

## Almada Mata Atlântica Project – AMAP e.V.

AMAP (<https://www.amap-brazil.org/>) ist eine gemeinnützige Naturschutzorganisation, in deren Mittelpunkt der Schutz des atlantischen Regenwaldes, der Mata Atlântica, steht. 90 Prozent der Mata Atlantica wurden bereits zerstört, die verbliebenen Wälder sind stark fragmentiert. Nur durch die einzigartige Form der Agroforstwirtschaft konnte die Biodiversität der Region bisher erhalten werden. Dabei wird Kakao im Schatten des Regenwaldes angebaut. Diese Kakaowälder, Cabruças genannt, dienen als Korridore und Lebensraum für die heimische Fauna, wie dem stark gefährdeten Goldkopflöwenäffchen. Für AMAP stehen Goldkopflöwenäffchen deshalb als Symbol für den Schutz der Mata Atlântica. Durch Landkauf, Aufforstung und nachhaltig-ökologischen Kakaobau fördert AMAP den Erhalt und die Ausweitung des bereits stark fragmentierten Lebensraums der Mata Atlântica für Mensch und Natur. Ausgangspunkt unserer Aktivitäten in der Region ist die vereinseigene Farm „Bom Pastor“ unweit des Almada-Flusses.

### Gründung AMAP international

- 2016 AMAP Deutschland (Marburg, Hessen)  
Spendenkonto – IBAN: DE19 5139 0000 0050 7124 00
- 2017 AMAP Brasilien (Ilhéus, Bahia)
- 2018 HORIZONTA-Eventplattform (AMAP Deutschland)
- 2019 AMAP Schweiz (Zürich)  
Spendenkonto – IBAN: CH84 0839 0036 8653 1000 8



### Wirkung AMAP

- 2018 Landkauf Fazenda Bom Pastor
- seit 2018 Aufforstung eines Wildtierkorridors auf der Faz. Bom Pastor
- seit 2018 Langzeitmonitoring von Goldkopflöwenäffchen
- 2019 Landkauf Fazenda Julia
- 2019-22 Bestandsaufnahme der Goldkopflöwenäffchen
- 2020-23 Bio Zertifizierung des vereinseigenen Kakaowaldes
- seit 2021 Produktion und Vertrieb der Eigenmarke „MATA ATLANTICA- Schokolade“
- seit 2022 Ecological Assessment Initiative (EAI-Projekt), Biodiversitätsmonitoring
- seit 2023 Bestandserfassung aquatischer Wirbeltiere im APA Lagoa Encantada e Almada
- seit 2023 Aufforstung mit Indigenen der Pataxó Hã Hã Hãe im Caramuru-Paraguaçu Reservat

### Zur Finanzierung eines Forschungsprojektes sucht AMAP Projektpartner.

Die Ecological Assessment Initiative, das EAI-Projekt, ist ein Langzeit-Monitoring, mit dem Ziel die langfristigen Effekte von Landnutzungsänderungen auf die Biodiversität und dessen sozioökonomische Folgen für Kakaofarmer im Cabruca zu quantifizieren. Aus den Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen für die lokalen Akteure, wie Kakaofarmer und Produktionskooperativen erarbeitet. So soll der Landnutzungsänderung zu intensiven Anbaumethoden (wie Weidewirtschaft und Monokulturen) begegnet werden. Das langfristige Ziel ist die Einkommenssicherung von Kakaofarmer durch ökologische Anbaupraktiken und dadurch der Erhalt der Biodiversität und der Ökosystemdienstleistungen der Region.



**Ecological Assessment Initiative – EAI**  
**Understanding Long-Term Effects of Land-Use change on Ecosystem Services and Farmer**  
**Socio-economy in Brazilian Cocoa Landscape**



## Kurzbeschreibung

Die Mata Atlantica, der atlantische Regenwald, gehört zu den am stärksten bedrohten Tropenwäldern der Erde. In Bahia, an der Kakaoküste Brasiliens, ist es nur der einzigartigen Form des Kakaoanbaus zu verdanken, dass die Biodiversität der Mata Atlantica erhalten werden konnte. Die Ecological Assessment Initiative, das EAI-Projekt ist ein Langzeit-Monitoring um die langfristigen Effekte von Landnutzungsänderungen auf Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität in der Kakaoanbauregion Brasiliens zu quantifizieren. Daraus werden sozioökonomische Folgen für die Region abgeleitet und Handlungsempfehlungen für lokale Akteure erstellt, um die Biodiversität zu erhalten und den nachhaltigen Kakaoabbau zu fördern. Die erste Projektphase verläuft über einen Zeitraum von drei Jahren. Möglich wird dieses Projekt durch eine Kooperation zwischen dem regionalen Naturschutz-Akteur AMAP, der Westlake Universität und der UESC. Das EAI Projekt hat den Charakter einer Plattform, dessen Ziel es ist, Kooperationspartnern Personal und Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, und so weitere Projekte zu ermöglichen die einen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität der Mata Atlantica leisten.

## Verantwortliche Personen:

### Supervisor/Forschungsleiter EAI Projekt

#### Dr. Thomas Cherico Wanger

Associate Professor des Sustainable Agricultural Systems & Engineering Laboratory (<https://www.tomcwanger.com/>), School of Engineering, Westlake University (WU), China  
Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brazil

### Koordinator EAI Projekt

#### Dr. Manuel Toledo-Hernández

PostDoc im Sustainable Agricultural Systems & Engineering Laboratory, School of Engineering, Westlake University (WU), China  
Koordinator des Global Agroforestry Network (<https://www.globalagroforestrynetwork.org/>)

### Kooperationspartner

#### Dr. Mirco Kienle Solé

Professor des Tropical Herpetology Laboratory, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Brazil

### korrespondierende Person

#### Christian Wolff

2. Vorstand AMAP Deutschland, First Deputy Executive Director AMAP Brazil  
Koordinator für Aufforstung und Biodiversität

[christian.wolff@amap-brazil.org](mailto:christian.wolff@amap-brazil.org)

