

Influential Article Review- Linking Global Agricultural Drivers to the Impacts on Biological Diversity on the Field

Ellen Moran

Becky Riley

Olivia Bryant

*This paper examines agricultural commodities. We present insights from a highly influential paper. Here are the highlights from this paper: Consumption of globally traded agricultural commodities like soy and palm oil is one of the primary causes of deforestation and biodiversity loss in some of the world's most species-rich ecosystems. However, the complexity of global supply chains has confounded efforts to reduce impacts. Companies and governments with sustainability commitments struggle to understand their own sourcing patterns, while the activities of more unscrupulous actors are conveniently masked by the opacity of global trade. We combine state-of-the-art material flow, economic trade, and biodiversity impact models to produce an innovative approach for understanding the impacts of trade on biodiversity loss and the roles of remote markets and actors. We do this for the production of soy in the Brazilian Cerrado, home to more than 5% of the world's species. Distinct sourcing patterns of consumer countries and trading companies result in substantially different impacts on endemic species. Connections between individual buyers and specific hot spots explain the disproportionate impacts of some actors on endemic species and individual threatened species, such as the particular impact of European Union consumers on the recent habitat losses for the iconic giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). In making these linkages explicit, our approach enables commodity buyers and investors to target their efforts much more closely to improve the sustainability of their supply chains in their sourcing regions while also transforming our ability to monitor the impact of such commitments over time. For our overseas readers, we then present the insights from this paper in Spanish, French, Portuguese, and German.*

Keywords: supply chain, agricultural commodity, biodiversity impacts, telecoupling, species

SUMMARY

- It is encouraging that many of the countries and traders most exposed to the risks of deforestation and biodiversity loss in their supply chains have joined high-profile declarations to eliminate deforestation from their supply chains. However, company commitments to reducing deforestation in supply chains vary widely in their detail, ambition, and meaning.
- Understanding alignment between government and trader commitments will help identify where action should be focused, reveal potential leverage points, and help foster coordinated solutions for international supply chains that span multiple stakeholders across the private–public interface.

- The Netherlands could continue to exert disproportionate influence on trading companies and buyers as a convening power and focal point of private–public dialogue and partnerships.
- The Dutch government has also provided support to processors and buyers that invest in certification, as well as to farmers to enable them to produce more sustainable soy. In addition, governments have an important convening and financing role to play in establishing sustainable finance, including provision of credit lines to farmers who adhere to higher sustainability criteria or support to scale up innovative solutions to sustainability challenges. This allows considerable confidence in this aspect of the modeling.
- The Input-Output Trade Analysis model employed in the analysis is one of several multiregional input–output models that are available globally, all of which will provide somewhat different quantitative results due to differences in their construction. Our results are illustrative of the impacts that different countries might have, highlighting the heterogeneity that is expected across the trade system.

HIGHLY INFLUENTIAL ARTICLE

We used the following article as a basis of our evaluation:

Green, J. M. H., Croft, S. A., Durán, A. P., Balmford, A. P., Burgess, N. D., Fick, S., Gardner, T. A., Godar, J., Suavet, C., Virah-Sawmy, M., Young, L. E., & West, C. D. (2019). Linking global drivers of agricultural trade to on-the-ground impacts on biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(46), 1–9.

This is the link to the publisher’s website:

<https://www.pnas.org/content/116/46/23202>

INTRODUCTION

Species are being lost at 1 to 2 orders of magnitude above background rates, with greatest losses resulting from habitat conversion and degradation, particularly appropriation for agriculture. Much of the impact of food crop production in biodiverse tropical regions is associated with commodities destined for export, and as much as 80 to 99% of the biodiversity impact of food crop consumption in industrialized countries is incurred abroad. Work linking biodiversity threats to global financial flows at the country level indicates that at least 30% of threats to globally threatened species are linked to international trade. Growing recognition of the role of global consumption in driving remote environmental damage elsewhere has led to a number of private- and public-sector commitments to reduce these impacts, particularly in agricultural commodity supply chains. However, our ability to monitor in practically useful detail whether governments or businesses are making progress toward these commitments has been limited.

To devise and monitor solutions for sustainable production and consumption we need to know the location of production areas to a high degree of spatial accuracy and understand the biodiversity impacts of production in these places. Crucially, we must also understand how impacts are connected to globalized supply chains and the key actors involved. Progress on sustainability in supply chains will need clear and measurable targets, pathways to achieve them, and accountability. Moreover, commitments of different stakeholders do not operate in isolation and when aligned can reinforce one another. However, the lack of methods and data to integrate policy and business perspectives prevents the design and implementation of strategies to create opportunities or regulate for more sustainable business.

Here we combine state-of-the-art material flow, economic, and biodiversity models that link demand, trade, production, and impact. We use a species-level estimate of loss, which allows us to differentiate habitats that host the most vulnerable species from those that do not but which would appear similar or identical if broader classifications (e.g., “forest” or “natural vegetation”) were used. Our results reveal the

impacts of agricultural commodity trade on biodiversity with unprecedented spatial, sectoral, operational, and taxonomic resolution.

We use our framework to answer 4 questions that together provide information for reducing biodiversity losses associated with agricultural commodity demand. First, which countries and sectors drive impacts? Understanding the role of specific consumption patterns and the responsibilities of consumers around the globe helps inform national and international policy making. Second, what are the relative roles of different commodity traders? Detailed supply chain information can help to identify and develop partnerships for solutions. Third, what are the impacts on high-profile species and important species assemblages? Highly resolved information on biodiversity impacts can galvanize support from consumer groups and provide information for particular interventions around specific species and risk hot spots. Fourth, how do government and private commitments overlap? Understanding the commitments of diverse actors along the supply chain can help identify where commitments coincide and hence where actions might be aligned to reinforce one another.

We work through our framework using the example of Brazilian soy production. Brazil is one of the world's largest producers and exporters of soy, a globally important commodity embedded within many food products, particularly because of its use as a source of protein in animal feed. In Brazil, soy production is closely associated with the Cerrado, which is the largest savannah region in South America and hosts some 5% of global biodiversity, including over 4,800 plant and vertebrate species found nowhere else. It is also one of the world's most important frontiers of agricultural expansion, with many of its species facing dire threat. Our approach produces insights into the connections between markets, soy traders, and biodiversity losses at the point of production. We consider these in the context of 2 high-profile collective commitments: the New York Declaration on Forests, a voluntary declaration by private-, public-, and third-sector parties with a commitment to end forest loss by 2030, and the Amsterdam Declaration, a commitment by 7 European countries to eliminate deforestation from agricultural commodity chains. These commitments are a recognition that things need to change; meeting them, however, requires a dramatic scaling up of action.

RESULTS

Which Countries and Sectors Are Driving Impacts?

Information that identifies the relative roles of different countries—and sectors within them—can guide coherent action among consumer nations to drive more sustainable production practices and provision of support to key industry actors. The top 10 countries importing embedded soy from the Cerrado are Asian, European, and North American (Table 1). However, while international demand, especially from China, drives more than half of soy's impacts on endemic Cerrado biodiversity, the domestic market is responsible for the greatest share of any country, with consumption across all of Brazil driving 45% of soy-related impacts (Table 1 and SI Appendix, Table S1). We consider these findings against country-level commitments to 2 key declarations that aim to support companies in eliminating deforestation from agricultural commodity supply chains. The first is the New York Declaration on Forests. This has been signed at the national or local government level by most of the countries with the greatest soy-linked biodiversity impacts in the Brazilian Cerrado, but the 2 countries with the greatest impact are notably absent (Table 1). The second is the Amsterdam Declaration, for which 5 of the 7 European signatories are among the top 10 importers of soy-driven biodiversity impacts in the Cerrado: Italy, France, Germany, the United Kingdom, and the Netherlands (Table 1).

Alongside the amount of soy consumed, the impact per unit consumed also varies greatly between countries. Brazil and Italy, for example, have over twice the impact per unit of soy consumed than China, France or the United States. The 2 largest consuming countries, Brazil and China, consume similar amounts of soy from the Cerrado but show particularly high and low impacts per ton, respectively (Fig. 1A). These differences arise from differences in biodiversity losses in the municipalities from which particular supply chains source soy. By combining high-resolution trade data with impacts on biodiversity we find that Brazilian consumer demand was met to a greater extent by municipalities in the central and southern

Cerrado, where endemic richness is higher and impacts are thus greater (Fig. 1 B and C and SI Appendix, Fig. S1). Chinese demand, on the other hand, was met from a more tightly concentrated area in the northeast (Fig. 1C).

By linking direct material flows to global financial data, our approach also captures both the reexports of soy (for example, much of the soy consumed in Europe arrives via ports in the Netherlands, from where it is reexported) and the consumption of soy embedded in other products, such as in meat fed on soy-derived feed. The Netherlands is a globally important trade hub, receiving much of the soy coming directly from Brazil into the European Union (EU) (Fig. 1D). However, tracking supply chains only to the country of first import greatly overestimates the country's role as a driver of biodiversity loss, while for other Amsterdam Declaration (AD) countries their role is substantially underestimated unless we consider reexports and embedded consumption of soy (Fig. 1D).

