatici, creando un sistema agricolo più sostenibile e produttivo nel lungo termine.

© foto Alex Torres

Gli apparati radicali, una importantissima risorsa per lo stoccaggio della CO_2 nelle piantagioni più anziane

Al fine di garantire produzioni costanti e di qualità, nella piantagione sono previste delle potature di rinnovo che consistono nell'asportazione periodica di quasi 2/3 della biomassa aerea complessiva, in cicli che si ripetono all'incirca ogni 5 anni. Come è facile intuire, queste potature agiscono negativamente sul quantitativo di CO_2 immagazzinato delle singole piante.

Di conseguenza, al fine di massimizzare il contributo della piantagione nello stoccaggio della CO_2, è fondamentale prevedere un'attenta gestione di questo legno periodicamente asportato. Il compostaggio, l'interramento dei residui o l'uso del legname in azienda, sono solo alcuni esempi che se messi metodicamente in pratica, garantiscono una duratura immobilizzazione

del carbonio nel tempo, che invece, se venisse utilizzato come legna da ardere andrebbe automaticamente a rilasciare in atmosfera tutto quel carbonio fino a quel momento immobilizzato.

Diversamente accade per la biomassa radicale, che non viene interessata dalle potature periodiche. Il legno sotterraneo quindi si ingrossa fino a raggiungere nel tempo dimensioni importanti, tanto da rappresentare, nelle piante di 50 anni analizzate in questo studio, il 60% della biomassa complessiva. Le radici, quindi, svolgono un ruolo cruciale nel sequestro del carbonio, rendendo le piantagioni più vetuste un importante serbatoio per l'immagazzinamento della CO_2.

Pnat (Project Nature) è un team multidisciplinare di scienziati vegetali, botanici, architetti, ingegneri e designer che realizza progetti innovativi legati al mondo vegetale. Fondata come spin-off dell'Università di Firenze dal prof. Stefano Mancuso assieme alle agronome e botaniche Elisa Azzarello, Camilla Pandolfi e agli architetti Antonio Girardi e Cristiana Favretto, può contare sulle competenze di ingegneri ambientali ed elettronici e progettisti per studiare soluzioni che amplificano l'innata capacità delle piante di produrre benefici per l'ambiente in cui vivono.

Grazie alla collaborazione con il Laboratorio Internazionale di Neurobiologia Vegetale (LINV), uno dei più importanti centri di ricerca sulle piante a livello mondiale diretto da Stefano Mancuso, Pnat si occupa di trasferire le conoscenze sulle piante in progetti a diverse scale.

Tra i progetti sviluppati da Pnat si può citare la Fabbrica dell'Aria, l'innovativo serra da interni dotata di un sistema ideato e realizzato da Pnat che impiega le piante per assorbire e degradare gli inquinanti atmosferici e depurare l'aria in maniera efficiente e sostenibile. Il progetto è finalista per il Premio Compasso d'Oro. Con Jellyfish Barge, una serra galleggiante in grado di dissalare l'acqua di mare presentata ad EXPO 2015, Pnat ha ottenuto riconoscimenti internazionali da Istituzioni come UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) e UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). Nel 2020, Pnat ha vinto il bando MISE Brevetti+ per la realizzazione di Communitree - un sensore in grado di rilevare parametri fisiologici degli alberi per valutarne la stabilità.

Pnat infatti si dedica al settore della sensoristica applicata al mondo vegetale mettendo a punto strumenti di rilevamento e software di elaborazione di dati in grado di misurare parametri fisiologici delle piante e metterli in correlazione con aspetti quali la salute delle stesse, la loro stabilità, la produttività e sistemi per quantificare in modo puntuale i benefici ambientali apportati dalle piante all'ambiente.

L'attuale sfida tecnologica che Pnat sta percorrendo prevede l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale nella forma di Machine Learning Systems per costruire modelli di valutazione che usano i dati rilevati dai sensori per valutare le performance delle piante nei vari campi di applicazione.

Pnat si propone inoltre come partner scientifico nella realizzazione di report e studi per la definizione dei benefici ambientali apportati dalle piante in specifici progetti in scala territoriale o in ambito di produzione di prodotti vegetali.