Tel.: +49 178 3370845



## Projektbeschreibung

### 1. Projekt-Rahmenbedingungen

Der atlantische Regenwald, die Mata Atlantica, ist eines der sechs großen Biome Brasiliens und erstreckt sich entlang der atlantischen Küste Südamerikas über die tropischen und subtropischen Klimate und über verschiedenste Höhenlagen. Diese geographische Variabilität macht die Mata Atlantica zu einem der artenreichsten Hotspot der Biodiversität weltweit (Myers et al. 2000; Shi et al. 2005). Insbesondere durch den starken Bevölkerungswachstums Brasiliens im Verlaufe des 20. Jahrhunderts wurde die Mata Atlantica stark reduziert. Zweidrittel der brasilianischen Bevölkerung, über 125 Millionen Menschen, leben heute auf dem ursprünglichen Ausdehnungsgebiet der Mata Atlantica, das auch die Megastädte Sao Paulo und Rio de Janeiro umfasst. Dadurch ist die Mata Atlantica um ca. 90% zurückgegangen und die verbliebenen Reliktareale sind stark fragmentiert (Ribeiro et al. 2009; Rezende et al. 2018). Der Rückgang der Biodiversität kann nicht durch die Ausweisung von Schutzgebieten verhindert werden (Bawa et al. 2004). Diese Maßnahmen sind zwar wichtig, aber völlig unzureichend in einer Landschaft deren Naturräume inzwischen durch verschiedenste anthropogene Nutzungsformen geprägt sind.

Im Bundesstaat Bahia, an der Kakaoküste Brasiliens, ist es nur der einzigartigen Form des Kakaoanbaus zu verdanken, dass die Biodiversität der Mata Atlantica erhalten werden konnte (Schroth & Harvey 2007; Cassano et al., 2009). Bei dieser traditionellen Form der Forstwirtschaft erfolgt der Kakaoanbau als Unterwuchs im ursprünglichen Regenwald, dessen Kronendach erhalten bleibt. Diese Kakaowälder, Cabucas genannt, ermöglichen den Erhalt der Biodiversität und stellen ein Gegenkonzept zu den Kakao-Monokulturen Westafrikas dar. Cabucas bilden im lokalen Mosaik verschiedener Nutzungsformen die Matrix, in welche z. B. Primär- und Sekundärwaldfragmente aber auch z.B. Weideflächen eingebettet sind. Sie fungieren für die heimische Fauna als Korridore zwischen Habitaten oder werden selbst als Lebensraum genutzt (Faria et al., 2006, 2007, Sambuichi 2006, 2007). Die hier endemischen und stark gefährdeten Goldkopflöwenäffchen (*Leontopithecus chrysomelas*) konnten bisher nur durch diese Bewirtschaftungsform überleben (Holst et al. 2006; Oliveira et al. 2009).



Naje und Cleomario bei der Kakaoernte auf der Fazenda Bom Pastor.

Der Kakaoanbau ist die wichtigste Einkommensquelle der Region und wichtigstes Exportgut Bahias. Allerdings ist Brasilien seit dem Niedergang seiner Kakaoproduktion in den 1980er Jahren ein Nischenproduzent für Kakao. Der Weltmarktanteil schrumpfte auf 3,5%. Dabei hat die Kakaoproduktion im traditionellen Cabruca-Agroforestsystm viele Vorteile gegenüber dem Anbau in Monokulturen. Cabruca weisen eine starke Resilienz gegenüber Umweltschwankungen wie Trockenperioden auf und bei entsprechendem agrarökologischem Management sind sie geeignet dem Klimawandel zu begegnen (Colombo & Joly, 2010; Gateau-Rey et al., 2018). Zusätzlich werden Ökosystemdienstleistungen, wie Bodenfruchtbarkeit, Erosionsschutz, Grundwasser- und CO<sub>2</sub>-Speicherung erhalten (Novais et al., 2016; Schroth et al., 2015). Diesen Vorteilen steht ein geringerer Hektarertrag im Vergleich zu Monokulturen gegenüber, wodurch die Region, seit dem Einbruch des Kakaopreises, eine schwierige Position auf dem Weltmarkt hat. Dies führte in den letzten Jahrzehnten zu vielfältigen Landnutzungsänderungen wie dem Wechsel zur Rinderzucht oder zum Anbau lukrativerer Nutzpflanzen wie Kautschuk und Eukalyptus (Oliveira et al., 2009; Schroth & Ruf 2013). Allgemein führte der ökonomische Druck zu einer Intensivierung des Kakaoanbau. Die verbreitetsten Maßnahmen sind dabei die Erhöhung des Kakaobaumbestandes, eine Verringerung von Schattenbäumen, das Nachpflanzen weniger, insbesondere stickstoffbindender und schnell wachsender Baumarten und die Erhöhung des Einsatzes agrochemischer Produkte (Cassano et al. 2011; Rolim & Chiarello 2004). Solche Landnutzungsänderungen führen zu einem langsamen Verlust ursprünglicher Biodiversität und Komplexität des Cabruca (Delabie et al., 2007; Faria et al., 2006; Grelle et al., 2005; Jared et al., 2015; Sambuchi et al., 2012). Damit sinken auch agrarökonomische Vorteile, wie Ökosystemdienstleistungen und der Resilienz gegenüber Umweltschwankungen (Colombo & Joly, 2010), die gerade im Hinblick auf den Klimawandel entscheidend sein werden (Gateau-Rey et al., 2018).

## 2. Projektziele

Um Verluste an Biodiversität und an Ökosystemdienstleistungen durch Landnutzungsänderungen begegnen zu können, müssen diese nachgewiesen und quantifiziert werden. Dann können die sozioökonomischen Folgen ermittelt und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, die einen Erhalt der Biodiversität ermöglichen. Die Methodik des Monitorings - das Beobachten spezifischer Parameter eines Ökosystems um z.B. Veränderungen im Zeitverlauf feststellen zu können - ist dabei ein Schlüsselement. Monitoringmethoden sind allerdings sehr arbeitsaufwändig, erfordern ein hohes Maß an spezifischem Fachwissen und sind dadurch mit hohen Kosten verbunden. In der universitären Praxis ist Monitoring oft nur über einen kurzen Zeitraum oder mit einer geringen Anzahl an Untersuchungsflächen möglich, wodurch die wissenschaftlichen Möglichkeiten oft stark limitiert sind.