Sectoral drivers of biodiversity loss vary markedly between countries. In the case of AD countries, particularly Germany and the United Kingdom, our results highlight the importance of “other meat” (primarily pig and poultry) consumption (Fig. 1E). For Italy and Norway, on the other hand, dairy and beef sectors contribute a relatively larger proportion of their biodiversity footprint.

What Are the Relative Roles of Different Traders?

For the Cerrado we estimate that between 2000 and 2010, 33% of soy's impacts on endemic species were in Goiás State, which occupies just 16% of the biome (SI Appendix, Fig. S2 and Table S2). Of 41 traders exporting soy from Goiás in 2011, the top 10 account for 91% of exports. Disaggregating the data to the municipality level reveals the highly clustered nature of company operations (SI Appendix, Fig. S2). The largest exporter in each municipality accounts for a mean of 97% of exports. Just 5 traders account for all soy exports from the 3 most heavily affected municipalities, which together incur 56% of the state's soy-driven biodiversity losses but cover <4% of the area.

What Are the Impacts on High-Profile Species and Important Species Assemblages?

Quantifying how consumption drives losses of charismatic, culturally important, or valuable species and habitats can raise the profile of environmental issues and bring into focus the tangible impacts and risks of sourcing from a particular area. The spatial and taxonomic resolution of the component models in our framework enables fine-scale, species-specific information that is typically masked in national-level analyses. To illustrate this, we compare impacts of soy-driven habitat loss on 2 iconic species, the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*), with impacts on endemic species, and characterize these as flows from the state in which the losses occur through to the country of final consumption of the impact-linked soy (Fig. 2). This reveals some striking patterns resulting from differences between the threats facing different species and from differences in sourcing between consuming countries. For example, the majority of the EU's impact on the maned wolf is in Mato Grosso, while for Brazil it is in other states. This has implications for the targeting of conservation interventions by downstream actors wanting to mitigate specific impacts associated with their activities. We also found that the giant anteater's range has been more heavily impacted by past habitat loss than that of the maned wolf [which better tolerates pasture and arable land] and that the EU has played a large role in recent losses, with impacts mostly arising in Mato Grosso. Unlike for the maned wolf and giant anteater, losses in Goiás and Distrito Federal dominate impacts across endemic species, largely due to the high number of endemics, particularly plants, found in these states (Fig. 2 and SI Appendix, Fig. S1).

How Do Government and Private Commitments Overlap?

In 2011, companies with zero-deforestation commitments were responsible for ~80% of soy imports for France, Germany, and the United Kingdom (Fig. 3 and SI Appendix, Table S3). The Netherlands, on the other hand, has a more diverse supplier base, with ~50% supplied by traders with zero-deforestation commitments.

DISCUSSION

It is encouraging that many of the countries and traders most exposed to the risks of deforestation and biodiversity loss in their supply chains have joined high-profile declarations to eliminate deforestation from

their supply chains. However, company commitments to reducing deforestation in supply chains vary widely in their detail, ambition, and meaning. Understanding alignment between government and trader commitments will help identify where action should be focused, reveal potential leverage points, and help foster coordinated solutions for international supply chains that span multiple stakeholders across the private–public interface. If supporting companies make good on their commitments, this would in turn help governments make significant progress toward their own commitments to eliminate deforestation and may push the sustainability bar higher for smaller or newer actors in the European market. Within our analyses, the 2 countries with the greatest overall impacts, Brazil and China, have not yet signed key declarations at the national level (although note that Mato Grosso, an important soy-producing state within the Cerrado, has committed to its Produce, Conserve, and Include Strategy, which aims to reduce Cerrado deforestation by 95% and to restore habitat).

Attributing impacts to the country of first import can both severely underestimate (e.g., Denmark and Norway) and overestimate (e.g., the Netherlands) impacts attributed to a country’s final consumption. However, in the same way that identifying key traders operating within the supply chain can help identify important opportunities for intervention, so too can identifying the most significant hubs for trade. The Netherlands is the largest importer of soy in Europe and the second-largest exporter of agricultural products in the world. It also processes ~25% of its soy imports to produce animal feed. These factors underlie its central role in the global soy value chain and its founding role in the Amsterdam Declaration. The Netherlands could continue to exert disproportionate influence on trading companies and buyers as a convening power and focal point of private–public dialogue and partnerships (e.g., Dutch Soy Coalition, Dutch Soy Working Group, and the Dutch Soy Platform Initiative). The Dutch government has also provided support to processors and buyers that invest in certification (Soy Fast Track Fund), as well as to farmers to enable them to produce more sustainable soy (Farmer Support Program). In addition, governments have an important convening and financing role to play in establishing sustainable finance, including provision of credit lines to farmers who adhere to higher sustainability criteria or support to scale up innovative solutions to sustainability challenges. Our estimates of the impacts of final consumption highlight the substantial responsibilities too of other EU countries, such as Spain, which is not currently a signatory to the declaration but could be a focal point for targeted political influence by existing signatories (Table 1).

While the Netherlands may hold some influence because of its large trade volumes, its diverse portfolio of traders could make policy processes more complex and contested. In contrast to other AD countries a large proportion of soy exported to (and through) the Netherlands is from traders without zero-deforestation commitments. Hence, even if those with existing commitments delivered on them, this would capture just half of the Cerrado soy traded through the Netherlands (Fig. 3 and SI Appendix, Table S3). Working with countries that directly import substantially smaller volumes, such as the United Kingdom, France, and Germany, may help the Netherlands government to encourage currently uncommitted yet major traders such as Caramuru and Granol to sign up to targets to eliminate deforestation from their supply chains.

There are several sources of uncertainty within the models presented, for example, in modeling land cover, estimating biodiversity loss, modeling trade, and year-to-year variability of supply chains. The Trase Spatially Explicit Information on Production to Consumption Systems (SEI-PCS) model of subnational production and export is built from key government statistics and data that are compiled to calculate agricultural productivity and to collect tax revenues. This allows considerable confidence in this aspect of the modeling. The Input-Output Trade Analysis (IOTA) model employed in the analysis is one of several multiregional input–output models (MRIOS) that are available globally, all of which will provide somewhat different quantitative results due to differences in their construction. Our results are illustrative of the impacts that different countries might have, highlighting the heterogeneity that is expected across the trade system. Use of such information in risk assessment or supply chain decision making should consider the assumptions made and associated limitations of the modeling approaches. More targeted analysis (e.g., of particular supply chains looking at specific priority species) would benefit from further sensitivity analyses to explore how changes in assumptions might affect conclusions. We use 2011 trade data in our analyses that provide a snapshot of a dynamic system, particularly in the most active frontiers of agricultural

expansion. Any intervention should be based on multitemporal analyses of spatial patterns and trends, as well as iterative engagement with stakeholders to ensure their accuracy and relevance. However, because of the investments in infrastructure (such as silos and crushing facilities) and knowledge and interdependencies between actors, we expect traders to stay relatively connected to particular production locations over a 3 to 5 y span, with more significant changes occurring over longer periods (refs. 20, 31, and 32; see supplementary analyses in SI Appendix, Figs. S3 and S4). Understanding how the data available within our framework might be used to help determine accountability for impacts occurring across a dynamic trading landscape, where impacts can occur several years prior to trading activities, deserves additional research focus.

CONCLUSION

Currently, many sustainability commitments are little more than statements of intent and a recognition that things need to change. Meeting these commitments requires collective action to be scaled up through multistakeholder partnerships, landscape-scale approaches, and public–private initiatives. Identifying links between the intensification and expansion of agricultural commodity production and the demand that drives it is a vital first step to engage the political and private actors with the greatest responsibility and influence. We provide a highly flexible framework for delivering a range of practical insights to stakeholders in international commodity supply chains. Businesses can use this information to understand risks in their supply chains, while civil society, consumers, and shareholders can use it to hold governments and businesses to account on their commitments. Investors too are increasingly interested in understanding investment-linked environmental and social risks, and this will likely increase as transparency initiatives more precisely link the environmental damage caused by commodity production to hitherto opaque financial systems underpinning it.

The high spatial resolution of our trade model tracking production and subnational flows is a major advance for 2 reasons: First, in enhancing the credibility and spatial representation of estimates of environmental impact and, second, in transforming our ability to devise and implement responses. For example, campaigners can use impacts on flagship species to galvanize support from consumer groups and to promote responsible consumption across supply chain actors. Higher-resolution models allow us to develop land use management strategies to target particular areas for improving yields, setting aside areas for protection in expansion landscapes, or expanding production into degraded land according to the level of endemicity or of historical impacts on biodiversity. More generally, the spatial resolution demonstrated here allows the development of more credible estimates for a suite of indicators of environmental and social impacts. This species-level metric complements, rather than replaces, other measures of biodiversity loss based on the loss of ecosystems (such as the loss of the Cerrado or deforestation) (e.g., refs. 35 and 36). Taken together, these provide a more complete picture of how the trade in a commodity such as soy drives both immediate and longer-term losses and has impacts at scales from the very local to global. It also allows assessment of complementarity or trade-offs between, for example, protecting forests versus endemic species.