Im EAI-Projekt werden diese Probleme einerseits durch eine außergewöhnliche Kooperation und andererseits durch weiterentwickelte Monitoringmethoden gelöst. Dadurch werden die Kosten gesenkt und die Präzision der Datenaufnahme erhöht, wodurch ein umfangreicheres Monitoring möglich ist. Die **Ecological Assessment Initiative (das EAI - Projekt)** hat das Ziel die langfristigen Effekte von Landnutzungsänderungen auf die Biodiversität und dessen sozioökonomische Folgen im Cabruca-Agroforestsysteem zu quantifizieren. Aus den Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen für die lokalen Akteure, wie Kakaofarmer und Produktionskooperativen erarbeitet. Dafür wird ein Langzeitmonitoring aufgebaut, dessen Projektdesign es ermöglicht die Datenaufnahme durch AMAP-Brasilien, als lokalem Umweltschutz-Akteur, durchführen zu lassen. Die Untersuchungsflächen liegen im Projektgebiet von AMAP, auf den Fazendas Bom Pastor, Santa Rita, Julia und benachbarten Farmen. Personal (Forschungsassistenten) und Logistik (Fahrzeuge, Ausrüstung, Unterkunft etc.) zur Durchführung des Projektes werden von AMAP Brasilien zur Verfügung gestellt. Die wissenschaftliche Expertise steuert die Arbeitsgruppe des SASE Labs der Westlake Universität um Prof. Thomas C. Wanger bei, wobei Dr. Manuel Toledo-Hernández, PostDoc am SASE Lab, die wissenschaftliche Koordination des EAI-Projektes übernimmt. Diese Kooperation macht die Umsetzung des Langzeit-Monitorings möglich. Das EAI Projekt hat den Charakter einer Plattform, deren Ziel es ist, Kooperationspartnern (Universitäten oder NGOs) Personal und Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, und so weitere wissenschaftliche Projekte zu ermöglichen die einen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität der Mata Atlantica leisten.

Die erste Projektphase verläuft über einen Zeitraum von drei Jahren und hat folgende Ziele:

- I zu verstehen, wie sich Landnutzungsänderungen auf die Diversität von Bäumen auswirken und welchen Einfluss dies auf Ökosystemdienstleistungen hat
- II abzuschätzen, wie sich im Cabruca die Bestäubung, Schädlingsbefall, Kohlenstoffbindung und dadurch der Kakaoertrag entlang eines Gradienten der Landnutzungsintensität entwickelt
- III ein Vorhersagemodell für die ökologischen und sozioökonomischen Faktoren der Boom – und Burst Zyklen der Kakaoproduktion in Bahia zu entwickeln, um Vorhersagen für eine nachhaltige Landnutzung auf regionaler Ebene zu treffen.
- IV Empfehlungen für regionale Akteure zu erarbeiten, mit dem Ziel agrarökonomische Praktiken zu etablieren, die dem Biodiversitätserhalt, der nachhaltigen Kakaoproduktion und der Anpassung an den Klimawandel dienen.

Während der ersten Projektphase werden weitere Kooperationspartner und Folgeprojekte durch die Projekt-Akteure involviert, was eine Fortsetzung des EAI-Projektes und einen Ausbau der Projektinfrastruktur und Logistik ermöglichen wird. So soll ein Gesamt-Projektzeitraum von mindestens 10 Jahren verwirklicht werden. Dadurch wird das EAI-Projekt einen weltweit einzigartigen Datensatz über die langfristigen Effekte von Landnutzungsänderungen auf die Biodiversität und die Ökosystemdienstleistungen der Region generieren.

## Projektbezogen Publikationen

Toledo-Hernández, Manuel and Tschardtke, Teja and Giannini, Tereza Cristina and Kienle, Mirco Solé and Wanger, Thomas Cherico, Hand Pollination Under Shade Trees Triples Cocoa Yield in Brazil's Agroforests. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4340435> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4340435>.

Toledo Hernández, M., Lander, T. A., Bao, C., Xie, K., Atta-Boateng, A., & Wanger, T. C. (2021). Genome-edited tree crops: mind the socioeconomic implementation gap. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(11), 972-975.

Toledo-Hernández, M., Tschardtke, T., Tjoa, A., Anshary, A., Cyio, B., & Wanger, T. C. (2021). Landscape and farm-level management for conservation of potential pollinators in Indonesian cocoa agroforests. *Biological Conservation*, 257, 109106.

Toledo-Hernández, M., Tschardtke, T., Tjoa, A., Anshary, A., Cyio, B., & Wanger, T. C. (2020). Hand pollination, not pesticides or fertilizers, increases cocoa yields and farmer income. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 304, 107160.

Toledo-Hernández, M., Wanger, T. C., & Tschardtke, T. (2017). Neglected pollinators: Can enhanced pollination services improve cocoa yields? A review. *Agriculture, ecosystems & environment*, 247, 137-148.

Tschardtke, T., Grass, I., Wanger, T. C., Westphal, C., & Batáry, P. (2021). Beyond organic farming—harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in ecology & evolution*, 36(10), 919-930.

Tschardtke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological conservation*, 151(1), 53-59.