Our approach is applicable to a wide range of globally traded agricultural commodities. However, to “catalyze a race to the top”, actors must also be supported by mechanisms that allow and recognize iterative improvements. Without such mechanisms, shedding light on sustainability problems within particular supply chains may cause actors to shift to different production regions, rather than improving practices in vulnerable areas, or to start supplying consuming regions without commitments to eliminate deforestation or where consumer pressure is currently lower. Anticipating such “leakage” between areas, countries, and, indeed, different commodity crops is vital. In this context our ability to document country–trader relationships is likely to play an important role. Many of the biggest traders source from multiple producer countries, sell their goods globally, and have activities that span several commodities. This global reach may allow successful sustainability initiatives to quickly scale up to other regions and commodities. By enabling monitoring of shifts of traders between markets our framework can also help minimize leakage by ensuring that sustainability commitments apply across companies’ operations. Moreover, because of the

dominant role that a relatively few traders hold as a nexus of global commodity flows, pressure from major economies, such as the AD countries, to improve environmental standards could drive improvements to the sustainability of supply chains to other consuming regions.

METHODS

We compiled and integrated existing data sources, linking complementary approaches to derive information on consumption patterns driving species declines and shedding light on the supply chains involved (SI Appendix, Fig. S5). Existing MRIOs use data on intersectoral financial transactions to represent full global trade and consumption but sacrifice commodity-specific detail and spatial resolution. Conversely, material flow analyses—descriptions of the physical movement of commodities—can be used to track production and trade of individual commodities but generally capture only a portion of the supply chain (40). We therefore developed a hybridized MRIO for soy trade that combines traditional input–output analyses with highly detailed subnational material flow data from the SEI-PCS model underpinning the Trase platform (36, 41) (SI Appendix). We used these to tease out the activities of producers, traders, and consumers. We linked the models to estimates of species-by-species losses of suitable habitat to derive a measure of biodiversity impact that accounts for species-specific differences in range sizes, sensitivities to land use change, and historical habitat loss (17) (SI Appendix, Fig. S5). We focused on the impacts of soy production in 2000 to 2010 using habitat loss data for 2000 to 2010 and soy trade data for 2011. We chose this allocation period (i.e., attributing 2000 to 2010 losses to 2011) because it can take several years from initial clearing of land to eventual harvesting and selling soy.

APPENDIX

TABLE 1
THE COUNTRIES WHOSE EMBEDDED CONSUMPTION OF SOY FROM THE CERRADO IN 2011 IS ESTIMATED TO HAVE THE GREATEST IMPACT ON ENDEMIC BIODIVERSITY (DOMESTIC PLUS TOP 10 INTERNATIONAL CONSUMING COUNTRIES)

Consuming region	Relative impact	Relative impact/mass consumed	Commitment
Brazil	44.9%	0.87	*
China	22.0%	0.38	
Japan	2.9%	0.52	NYDF
Germany	2.7%	0.49	NYDF/AD
Spain	2.5%	0.61	*
Thailand	2.3%	0.55	
United States	1.9%	0.36	NYDF
United Kingdom	1.8%	0.46	NYDF/AD
France	1.8%	0.33	NYDF/AD
Netherlands	1.4%	0.60	NYDF/AD
Italy	1.2%	0.87	AD

Relative impact per unit mass of soy consumed from 0 (no impact) to 1 (greatest observed impact across all consuming regions). We highlight country commitments to the New York Declaration on Forests (NYDF) and Amsterdam Declaration (AD). Asterisks indicate local, but not national, government signatories to NYDF. See also [SI Appendix, Table S1](#).