Tschardtke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., ... & Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629. Wanger, TC, Darras K. Environmental monitoring device and related modules. CN Patent CN114,544,634 A, 2022

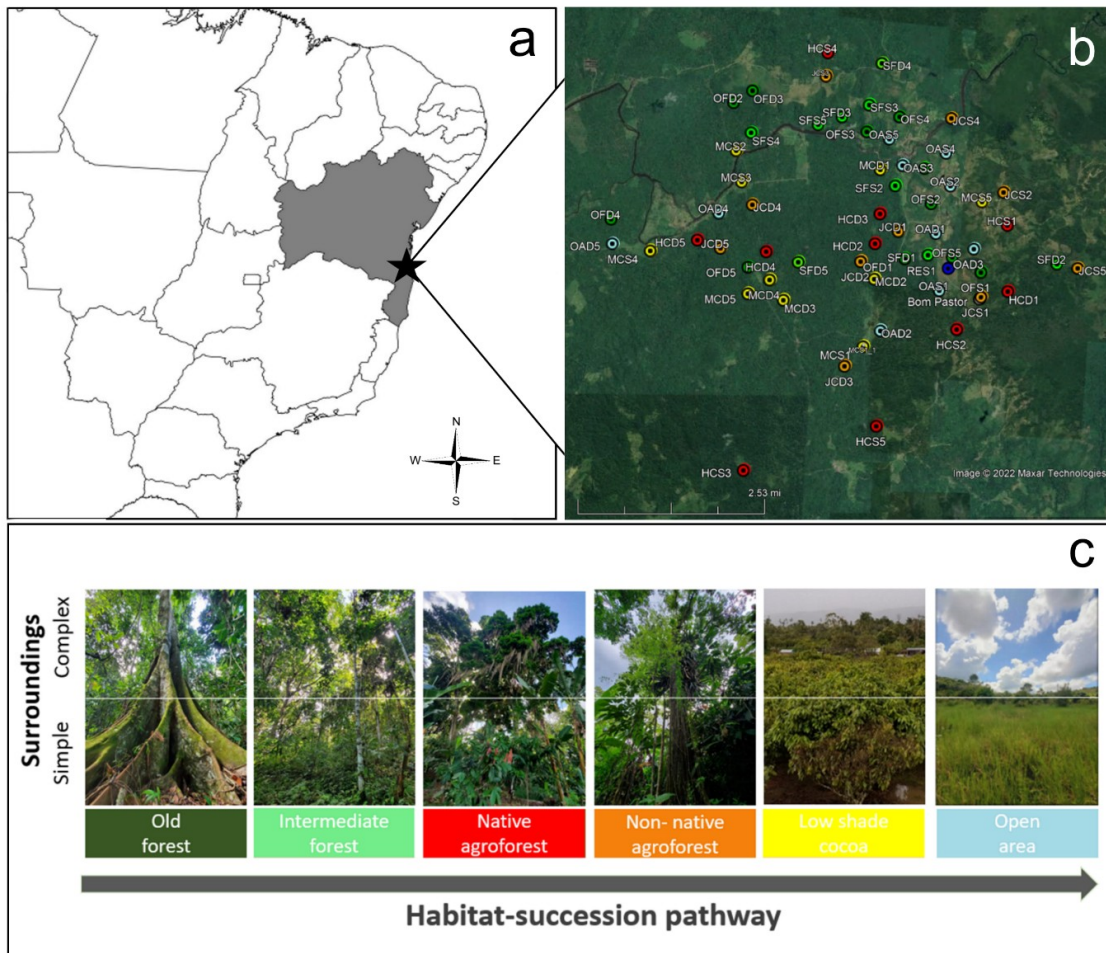
Wanger, T. C., Dennig, F., Toledo-Hernández, M., Tschardtke, T., & Lambin, E. F. (2021). Cocoa pollination, biodiversity-friendly production, and the global market. arXiv preprint arXiv:2112.02877.

Wanger, T. C., DeClerck, F., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Kleijn, D., Klein, A. M., ... & Weisser, W. (2020). Integrating agroecological production in a robust post-2020 Global Biodiversity Framework. *Nature Ecology & Evolution*, 4(9), 1150-1152.

## 3. Projektumsetzung

### 3.1. Projektgebiet und Einrichtung der Untersuchungsflächen

Zur Durchführung des EAI Projektes hat AMAP seit April 2022 drei Mitarbeiter als Forschungsassistenten eingestellt. AMAP adaptiert dabei das „Citizen Science“-Konzept, bei welchem Laien, unter Anleitung, in die wissenschaftliche Forschung integriert werden. Im EAI-Projekt stellt AMAP motivierte Personen, ohne qualifizierte Ausbildung, aus den umliegenden Gemeinden ein. Nötig ist die Bereitschaft zur Wissensaneignung. Das soll dazu beitragen, dass der Naturschutzgedanke, Biodiversitätserhalt auch in der eher wissenschaftfernen Landbevölkerung der Region besseren Eingang findet. Im Projektverlauf wird der Erfolg dieses Konzept evaluiert. Die Koordinierung und Anleitung der Assistenten vor Ort erfolgt durch Dr. Manuel Toledo-Hernández.



**Abb. 1** Untersuchungsgebiet im brasilianischen Bundesstaat Bahia. Im Projektgebiet, mit der Fazenda Bom Pastor im Zentrum, wurden 60 Untersuchungsflächen eingerichtet, unterteilt in 6 Habitatkategorie mit jeweils 10 Replikaten. Diese wurden entsprechend der Komplexität ihrer Umgebung in „einfache“ und „komplexe“ Habitate unterteilt.

Das Projektgebiet befindet sich im Süden Bahias, ca. 30km westlich von Ilheus und liegt in einer von Cabruca dominierten Landschaft, in welche Sekundärwaldfragmente und offene Flächen (z.b. Weideflächen) eingebettet sind. 60 permanente Untersuchungsflächen (Plots) wurden in einem ca. 10km<sup>2</sup> großen Projektgebiet eingerichtet. Das Projektgebiet umfasst dabei ca. 15 Fazendas einschließlich der Fazendas im Besitz von AMAP (Faz. Bom Pastor und Julia) und benachbarte Farmen wie Faz. Santa Rita und Faz. Almada. Im Vorfeld wurden die benachbarten Farmbesitzer, Verwalter und Genossenschaftsvertreter der Fazendas kontaktiert und die Zusammenarbeit mit insgesamt 28 Akteuren im EAI-Projekt vereinbart.

Danach wurden 60 Plots, jeweil mit einer Größe von 40m<sup>2</sup> eingerichtet. Die Plots sind in 6 Habitatkategorien mit jeweils 10 Replikaten eingeteilt:

1. alter Sekundärwald (Old forest)
2. junger Sekundärwald (Intermediate forest)
3. Cabruca mit einheimischen Baumarten (Native agroforest)
4. Cabruca mit nicht heimischen Baumarten (Non-native agroforest)
5. Carbuca mit wenigen Schattenbäumen (Low shade cocoa)
6. offen Flächen (Open area)



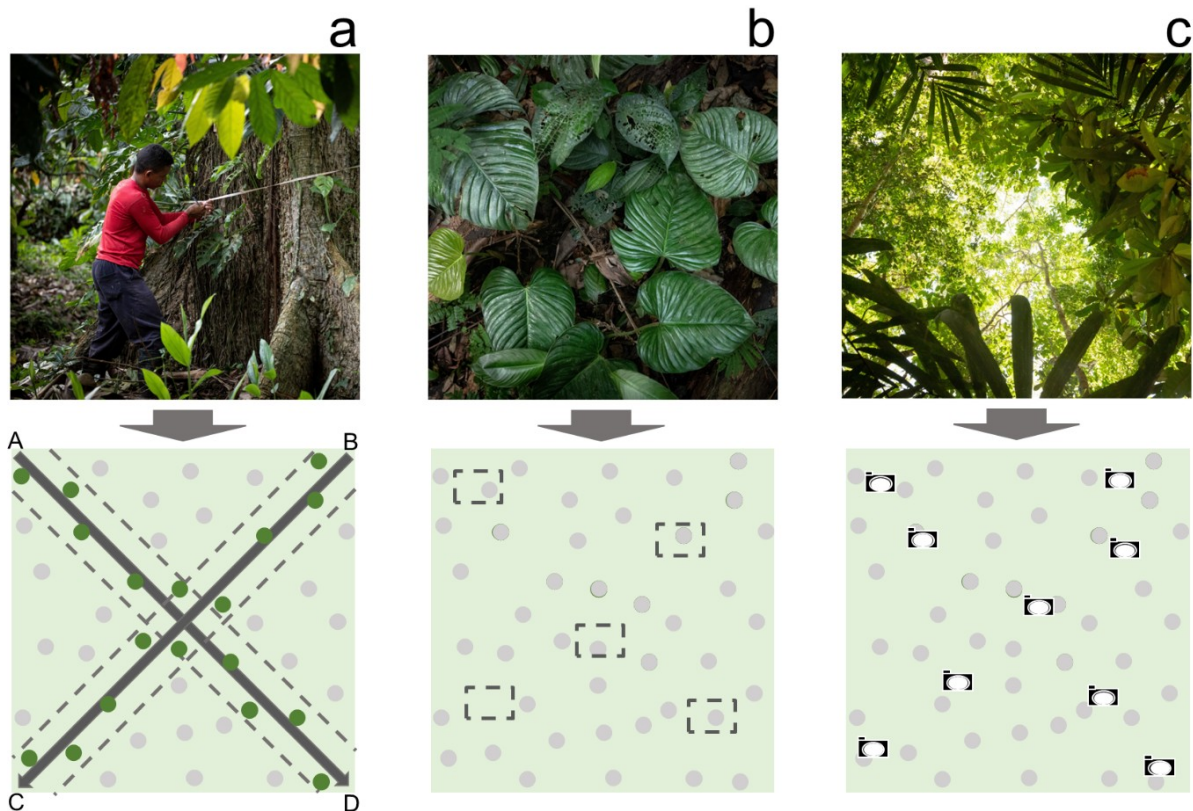
Die 10 Replikate pro Habitatkategorie wurden zusätzlich in Beziehung zur umgebenden Vegetationsstruktur und Diversität gesetzt und in jeweils 5 einfache und 5 komplex Plots unterteilt. Die erste dreijährige Projektphase teilt sich in vier Arbeitsbereiche (AB), die den Projektzielen entsprechen:

- I. Untersuchung der räumlich-zeitlichen Veränderungen von Baumarten entlang eines Landnutzungsgradienten im Zeitverlauf
- II. Untersuchung der räumlich-zeitlichen Veränderungen der Bestäubungsleistung und des Schädlingsbefalls im Cabruca
- III. Verknüpfung von sozio-ökologischer Faktoren in einem Vorhersagemodell mit räumlich-zeitlichen Landnutzungsänderungen, um Boom- und Bust-Zyklen des Kakao zu verstehen
- IV. Wissenstransfer – “best practice management” für den Biodiversitätserhalt und nachhaltigen Kakaoanbau

#### **4. Arbeitsbereiche des EAI-Projektes**

##### **Arbeitsbereich I – Landnutzungsänderung im Zeitverlauf**

Die Arbeit im AB I wurde bereits im Mai 2022 begonnen. Das Monitoring wird von drei Forschungsassistenten durchgeführt. Die Einarbeitung und Plotauswahl erfolgte durch Dr. Manuel Toledo-Hernandez. Beim Einrichten der 60 Untersuchungsflächen wurde eine erste umfassende Vegetationscharakterisierung der Bäume und Sträucher durchgeführt. Dabei wurde die Artenanzahl, Abundanz und das Alter der Bäume (anhand des Stammumfang auf Brusthöhe, DBH, und Schätzung der Baumhöhe ermittelt) aufgenommen. Dafür wurden 2 diagonale Transekte zu den Plot-Ecken abgelaufen und alle Bäume/Sträucher mit einem DBH >20 cm wurden erfasst und deren Abundanz innerhalb einer 1m Distanz rechts und links vom Transekt gezählt. Alle Bäume mit einem DBH >40cm innerhalb des Plots wurde erfasst, um die Diversität ausgewachsener Bäume zu ermitteln. Auf 5 zufällig ausgesuchten 1m<sup>2</sup> Flächen innerhalb der Plots wurde die Bodenvegetation und die Dicke der organischen Bodenaufgabe erfasst. Abschließend wurde die Beschattung des Plots durch das Baumkronendach über 9 Plot-Fotos geschätzt. Die Bilder wurden mit der Software Image J verarbeitet, um den prozentualen Anteil der Beschattung zu quantifizieren (Wanger et al., 2011). Die Vegetationscharakterisierung wird drei mal pro Jahr durchgeführt. Der aus dem Vegetations-Monitoring resultierende Datensatz wird genutzt, um das Potential zur Kohlestoffspeicherung in verschiedenen Cabruca-Nutzungsformen zu berechnen. Des Weiteren bildet der Datensatz die Basis für das Biodiversitätsmonitoring des AB II und fließt in die Entwicklung von Modellen zu Boom- und Bust-Zyklen der Kakaoproduktion ein (AB III).