FIGURE 1A

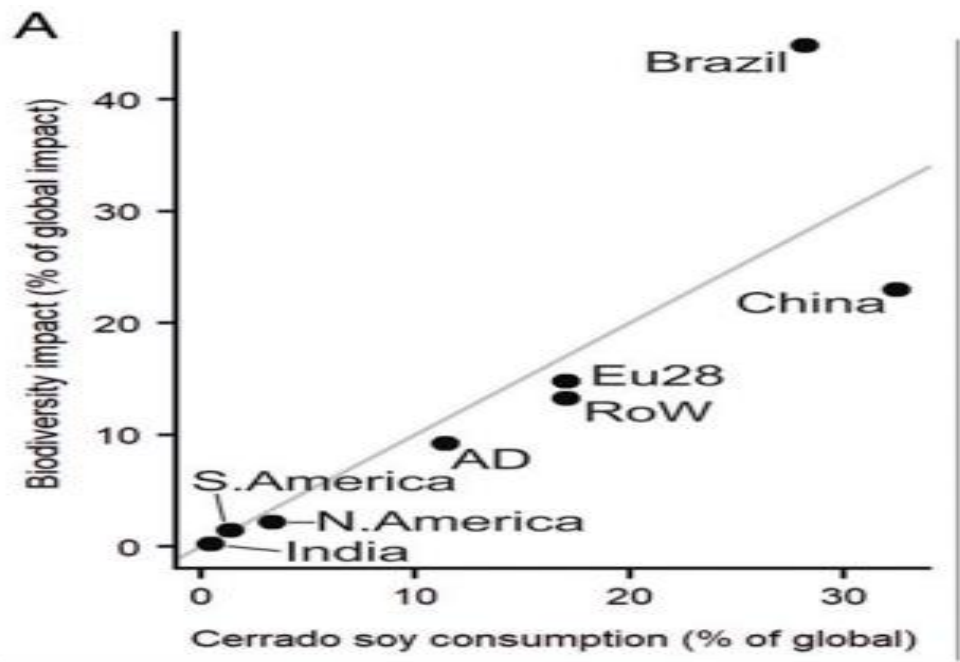


FIGURE 1B

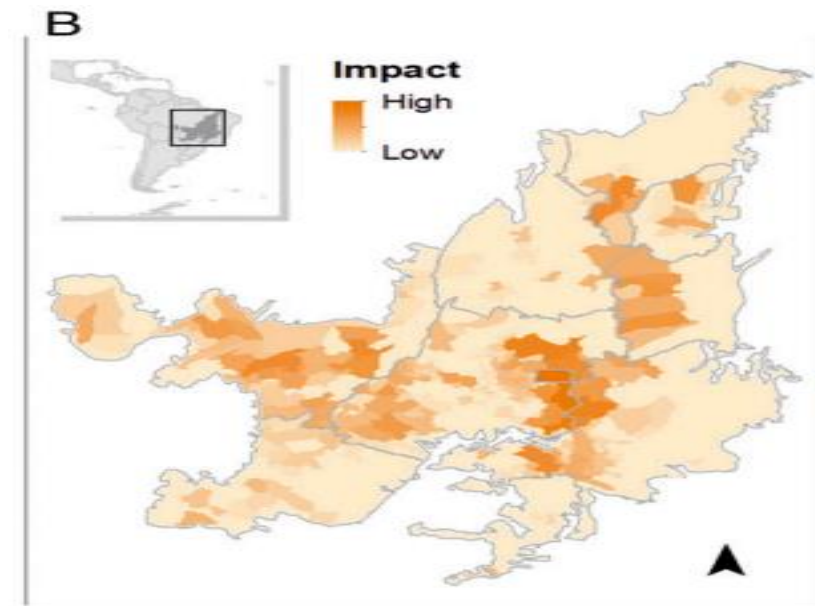


FIGURE 1C

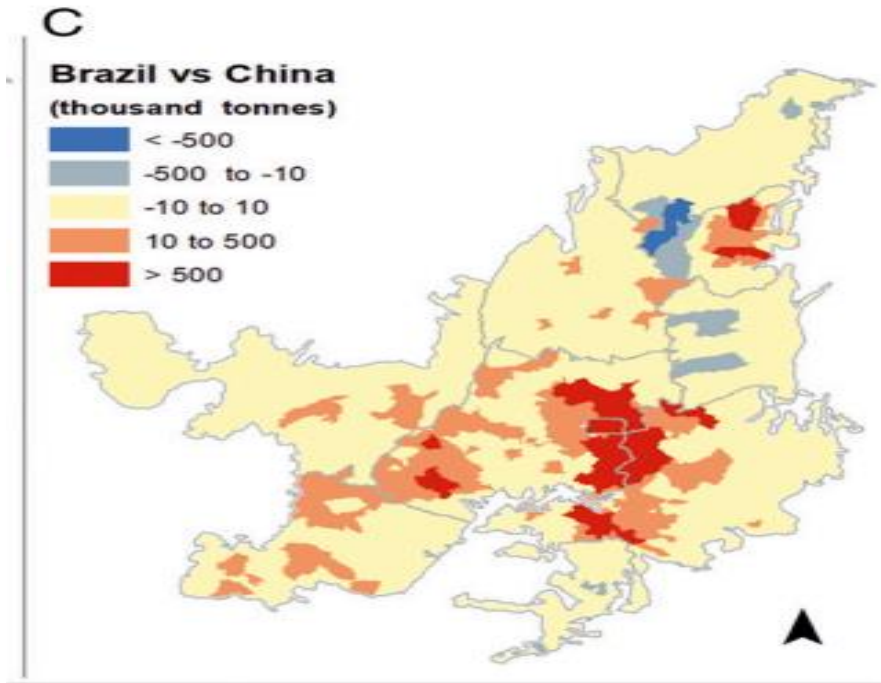


FIGURE 1D

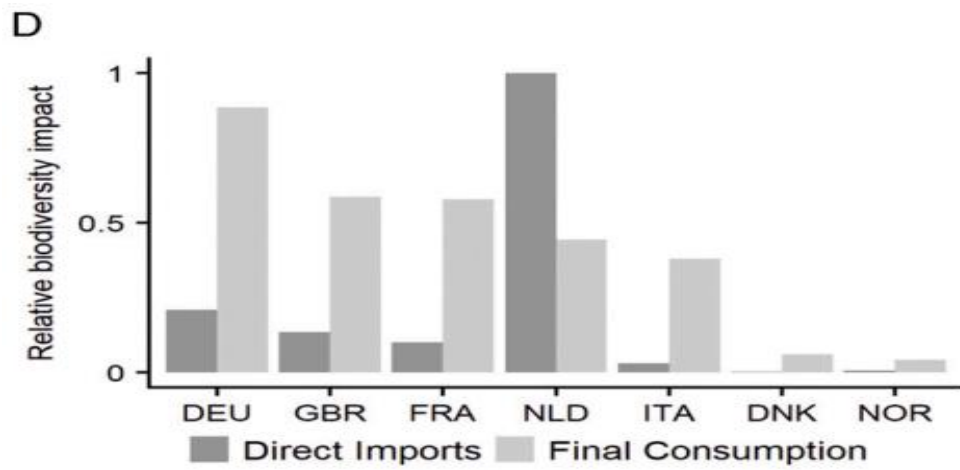


FIGURE 1E

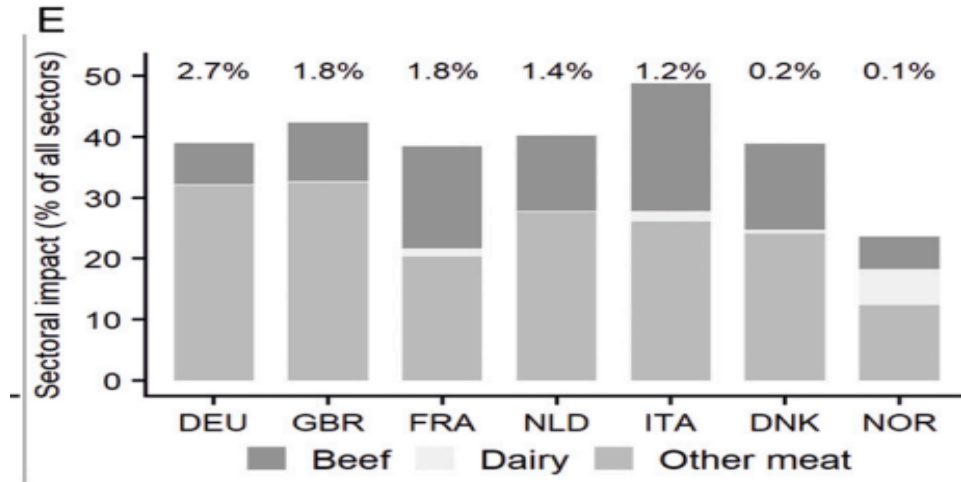


FIGURE 2

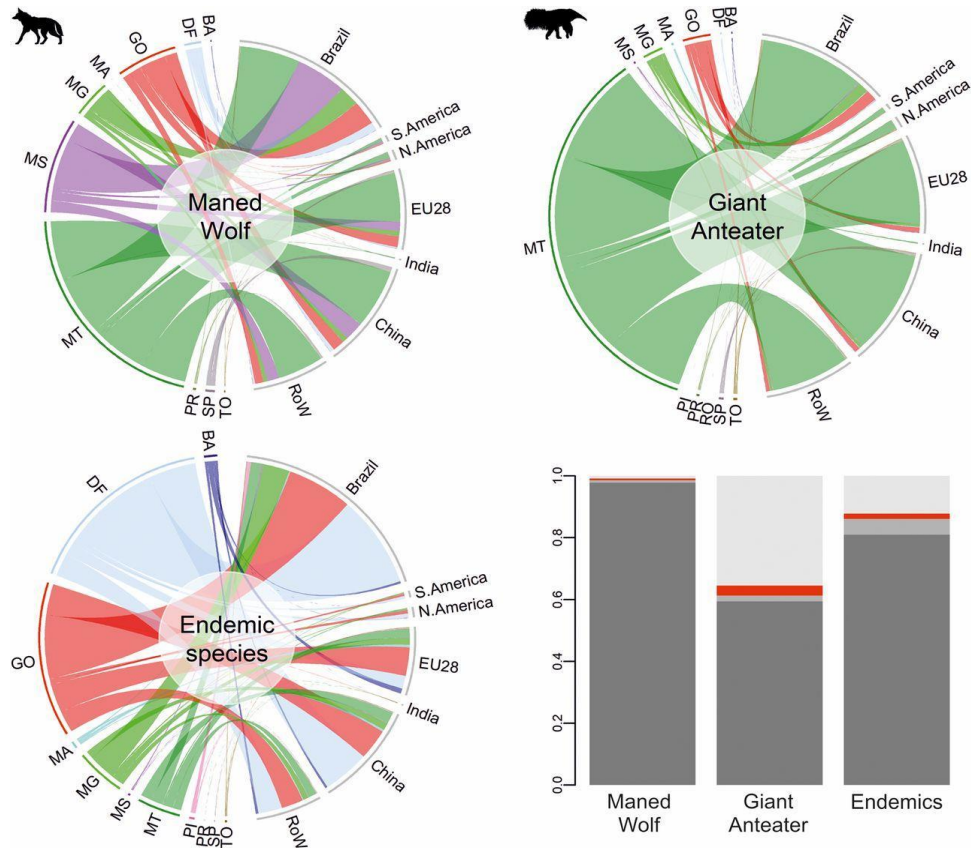
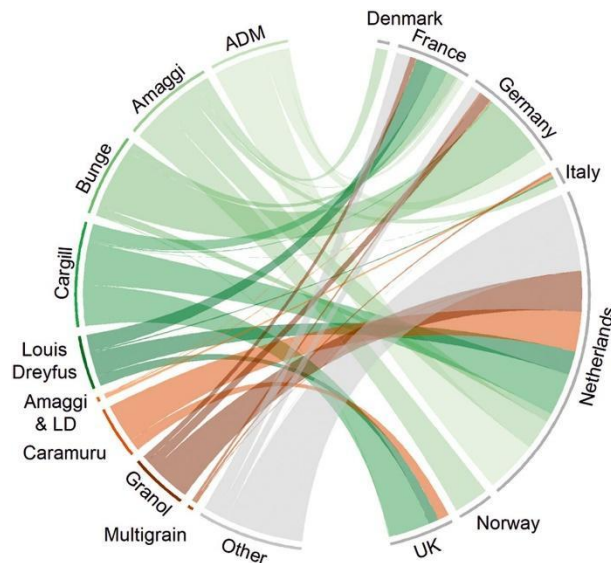