**Abb. 2** Schematische Darstellung des Monitorings in AB I. a) Mittels diagonaler Transekte wird die Baum/Strauch-Vegetation erfasst; b) Auf fünf 1m<sup>2</sup> Flächen innerhalb der Plots wird die Bodenbedeckung erfasst; c) Erfassung der Beschattung durch die Baumkronenschicht mittels 9 Fotos.

## Arbeitsbereich II – Untersuchung der räumlich-zeitlichen Veränderungen der Bestäubungsleistung und des Schädlingsbefalls in Cabruças

Arbeitsbereich II wird im Oktober 2022 beginnen. Die Durchführung des Projektes obliegt einem PhD Studenten der UESC und den drei EAI-Forschungsassistenten. Um die Bestäubung von Kakaoblüten und die darauffolgende Fruchtentwicklung zu überwachen, werden EcoEye-Kameras genutzt. EcoEye-Kameras wurden im SASE Lab der Westlake University entwickelt und nutzen eine auf künstlicher Intelligenz basierende Software die auf das Erkennen unterschiedlicher Tiergruppen trainiert werden kann. Für das EAI-Projekt wurde die Software auf das Erkennen der Kakao-Bestäuber (Insekten), sowie Vögel und Fledermäuse der Cabruças trainiert. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fotofallen mit Infrarotsensoren, lösen EcoEye-Kameras nur aus, wenn ein trainierter Algorithmus die gewünschten Bildmerkmale erkennt. Dies ermöglicht das Monitoring eines breiten Spektrums von Tieren, einschließlich der winzigen Kakaobestäuber, zu geringeren Kosten und mit höherer Effizienz und Skalierbarkeit.

Für das Bestäubungsmonitoring werden 6 Kakaobäume der gleichen Varietät für jeden der 30 Cabruça-Plots ausgewählt. An jedem Kakaobaum werden zwei Blüten in unterschiedlicher Höhe pro Baum ausgewählt. Insgesamt werden so 360 Kakaoblüten auf 30 Cabruça-Plots für diese Studie untersucht. Die Kameras werden an jeder Blüte 24h lang die Bestäuberdiversität (incl. den Abundanzen und der Häufigkeit und Länge des Besuchs) aufnehmen. Die Aufnahme wird pro Blüte dreimal durchgeführt. Das Gesamtmonitoring wird dreimal wiederholt und dreimal pro Jahr durchgeführt.



**Abb. 3** Schematisch Übersicht über den Versuchsaufbau im AB II mit EcoEye-Kameras. Dabei werden an sechs Kakaobäume jeder Cabruca-Untersuchungsfläche zwei Kameras in verschiedenen Höhen (< 1m und >3m) angebracht, um die Bestäuber zu erfassen.

Für das Monitoring der Vögel und Fledermäuse werden 6 Kameras pro Cabruca-Plot aufgestellt, was insgesamt 180 zufällig gewählte Kamerastandpunkte ergibt. Die Kameras werden über zwei verschiedene Höhen verteilt (drei Kameras auf niedriger Höhe = <3 m und drei Kameras auf hoher Höhe => 5 m), um einen Höhengradienten zu erhalten und die Auswirkungen der vertikalen Struktur der Cabrucas auf Schädlinge, Herbivore und Prädatoren zu erfassen. Um Blütenbestäubung und Schädlingsbefall zu korrelieren, wird die Fruchtentwicklung an allen 6 untersuchten Kakaobäumen pro Plot erfasst. Dabei wird die Gesamtzahl der offenen Blüten pro Baum markiert und gezählt. Dann wird 48 h nach der Markierung der Blüten der Bestäubungserfolg erfasst. Schließlich wird die Fruchtentwicklung (d. h. Fruchtwelke, Schädlinge und Krankheiten, gesunde Früchte) der bestäubten Blüten jeden Monat bis zur Ernte verfolgt und die Erträge (das Trockengewicht der Kakaobohnen) quantifiziert.

### **Arbeitsbereich III – Verknüpfung von sozio-ökologischen Faktoren in einem Vorhersagemodell mit raum-zeitlichen Landnutzungsänderungen, um Boom- und Bust-Zyklen des Kakao zu verstehen**

Im Rahmen des AB III werden zunächst halbstrukturierte Umfragen bei den am EAI-Projekt teilnehmenden Farmern durchgeführt, um die allgemeine sozioökonomische Situation und die landwirtschaftlichen Praktiken auf den Untersuchungsflächen zu erfassen. Dies wird einen ersten Einblick in die sozialen und wirtschaftlichen Triebkräfte der Landnutzungsänderungen innerhalb der EAI-Untersuchungsflächen ermöglichen. Die Erhebung konzentriert sich auf demografische Daten (wie z.B. Alter, Geschlecht, Schulbildung, Haushaltsgröße), Landnutzungsgeschichte (wie z. B. frühere Landnutzungen), allgemeines agrarökologisches Wissen (wie z. B. Verständnis von Cabrucas für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen) und Betriebsführung (wie z. B. Betriebsmittel, Betriebserträge). In einem zweiten Schritt wird eine Erhebung unter Kakao-Akteuren (d.h. Kleinbauern, Verwalter, Landbesitzer, Verbandsvertreter) in der Gemeinde Uruçuca (in welcher sich das EAI-Projektgebiet befindet) durchgeführt, um die regionalen sozioökonomischen Strukturen, die Anbaumethoden und die größten Schwierigkeiten bei der Entwicklung einer nachhaltigen Kakaoproduktion zu ermitteln. In beiden Fällen, sowohl auf lokaler (mit den im EAI-Projekt involvierten Akteuren) als auch auf regionaler Ebene (Akteure in der