FIGURE 3



REFERENCES

- A. Chaudhary, T. Kastner, Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Glob. Environ. Change* 38, 195–204 (2016).
- A. Colléony, S. Clayton, D. Couvet, M. S. Jalme, A. C. Prévot, Human preferences for species conservation: Animal charisma trumps endangered status. *Biol. Conserv.* 206, 263–269 (2017).
- A. K. Duraiappah, *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis; A Report of the Millennium Ecosystem Assessment* (World Resources Institute, Washington, DC, 2005).
- A. Oita et al., Substantial nitrogen pollution embedded in international trade. *Nat. Geosci.* 9, 111–115 (2016). Erratum in: *Nat. Geosci.* 9, 260 (2016).
- A. Owen, K. Steen-Olsen, J. Barrett, T. Wiedmann, M. Lenzen, A structural decomposition approach to comparing MRIO databases. *Econ. Syst. Res.* 26, 262–283 (2014).
- A. P. Durán et al., Putting species back on the map: Devising a practical method for quantifying the biodiversity impacts of land conversion. <https://doi.org/10.1101/447466> (18 January 2019).
- Amsterdam Declaration, Amsterdam Declaration “Towards Eliminating Deforestation from Agricultural Commodity Chains with European Countries” (Ministry of Foreign Affairs, Amsterdam, The Netherlands, 2015).
- Amsterdam Declarations Partnership, Overview: European National Soya Initiatives With a Focus on ADP Countries (Living document, version 9, Mekon Ecology, Leiden, The Netherlands, 2019).
- B. B. N. Strassburg et al., Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 99 (2017).
- D. M. Souza, R. F. Teixeira, O. P. Ostermann, Assessing biodiversity loss due to land use with Life Cycle Assessment: Are we there yet? *Glob. Change Biol.* 21, 32–47 (2015).
- D. Moran, K. Kanemoto, Identifying species threat hotspots from global supply chains. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 0023 (2017).
- E. F. Lambin et al., The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. *Nat. Clim. Change* 8, 109–116 (2018).
- F. Essl, M. Winter, P. Pyšek, Biodiversity: Trade threat could be even more dire. *Nature* 487, 39 (2012).
- F. Pendrill et al., Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Glob. Environ. Change* 56, 1–10 (2019).
- G. Ceballos et al., Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.* 1, e1400253 (2015).
- Government of the State of Mato Grosso, *Produzir, Conservar e Incluir: Estratégia de MT para mitigar Mudanças Climáticas* (Climate Convention [COP 21], Paris, France, 2015).

- H. K. Gibbs et al., Brazil's Soy Moratorium. *Science* 347, 377–378 (2015).
- J. Godar, C. Suavet, T. A. Gardner, E. Dawkins, P. Meyfroidt, Balancing detail and scale in assessing transparency to improve the governance of agricultural commodity supply chains. *Environ. Res. Lett.* 11, 035015 (2016).
- J. Godar, U. M. Persson, E. J. Tizado, P. Meyfroidt, Towards more accurate and policy relevant footprint analyses: Tracing fine-scale socio-environmental impacts of production to consumption. *Ecol. Econ.* 112, 25–35 (2015).
- J. Lee, G. Gereffi, J. Beauvais, Global value chains and agrifood standards: Challenges and possibilities for smallholders in developing countries. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 12326–12331 (2012).
- J. W. van Gelder, B. Kuepper, M. Vriens, Soy Barometer 2014: A Research Report for the Dutch Soy Coalition (Profundo Research and Advice, Amsterdam, The Netherlands, 2014).
- L. L. Rausch et al., Soy expansion in Brazil's Cerrado. *Conserv. Lett.*, e12671 (2019).
- M. Bruckner, G. Fischer, S. Tramberend, S. Giljum, Measuring telecouplings in the global land system: A review and comparative evaluation of land footprint accounting methods. *Ecol. Econ.* 114, 11–21 (2015).
- M. Lenzen et al., International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486, 109–112 (2012).
- M.-B. Magrini et al., Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system. *Ecol. Econ.* 126, 152–162 (2016).
- P. Gibbon, Upgrading primary production: A global commodity chain approach. *World Dev.* 29, 345–363 (2001).
- P. Meyfroidt, E. F. Lambin, K.-H. Erb, T. W. Hertel, Globalization of land use: Distant drivers of land change and geographic displacement of land use. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 5, 438–444 (2013).
- P. Meyfroidt, T. K. Rudel, E. F. Lambin, Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 20917–20922 (2010).
- Partnerships for Forests, www.partnershipsforforests.com. Accessed 7 September 2019.
- R. D. Garrett et al., Criteria for effective zero-deforestation commitments. *Glob. Environ. Change* 54, 135–147 (2019).
- R. E. Green, S. J. Cornell, J. P. W. Scharlemann, A. Balmford, Farming and the fate of wild nature. *Science* 307, 550–555 (2005).
- R. R. S. Vieira et al., Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. *Divers. Distrib.* 24, 434–438 (2018).
- R. Sullivan, C. Mackenzie, *Responsible Investment* (Routledge, 2017).
- T. A. Gardner et al., Transparency and sustainability in global commodity supply chains. *World Dev.* 121, 163–177 (2019).
- Transparency for Sustainable Economies (Trase), Data from “SEI-PCS Brazil soy (v.2.3).” Trase. http://resources.trase.earth/documents/Trase-data-sources_release_may_2019.pdf. Accessed 7 June 2019.
- Trase, “Brazilian soy supply chains: Linking buyers to landscapes” in *Trase Yearbook 2018, Sustainability in Forest-Risk Supply Chains: Spotlight on Brazilian Soy* (Transparency for Sustainable Economies, Stockholm Environment Institute, and Global Canopy, 2018), pp. 32–38.
- Trase, “Exports of forest-risk commodities from South America” in *Trase Yearbook 2018, Sustainability in Forest-Risk Supply Chains: Spotlight on Brazilian Soy* (Transparency for Sustainable Economies, Stockholm Environment Institute, and Global Canopy, 2018).
- Trase, “Trase data sources: SEI-PCS Brazil soy (v.2.3), SEI-PCS Paraguay soy (v.1.1), and Paraguay Beef (v.1.0)” (Transparency for Sustainable Economies, Stockholm, Sweden, 2019).
- United Nations Environment Programme (UNEP), World's first green bonds scheme to finance responsible soy production in Brazil launched [press release].

<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/worlds-first-green-bonds-scheme-finance-responsible-soy-production>. Accessed 4 July 2019.

United Nations, New York Declaration on Forests: Declaration and Action Agenda. (Climate Summit 2014, UN Headquarters, New York, 2014).

V. Galaz et al., Tax havens and global environmental degradation. *Nat. Ecol. Evol.* 2, 1352–1357 (2018).
Correction in: *Nat. Ecol. Evol.* 2, 1674 (2018).

TRANSLATED VERSION: SPANISH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUCIDA: ESPAÑOL

A continuación se muestra una traducción aproximada de las ideas presentadas anteriormente. Esto se hizo para dar una comprensión general de las ideas presentadas en el documento. Por favor, disculpe cualquier error gramatical y no responsabilite a los autores originales de estos errores.

INTRODUÇÃO

As espécies estão sendo perdidas em 1 a 2 ordens de magnitude acima das taxas de fundo, com as maiores perdas resultantes da conversão e degradação do habitat, particularmente apropriação para a agricultura. Muito do impacto da produção de alimentos em regiões tropicais biodiversas está associado a commodities destinadas à exportação, e até 80 a 99% do impacto da biodiversidade do consumo de alimentos em países industrializados é incorrido no exterior. O trabalho que relaciona as ameaças à biodiversidade aos fluxos financeiros globais em nível de país indica que pelo menos 30% das ameaças às espécies globalmente ameaçadas estão ligadas ao comércio internacional. O crescente reconhecimento do papel do consumo global em causar danos ambientais remotos em outros lugares levou a uma série de compromissos dos setores público e privado para reduzir esses impactos, particularmente nas cadeias de abastecimento de commodities agrícolas. No entanto, nossa capacidade de monitorar em detalhes praticamente úteis se governos ou empresas estão fazendo progresso em relação a esses compromissos tem sido limitada.

Para conceber e monitorar soluções de produção e consumo sustentáveis, precisamos conhecer a localização das áreas de produção com um alto grau de precisão espacial e entender os impactos da produção na biodiversidade nesses locais. Crucialmente, devemos também entender como os impactos estão conectados às cadeias de suprimentos globalizadas e os principais atores envolvidos. O progresso em sustentabilidade nas cadeias de abastecimento precisará de metas claras e mensuráveis, caminhos para alcançá-las e responsabilidade. Além disso, os compromissos das diferentes partes interessadas não operam de forma isolada e, quando alinhados, podem reforçar-se mutuamente. No entanto, a falta de métodos e dados para integrar as perspectivas de políticas e negócios impede o desenho e a implementação de estratégias para criar oportunidades ou regulamentar para negócios mais sustentáveis.

Aqui combinamos modelos de fluxo de materiais, econômicos e de biodiversidade de última geração que vinculam demanda, comércio, produção e impacto. Usamos uma estimativa de perda em nível de espécie, o que nos permite diferenciar habitats que hospedam as espécies mais vulneráveis daqueles que não hospedam, mas que pareceriam semelhantes ou idênticos se classificações mais amplas (por exemplo, "floresta" ou "vegetação natural") fossem usava. Nossos resultados revelam os impactos do comércio de commodities agrícolas sobre a biodiversidade com resolução espacial, setorial, operacional e taxonômica sem precedentes.