Gemeinde Uruçuca), werden die Erhebungen dreimal pro Jahr durchgeführt, wobei zwischen den Erhebungen jeweils vier Monate liegen. Die Ergebnisse aus den Arbeitsbereiche I und II werden in ein Bayesian Structural Equation Model (SEM) integriert, um zu untersuchen wie Landnutzungsänderungen im Zeitverlauf die landwirtschaftlichen Erträge und die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen verändern. Die Daten aus den Arbeitsbereichen I-III werden mit hochauflösenden Landschaftsmerkmalen verknüpft und über Modellierungen auf Brasilien extrapoliert. Die Modellierung der Datensätze wird von einem zweiten Studentender UESC, im Rahmen einer Doktorarbeit durchgeführt.

#### **Arbeitsbereich IV – Wissenstransfer – “best practice management” für den Biodiversitätserhalt und nachhaltigen Kakaoanbau**

Im AB IV erfolgt die Wissenskommunikation.

Dreimal pro Jahr wird ein Bericht über den aktuellen Stand der Projekte erfolgen. Dieser wird vom Koordinator des EAI-Projektes Dr. Manuel Toledo-Hernández, den an den Arbeitsbereichen beteiligten PhD-Studenten und AMAP verfasst. Zweimal jährlich erfolgt ein Treffen mit den im EAI-Projekt beteiligten Akteuren (Farmbesitzer, Verwalter, Gemeindevertreter) zum Austausch und zur Erörterung projektbezogener Probleme. Am Ende der dreijährigen Projektlaufzeit wird einen Workshop durchgeführt, zu dem alle interessierten Akteure eingeladen sind und auf dem die Endergebnisse und die wichtigsten Empfehlungen zu agrarökologischen Praktiken, für eine nachhaltige Kakaoproduktion etc. vorgestellt werden. Abschließend wird ein Buch, das die wichtigsten Ergebnisse zusammenfasst, als pdf-Datei öffentlich zugänglich sein und in gedruckter Form bei der UESC aufbewahrt werden, damit ein freien Zugang gewährleistet ist.



Alisson, Forschungsassistent von AMAP auf einer Untersuchungsfläche des EAI-Projektes.

## 5. Personelle Ressourcen

### Forschungsleitung EAI Projekt

#### **Prof. Thomas Cherico Wanger**

Associate Professor des Sustainable Agricultural Systems & Engineering Laboratory (<https://www.tomcwanger.com/>), School of Engineering, Westlake University (WU), China  
Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brazil

### Koordination EAI Projekt

#### **Dr. Manuel Toledo-Hernández**

PostDoc im Sustainable Agricultural Systems & Engineering Laboratory, School of Engineering, Westlake University (WU), China; <https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Toledo-Hernandez>  
Kordinator des Global Agroforestry Network (<https://www.globalagroforestrynetwork.org/>).

Dr. Toledo-Hernandez ist der Projekt-Koordinator, sein Forschungsschwerpunkt sind die ökologischen und sozioökonomischen Zusammenhänge von Agroforstsystemen wie Kakao und Kaffee. Während seiner Doktorarbeit an der Universität Göttingen befasste er sich mit Kakao-Agroforestsystemen in Indonesien. Er führte bereits 2019, während eines Forschungsaufenthaltes auf der Fazenda Bom Pastor ein Handbestäubungsprojekt von Kakaobäumen in Kooperation mit AMAP durch.

**MSc. Manfredo A. Turcios-Casco**, UESC, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais (DCAA) <https://www.researchgate.net/profile/Manfredo-Turcios-Casco>

Manfredo Turcios-Casco wird in diesem Jahr seine Doktorarbeit innerhalb des EAI-Projektes beginnen. Diese befasst sich mit dem Monitoring der Fledermausfauna mit EcoEye-Kameras.

### Technische Assistenten

Msc. Julian Barillaro, UESC

Julian Barillaro hat seinen Master an der UESC gemacht und wurde von der UESC als technischer Assistent für das EAI-Projekt eingestellt. Er koordiniert das Monitoring der Bestäubung und Fruchtentwicklung von Kakaoblüten entlang eines Landnutzungsgradienten (Arbeitsbereich II). Er ist ebenfalls für die Programmierung und Wartung der EcoEye-Kameras verantwortlich.

Msc. Valentina Fortunato, UESC

Valentina Fortunato hat ihren Master an der UESC gemacht und wurde von der UESC als technische Assistentin für das EAI-Projekt eingestellt. Sie koordiniert das Monitoring der Sozio-ökologischen Faktoren von Landnutzungsänderungen und führt die Umfragen durch (Arbeitsbereich III).

## Forschungsassistenten

Alisson Calasans Lima, AMAP

Alisson wurde 2020 von AMAP eingestellt, da AMAP einen Mitarbeiter mit Führerschein benötigte, um die immer umfangreicheren Fahrdienste und Organisationstätigkeiten durchzuführen. Aufgrund seiner schnellen Auffassungsgabe und Lernbereitschaft wurde er aber schnell mit weiteren Aufgaben betraut. 2022 bot AMAP ihm die Möglichkeit im EAI-Projekt als Forschungsassistent mitzuwirken.

Erasmo Alves Demetrio, AMAP

Erasmo arbeitet seit 2018 für AMAP. Sein Aufgabenfeld umfasste die Pflege der Aufforstungsflächen auf der Fazenda Bom Pastor und die Betreuung der Setzlinge im Gewächshaus. Erasmo besitzt eine umfangreiche Kenntnis über die einheimische Flora und ist dadurch bestens geeignet für die Arbeit als Forschungsassistent.

Deivson dos Santos Brandao, AMAP

Deivson wurde 2022 auf Empfehlung, direkt für das EAI-Projekt eingestellt. Er ist mit 20 Jahren der jüngste Mitarbeiter im Team. Ausschlaggebend für seine Einstellung war seine Bereitschaft zur Aneignung neuen Wissens.



Alisson und Deivson auf dem Weg zu einer Monitoringfläche.

## 6. Referenzen

- Bawa, K.S., Kress, W.J., Nadkarni, N.M., Lele, S., Raven, P.H., Janzen, D.H., Lugo, A.E., Ashton, P.S., Lovejoy, T.E., 2004. Tropical Ecosystems into the 21st Century. *Science* 306, 227–228. <https://doi.org/10.1126/science.306.5694.227b>
- Cassano, C.R., Kierulff, M.C.M., Chiarello, A.G., 2011. The cacao agroforests of the Brazilian Atlantic forest as habitat for the endangered maned sloth *Bradypus torquatus*. *Mammalian Biology* 76, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2010.06.008>
- Cassano, C.R., Schroth, G., Faria, D., Delabie, J.H.C., Bede, L., 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 18, 577–603. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9526-x>
- Colombo, Af., Joly, Ca., 2010. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Braz. J. Biol.* 70, 697–708. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002>
- Delabie, J.H.C., Jahyny, B., do Nascimento, I.C., Mariano, C.S.F., Lacau, S., Campiolo, S., Philpott, S.M., Leponce, M., 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 16, 2359–2384. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9190-6>
- Faria, D., Baumgarten, J., 2007. Shade cacao plantations (*Theobroma cacao*) and bat conservation in southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 16, 291–312. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-8346-5>
- Faria, D., Laps, R.R., Baumgarten, J., Cetra, M., 2006. Bat and Bird Assemblages from Forests and Shade Cacao Plantations in Two Contrasting Landscapes in the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *Biodivers Conserv* 15, 587–612. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2089-1>
- Grelle, C.E.V., Alves, M.A.S., Bergallo, H.G., Geise, L., Rocha, C.F.D., Sluys, M., Caramaschi, U., 2005. Prediction of threatened tetrapods based on the species–area relationship in Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Zoology* 265, 359–364. <https://doi.org/10.1017/S0952836905006461>
- Holst, B., E.P. Medici, O.J. Marino-Filho, D. Kleiman, K. Leus, A. Pissinatti, G. Vivekananda, J.D. Ballou, K. Traylor-Holzer, B. Raboy, F. Passos, K. Vleeschouwer and M.M. Montenegro (eds.). 2006. Lion Tamarin Population and Habitat Viability Assessment Workshop 2005, final report. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN, USA.
- Jared, C., Mailho-Fontana, P.L., Antoniazzi, M.M., Mendes, V.A., Barbaro, K.C., Rodrigues, M.T., Brodie, E.D., 2015. Venomous Frogs Use Heads as Weapons. *Current Biology* 25, 2166–2170. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.06.061>

- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Novais, S.M.A., Macedo-Reis, L.E., Neves, F.S., 2017. Predatory beetles in cacao agroforestry systems in Brazilian Atlantic forest: a test of the natural enemy hypothesis. *Agroforest Syst* 91, 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9917-z>
- Oliveira, L.C., Hankerson, S.J., Dietz, J.M., Raboy, B.E., 2010. Key tree species for the golden-headed lion tamarin and implications for shade-cocoa management in southern Bahia, Brazil. *Animal Conservation* 13, 60–70. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00296.x>
- Rezende, C.L., Scarano, F.R., Assad, E.D., Joly, C.A., Metzger, J.P., Strassburg, B.B.N., Tabarelli, M., Fonseca, G.A., Mittermeier, R.A., 2018. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation* 16, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002>
- Ribeiro, S.C., Jacovine, L.A.G., Soares, C.P.B., Martins, S.V., Souza, A.L. de, Nardelli, A.M.B., 2009. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Rev. Árvore* 33, 917–926. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000500014>
- Rolim, S.G., Chiarello, A.G., 2004. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13, 2679–2694. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-2142-5>
- Sambuichi, R.H.R., 2006. Estrutura e dinâmica do componente arbóreo em área de cabruca na região cacaeira do sul da Bahia, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 20, 943–954. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000400018>
- Sambuichi, R.H.R., Haridasan, M., 2007. Recovery of species richness and conservation of native Atlantic forest trees in the cacao plantations of southern Bahia in Brazil. *Biodivers Conserv* 16, 3681–3701. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9017-x>
- Sambuichi, R.H.R., Vidal, D.B., Piasentin, F.B., Jardim, J.G., Viana, T.G., Menezes, A.A., Mello, D.L.N., Ahnert, D., Baligar, V.C., 2012. Cabruca agroforests in southern Bahia, Brazil: tree component, management practices and tree species conservation. *Biodivers Conserv* 21, 1055–1077. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0240-3>
- Schroth, G., Bede, L.C., Paiva, A.O., Cassano, C.R., Amorim, A.M., Faria, D., Mariano-Neto, E., Martini, A.M.Z., Sambuichi, R.H.R., Lôbo, R.N., 2015. Contribution of agroforests to landscape carbon storage. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 20, 1175–1190. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9530-7>



Schroth, G., Harvey, C.A., 2007. Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: an overview. *Biodivers Conserv* 16, 2237–2244. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9195-1>

Schroth, G., Ruf, F., 2014. Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 139–154. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0175-4>

Shi, H., Singh, A., Kant, S., Zhu, Z., Waller, E., 2005. Integrating Habitat Status, Human Population Pressure, and Protection Status into Biodiversity Conservation Priority Setting: *Integrating Social Factors into Priority Setting*. *Conservation Biology* 19, 1273–1285. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00225.x>

Wanger, T.C., Motzke, I., Saleh, S., Iskandar, D.T., n.d. The amphibians and reptiles of the Lore Lindu National Park area, Central Sulawesi, Indonesia 14.