Usamos nossa estrutura para responder a 4 perguntas que, juntas, fornecem informações para reduzir as perdas de biodiversidade associadas à demanda por commodities agrícolas. Primeiro, quais países e

setores geram impactos? Compreender o papel de padrões de consumo específicos e as responsabilidades dos consumidores em todo o mundo ajuda a informar a formulação de políticas nacionais e internacionais. Em segundo lugar, quais são os papéis relativos dos diferentes comerciantes de commodities? Informações detalhadas sobre a cadeia de suprimentos podem ajudar a identificar e desenvolver parcerias para soluções. Terceiro, quais são os impactos sobre as espécies de alto perfil e importantes associações de espécies? Informações altamente resolvidas sobre os impactos da biodiversidade podem galvanizar o apoio de grupos de consumidores e fornecer informações para intervenções específicas em torno de espécies específicas e pontos críticos de risco. Quarto, como os compromissos governamentais e privados se sobrepõem? Compreender os compromissos de diversos atores ao longo da cadeia de abastecimento pode ajudar a identificar onde os compromissos coincidem e, portanto, onde as ações podem ser alinhadas para reforçar umas às outras.

Trabalhamos em nossa estrutura usando o exemplo da produção de soja brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja, uma commodity de importância mundial incorporada a muitos produtos alimentícios, principalmente por ser usada como fonte de proteína na alimentação animal. No Brasil, a produção de soja está intimamente associada ao Cerrado, que é a maior região de savana da América do Sul e hospeda cerca de 5% da biodiversidade global, incluindo mais de 4.800 espécies de plantas e vertebrados não encontradas em nenhum outro lugar. É também uma das fronteiras de expansão agrícola mais importantes do mundo, com muitas de suas espécies enfrentando terríveis ameaças. Nossa abordagem produz insights sobre as conexões entre mercados, comerciantes de soja e perdas de biodiversidade no ponto de produção. Nós os consideramos no contexto de 2 compromissos coletivos de alto perfil: a Declaração de Nova York sobre Florestas, uma declaração voluntária de partes privadas, públicas e do terceiro setor com o compromisso de acabar com a perda florestal até 2030, e a Declaração de Amsterdã, um compromisso de 7 países europeus para eliminar o desmatamento das cadeias de commodities agrícolas. Esses compromissos são um reconhecimento de que as coisas precisam mudar; conhecê-los, no entanto, requer uma escalada dramática de ação.

RESULTADOS

Quais Países e Setores Estão Gerando Impactos?

Informações que identificam os papéis relativos de diferentes países - e setores dentro deles - podem orientar uma ação coerente entre as nações consumidoras para impulsionar práticas de produção mais sustentáveis e fornecer apoio aos principais atores da indústria. Os 10 principais países que importam soja incorporada do Cerrado são asiáticos, europeus e norte-americanos (Tabela 1). No entanto, enquanto a demanda internacional, especialmente da China, impulsiona mais da metade dos impactos da soja sobre a biodiversidade endêmica do Cerrado, o mercado interno é responsável pela maior parcela de qualquer país, com o consumo em todo o Brasil sendo responsável por 45% dos impactos relacionados à soja (Tabela 1 e Apêndice SI, Tabela S1). Consideramos essas descobertas em relação aos compromissos em nível de país para 2 declarações-chave que visam apoiar as empresas na eliminação do desmatamento das cadeias de abastecimento de commodities agrícolas. O primeiro é a Declaração de Nova York sobre Florestas. Isso foi assinado em nível de governo nacional ou local pela maioria dos países com os maiores impactos sobre a biodiversidade ligada à soja no Cerrado brasileiro, mas os 2 países com o maior impacto estão notavelmente ausentes (Tabela 1). A segunda é a Declaração de Amsterdã, da qual 5 dos 7 signatários europeus estão entre os 10 principais importadores dos impactos da soja na biodiversidade no Cerrado: Itália, França, Alemanha, Reino Unido e Holanda (Tabela 1).

Junto com a quantidade de soja consumida, o impacto por unidade consumida também varia muito entre os países. Brasil e Itália, por exemplo, têm mais do dobro do impacto por unidade de soja consumida do que China, França ou Estados Unidos. Os 2 maiores países consumidores, Brasil e China, consomem quantidades semelhantes de soja do Cerrado, mas mostram impactos particularmente altos e baixos por tonelada, respectivamente (Fig. 1A). Essas diferenças surgem de diferenças nas perdas de biodiversidade nos municípios dos quais determinadas cadeias de abastecimento fornecem soja. Ao combinar dados comerciais de alta resolução com impactos sobre a biodiversidade, descobrimos que a demanda do

consumidor brasileiro foi atendida em maior medida por municípios do Cerrado central e sul, onde a riqueza endêmica é maior e os impactos, portanto, maiores (Fig. 1 B e C e Apêndice SI, Fig. S1). A demanda chinesa, por outro lado, foi atendida a partir de uma área mais concentrada no Nordeste (Fig. 1C).

Ao vincular fluxos de materiais diretos a dados financeiros globais, nossa abordagem também captura tanto as reexportações de soja (por exemplo, grande parte da soja consumida na Europa chega pelos portos da Holanda, de onde é reexportada) e o consumo de soja incorporada outros produtos, como a carne alimentada com ração derivada da soja. A Holanda é um centro comercial de importância global, recebendo grande parte da soja que vem diretamente do Brasil para a União Europeia (UE) (Fig. 1D). No entanto, rastrear cadeias de abastecimento apenas para o país de primeira importação superestima muito o papel do país como um impulsionador da perda de biodiversidade, enquanto para outros países da Declaração de Amsterdã (AD) seu papel é substancialmente subestimado, a menos que consideremos reexportações e consumo embutido de soja (Fig. 1D).

Os impulsionadores setoriais da perda de biodiversidade variam acentuadamente entre os países. No caso dos países da AD, particularmente Alemanha e Reino Unido, nossos resultados destacam a importância do consumo de “outras carnes” (principalmente suínos e aves) (Fig. 1E). Para Itália e Noruega, por outro lado, os setores de laticínios e carne bovina contribuem com uma proporção relativamente maior de sua pegada de biodiversidade.

Quais São as Funções Relativas dos Diferentes Comerciantes?

Para o Cerrado, estimamos que entre 2000 e 2010, 33% dos impactos da soja sobre as espécies endêmicas ocorreram no Estado de Goiás, que ocupa apenas 16% do bioma (Apêndice SI, Figura S2 e Tabela S2). Dos 41 traders exportadores de soja de Goiás em 2011, os 10 maiores respondem por 91% das exportações. A desagregação dos dados ao nível do município revela a natureza altamente agrupada das operações da empresa (Apêndice SI, Fig. S2). O maior exportador de cada município representa em média 97% das exportações. Apenas 5 comerciantes respondem por todas as exportações de soja dos 3 municípios mais afetados, que juntos incorrem em 56% das perdas de biodiversidade causadas pela soja no estado, mas cobrem menos de 4% da área.

Quais São os Impactos nas Espécies de alto Perfil e nas Assembléias Importantes de Espécies?

Quantificar como o consumo gera perdas de espécies e habitats carismáticos, culturalmente importantes ou valiosos pode elevar o perfil das questões ambientais e trazer para o foco os impactos e riscos tangíveis do abastecimento de uma área específica. A resolução espacial e taxonômica dos modelos de componentes em nossa estrutura permite informações em escala fina e específicas da espécie que normalmente são mascaradas em análises em nível nacional. Para ilustrar isso, comparamos os impactos da perda de habitat causada pela soja em 2 espécies icônicas, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), com impactos sobre as espécies endêmicas, e os caracterizamos como fluxos do estado em que o as perdas ocorrem até o país de consumo final da soja ligada ao impacto (Fig. 2). Isso revela alguns padrões surpreendentes resultantes de diferenças entre as ameaças enfrentadas por diferentes espécies e de diferenças na origem entre os países consumidores. Por exemplo, a maior parte do impacto da UE sobre o lobo-guará ocorre em Mato Grosso, enquanto para o Brasil ocorre em outros estados. Isso tem implicações para o direcionamento das intervenções de conservação por atores a jusante que desejam mitigar impactos específicos associados às suas atividades. Também descobrimos que a área de distribuição do tamanduá-bandeira foi mais fortemente afetada pela perda de habitat no passado do que a do lobo-guará [que tolera melhor pastagens e terras aráveis] e que a UE desempenhou um papel importante nas perdas recentes, com impactos principalmente decorrentes de Mato Grosso. Ao contrário do lobo-guará e do tamanduá-bandeira, as perdas em Goiás e no Distrito Federal dominam os impactos nas espécies endêmicas, em grande parte devido ao alto número de endemias, principalmente plantas, encontradas nesses estados (Fig. 2 e Apêndice SI, Fig. S1).

Como os Compromissos Governamentais e Privados se Sobrepõem?

Em 2011, as empresas com compromissos de desmatamento zero foram responsáveis por ~ 80% das importações de soja da França, Alemanha e Reino Unido (Figura 3 e Apêndice SI, Tabela S3). A Holanda, por outro lado, tem uma base de fornecedores mais diversificada, com ~ 50% fornecidos por comerciantes com compromissos de desmatamento zero.

DISCUSSÃO

É encorajador que muitos dos países e comerciantes mais expostos aos riscos de desmatamento e perda de biodiversidade em suas cadeias de abastecimento tenham aderido a declarações de alto perfil para eliminar o desmatamento de suas cadeias de abastecimento. No entanto, os compromissos da empresa com a redução do desmatamento nas cadeias de abastecimento variam amplamente em detalhes, ambição e significado. Entender o alinhamento entre os compromissos do governo e do comerciante ajudará a identificar onde a ação deve ser focada, revelar os pontos de alavancagem em potencial e ajudar a promover soluções coordenadas para cadeias de suprimentos internacionais que abrangem várias partes interessadas na interface público-privada. Se as empresas de apoio cumprirem seus compromissos, isso, por sua vez, ajudará os governos a fazerem progressos significativos em relação aos seus próprios compromissos de eliminar o desmatamento e pode elevar a barra de sustentabilidade para atores menores ou mais novos no mercado europeu. Em nossas análises, os 2 países com os maiores impactos gerais, Brasil e China, ainda não assinaram declarações importantes em nível nacional (embora observe que Mato Grosso, um importante estado produtor de soja no Cerrado, se comprometeu com seu produto, Estratégia de conservação e inclusão, que visa reduzir o desmatamento do Cerrado em 95% e restaurar o habitat.

Atribuir impactos ao país de primeira importação pode tanto subestimar gravemente (por exemplo, Dinamarca e Noruega) quanto superestimar (por exemplo, Holanda) os impactos atribuídos ao consumo final de um país. No entanto, da mesma forma que identificar os comerciantes-chave que operam na cadeia de abastecimento pode ajudar a identificar oportunidades importantes de intervenção, também pode identificar os centros de comércio mais importantes. A Holanda é o maior importador de soja da Europa e o segundo maior exportador de produtos agrícolas do mundo. Ela também processa ~ 25% de suas importações de soja para produzir ração animal. Esses fatores fundamentam seu papel central na cadeia de valor global da soja e seu papel fundador na Declaração de Amsterdã. A Holanda poderia continuar a exercer influência desproporcional sobre as empresas de comércio e compradores como uma força de convocação e ponto focal do diálogo público-privado e parcerias (por exemplo, a Coalizão da Soja Holandesa, o Grupo de Trabalho da Soja da Holanda e a Iniciativa Plataforma da Soja da Holanda). O governo holandês também deu apoio a processadores e compradores que investem em certificação (Soy Fast Track Fund), bem como aos agricultores para que possam produzir soja mais sustentável (Programa de Apoio ao Agricultor). Além disso, os governos têm um importante papel de convocação e financiamento a desempenhar no estabelecimento de finanças sustentáveis, incluindo o fornecimento de linhas de crédito aos agricultores que aderem a critérios de sustentabilidade mais elevados ou apoio para ampliar soluções inovadoras para os desafios da sustentabilidade. Nossas estimativas dos impactos do consumo final destacam as responsabilidades substanciais também de outros países da UE, como a Espanha, que atualmente não é signatária da declaração, mas poderia ser um ponto focal para a influência política direcionada por signatários existentes (Tabela 1).

Embora a Holanda possa ter alguma influência por causa de seus grandes volumes de comércio, seu portfólio diversificado de comerciantes pode tornar os processos de política mais complexos e contestados. Em contraste com outros países da AD, uma grande proporção da soja exportada para (e através) a Holanda vem de comerciantes sem compromissos de desmatamento zero. Portanto, mesmo se aqueles com compromissos existentes fossem cumpridos, isso capturaria apenas metade da soja do Cerrado comercializada através da Holanda (Figura 3 e Apêndice SI, Tabela S3). Trabalhar com países que importam diretamente volumes substancialmente menores, como Reino Unido, França e Alemanha, pode ajudar o governo da Holanda a encorajar comerciantes ainda não comprometidos, mas importantes, como Caramuru e Granol a assinarem metas para eliminar o desmatamento de suas cadeias de abastecimento .

Existem várias fontes de incerteza nos modelos apresentados, por exemplo, na modelagem da cobertura do solo, estimativa da perda de biodiversidade, modelagem do comércio e variabilidade ano a ano das cadeias de abastecimento. A informação explícita Trase espacialmente sobre a Produção de modelo de produção e de exportação subnacional Consumo de Sistemas (SEI-PCS) é construído a partir de estatísticas governamentais chave e dados que são compilados para calcular a produtividade agrícola e recolher o

imposto sobre a receita s . Isso permite uma confiança considerável neste aspecto da modelagem. O modelo Input-Output Trade Analysis (IOTA) empregado na análise é um dos vários modelos multirregionais de input-output (MRIOs) que estão disponíveis globalmente, todos os quais fornecerão resultados quantitativos um tanto diferentes devido às diferenças em sua construção. Nossos resultados são ilustrativos dos impactos que diferentes países podem ter, destacando a heterogeneidade que é esperada em todo o sistema de comércio. O uso de tais informações na avaliação de risco ou tomada de decisão da cadeia de abastecimento deve considerar as suposições feitas e as limitações associadas das abordagens de modelagem. Uma análise mais direcionada (por exemplo, de cadeias de suprimentos específicas olhando para espécies prioritárias específicas) se beneficiaria de análises de sensibilidade adicionais para explorar como as mudanças nas suposições podem afetar as conclusões. Usamos dados de comércio de 2011 em nossas análises que fornecem um instantâneo de um sistema dinâmico, particularmente nas fronteiras mais ativas de expansão agrícola. Qualquer intervenção deve ser baseada em análises multitemporais de padrões e tendências espaciais, bem como engajamento iterativo com as partes interessadas para garantir sua precisão e relevância. No entanto, por causa dos investimentos em infraestrutura (como silos e instalações de britagem) e conhecimento e interdependências entre os atores, esperamos que os comerciantes permaneçam relativamente conectados a locais de produção específicos durante um período de 3 a 5 anos, com mudanças mais significativas ocorrendo em períodos mais longos (referências 20, 31 e 32; ver análises suplementares no Apêndice SI, Figs. S3 e S4). Compreender como os dados disponíveis em nossa estrutura podem ser usados para ajudar a determinar a responsabilidade pelos impactos que ocorrem em um cenário comercial dinâmico, onde os impactos podem ocorrer vários anos antes das atividades comerciais, merece um foco de pesquisa adicional.

CONCLUSÃO

Atualmente, muitos compromissos de sustentabilidade são pouco mais do que declarações de intenções e um reconhecimento de que as coisas precisam mudar. Atender a esses compromissos exige que a ação coletiva seja ampliada por meio de parcerias com várias partes interessadas, abordagens em escala de paisagem e iniciativas público-privadas. Identificar os vínculos entre a intensificação e a expansão da produção de commodities agrícolas e a demanda que a impulsiona é um primeiro passo vital para envolver os atores políticos e privados com maior responsabilidade e influência. Oferecemos uma estrutura altamente flexível para fornecer uma variedade de percepções práticas às partes interessadas nas cadeias de suprimentos de commodities internacionais. As empresas podem usar essas informações para entender os riscos em suas cadeias de suprimentos, enquanto a sociedade civil, os consumidores e os acionistas podem usá-las para exigir que governos e empresas prestem contas de seus compromissos. Os investidores também estão cada vez mais interessados em compreender os riscos ambientais e sociais associados ao investimento, e isso provavelmente aumentará à medida que as iniciativas de transparência vinculam mais precisamente os danos ambientais causados pela produção de commodities aos sistemas financeiros até então opacos que os sustentam.

A alta resolução espacial de nosso modelo de comércio que rastreia a produção e os fluxos subnacionais é um grande avanço por 2 razões: primeiro, por aumentar a credibilidade e representação espacial das estimativas de impacto ambiental e, segundo, por transformar nossa capacidade de conceber e implementar respostas. Por exemplo, os ativistas podem usar os impactos sobre as espécies-bandeira para conquistar o apoio de grupos de consumidores e promover o consumo responsável entre os atores da cadeia de abastecimento. Modelos de alta resolução nos permitem desenvolver estratégias de gestão do uso da terra para direcionar áreas específicas para melhorar a produtividade, reservando áreas para proteção em paisagens de expansão ou expandindo a produção em terras degradadas de acordo com o nível de endemicidade ou de impactos históricos sobre a biodiversidade. De forma mais geral, a resolução espacial demonstrada aqui permite o desenvolvimento de estimativas mais confiáveis para um conjunto de indicadores de impactos ambientais e sociais. Esta métrica em nível de espécie complementa, em vez de substituir, outras medidas de perda de biodiversidade com base na perda de ecossistemas (como a perda do Cerrado ou desmatamento) (por exemplo, referências 35 e 36). Tomados em conjunto, eles fornecem um

quadro mais completo de como o comércio de uma commodity como a soja gera perdas imediatas e de longo prazo e tem impactos em escalas que vão do local ao global. Também permite a avaliação da complementaridade ou trade-offs entre, por exemplo, proteger florestas versus espécies endêmicas.

Nossa abordagem é aplicável a uma ampla gama de commodities agrícolas comercializadas globalmente. No entanto, para “catalisar uma corrida ao topo”, os atores também devem ser apoiados por mecanismos que permitam e reconheçam melhorias iterativas. Sem esses mecanismos, lançar luz sobre os problemas de sustentabilidade dentro de cadeias de abastecimento específicas pode fazer com que os atores mudem para regiões de produção diferentes, em vez de melhorar as práticas em áreas vulneráveis, ou começar a fornecer regiões consumidoras sem compromissos de eliminar o desmatamento ou onde a pressão do consumidor é atualmente menor. Antecipar esse “vazamento” entre áreas, países e, de fato, diferentes safras de commodities é vital. Nesse contexto, nossa capacidade de documentar as relações entre o país e o comerciante provavelmente terá um papel importante. Muitos dos maiores comerciantes vêm de vários países produtores, vendem seus produtos globalmente e têm atividades que abrangem várias commodities. Esse alcance global pode permitir que iniciativas de sustentabilidade bem-sucedidas se expandam rapidamente para outras regiões e commodities. Ao permitir o monitoramento das mudanças dos comerciantes entre os mercados, nossa estrutura também pode ajudar a minimizar o vazamento, garantindo que os compromissos de sustentabilidade se apliquem às operações das empresas. Além disso, devido ao papel dominante que relativamente poucos comerciantes detêm como um nexo dos fluxos globais de commodities, a pressão das principais economias, como os países da AD, para melhorar os padrões ambientais pode levar a melhorias na sustentabilidade das cadeias de abastecimento para outras regiões consumidoras.

MÉTODOS

Compilamos e integramos as fontes de dados existentes, vinculando abordagens complementares para derivar informações sobre os padrões de consumo que impulsionam o declínio das espécies e esclarecem as cadeias de abastecimento envolvidas (Apêndice SI, Figura S5). Os MRIOs existentes usam dados sobre transações financeiras intersetoriais para representar o comércio e o consumo globais completos, mas sacrificam os detalhes específicos das commodities e a resolução espacial. Por outro lado, as análises de fluxo de material - descrições do movimento físico de mercadorias - podem ser usadas para rastrear a produção e o comércio de mercadorias individuais, mas geralmente capturam apenas uma parte da cadeia de abastecimento (40). Portanto, desenvolvemos um MRIO hibridizado para o comércio de soja que combina análises tradicionais de entrada e saída com dados subnacionais de fluxo de material altamente detalhados do modelo SEI-PCS que sustenta a plataforma Trase (36, 41) (Apêndice SI). Usávamos isso para desvendar as atividades dos produtores, comerciantes e consumidores. Ligamos os modelos a estimativas de perdas de espécies por espécies de habitat adequado para derivar uma medida do impacto da biodiversidade que leva em conta as diferenças específicas das espécies em tamanhos de alcance, sensibilidades para mudanças no uso da terra e perda histórica de habitat (17) (Apêndice SI, Fig. S5). Nós nos concentramos nos impactos da produção de soja em 2000 a 2010 usando dados de perda de habitat de 2000 a 2010 e dados de comércio de soja em 2011. Escolhemos este período de alocação (ou seja, atribuindo perdas de 2000 a 2010 a 2011) porque pode levar vários anos a partir de desmatamento inicial para eventual colheita e comercialização de soja.

TRANSLATED VERSION: FRENCH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUITE: FRANÇAIS

Voici une traduction approximative des idées présentées ci-dessus. Cela a été fait pour donner une compréhension générale des idées présentées dans le document. Veuillez excuser toutes les erreurs grammaticales et ne pas tenir les auteurs originaux responsables de ces erreurs.

INTRODUCTION

Les espèces sont perdues à 1 à 2 ordres de grandeur au-dessus des taux de base, les plus grandes pertes résultant de la conversion et de la dégradation de l'habitat, en particulier l'appropriation pour l'agriculture. Une grande partie de l'impact de la production de cultures vivrières dans les régions tropicales riches en biodiversité est associée aux produits destinés à l'exportation, et jusqu'à 80 à 99% de l'impact sur la biodiversité de la consommation des cultures vivrières dans les pays industrialisés est encouru à l'étranger. Les travaux reliant les menaces de la biodiversité aux flux financiers mondiaux au niveau national indiquent qu'au moins 30% des menaces pesant sur les espèces mondialement menacées sont liées au commerce international. La reconnaissance croissante du rôle de la consommation mondiale dans la cause de dommages environnementaux éloignés ailleurs a conduit à un certain nombre d'engagements des secteurs privé et public pour réduire ces impacts, en particulier dans les chaînes d'approvisionnement des produits agricoles. Cependant, notre capacité à surveiller de manière pratiquement utile si les gouvernements ou les entreprises progressent vers ces engagements a été limitée.

Pour concevoir et surveiller des solutions pour une production et une consommation durables, nous devons connaître l'emplacement des zones de production avec une précision spatiale élevée et comprendre les impacts de la production sur la biodiversité dans ces lieux. Fondamentalement, nous devons également comprendre comment les impacts sont liés aux chaînes d'approvisionnement mondialisées et aux principaux acteurs impliqués. Les progrès en matière de durabilité dans les chaînes d'approvisionnement nécessiteront des objectifs clairs et mesurables, des voies pour les atteindre et une responsabilité. De plus, les engagements des différentes parties prenantes ne fonctionnent pas de manière isolée et, lorsqu'ils sont alignés, peuvent se renforcer mutuellement. Cependant, le manque de méthodes et de données pour intégrer les perspectives politiques et commerciales empêche la conception et la mise en œuvre de stratégies visant à créer des opportunités ou à réglementer des activités plus durables.

Ici, nous combinons des modèles de flux de matériaux, économiques et de biodiversité de pointe qui lient la demande, le commerce, la production et l'impact. Nous utilisons une estimation des pertes au niveau des espèces, qui nous permet de différencier les habitats qui abritent les espèces les plus vulnérables de ceux qui ne le font pas mais qui sembleraient similaires ou identiques si des classifications plus larges (par exemple, «forêt» ou «végétation naturelle») étaient utilisées. Nos résultats révèlent les impacts du commerce des produits agricoles sur la biodiversité avec une résolution spatiale, sectorielle, opérationnelle et taxonomique sans précédent.

Nous utilisons notre cadre pour répondre à 4 questions qui, ensemble, fournissent des informations pour réduire les pertes de biodiversité associées à la demande de produits agricoles. Premièrement, quels pays et quels secteurs ont des impacts? Comprendre le rôle des modes de consommation spécifiques et les responsabilités des consommateurs du monde entier contribue à éclairer l'élaboration des politiques nationales et internationales. Deuxièmement, quels sont les rôles relatifs des différents négociants en matières premières? Des informations détaillées sur la chaîne d'approvisionnement peuvent aider à identifier et développer des partenariats pour des solutions. Troisièmement, quels sont les impacts sur les espèces de premier plan et les assemblages d'espèces importants? Des informations hautement résolues sur les impacts de la biodiversité peuvent galvaniser le soutien des groupes de consommateurs et fournir des informations pour des interventions particulières autour d'espèces spécifiques et des points chauds à risque. Quatrièmement, comment les engagements gouvernementaux et privés se chevauchent-ils? Comprendre les engagements des divers acteurs le long de la chaîne d'approvisionnement peut aider à identifier où les engagements coïncident et donc où les actions pourraient être alignées pour se renforcer mutuellement.

Nous travaillons à travers notre cadre en utilisant l'exemple de la production de soja brésilienne. Le Brésil est l'un des plus grands producteurs et exportateurs mondiaux de soja, un produit d'importance mondiale intégré à de nombreux produits alimentaires, en particulier en raison de son utilisation comme source de protéines dans l'alimentation animale. Au Brésil, la production de soja est étroitement associée au Cerrado, qui est la plus grande région de savane d'Amérique du Sud et abrite environ 5% de la biodiversité mondiale, y compris plus de 4 800 espèces de plantes et de vertébrés que l'on ne trouve nulle part ailleurs. C'est également l'une des frontières les plus importantes de l'expansion agricole au monde, avec de nombreuses espèces menacées. Notre approche permet de mieux comprendre les liens entre les marchés, les commerçants de soja et les pertes de biodiversité au point de production. Nous les considérons dans le contexte de 2 engagements collectifs de haut niveau: la Déclaration de New York sur les forêts, une déclaration volontaire de parties privées, publiques et tierces avec un engagement à mettre fin à la perte de forêts d'ici 2030, et la Déclaration d'Amsterdam, un engagement de 7 pays européens à éliminer la déforestation des filières agricoles. Ces engagements sont une reconnaissance du fait que les choses doivent changer; cependant, pour les atteindre, il faut intensifier considérablement l'action.

RÉSULTATS

Quels Sont les Pays et Secteurs qui ont des Répercussions?

Les informations qui identifient les rôles relatifs des différents pays - et des secteurs en leur sein - peuvent guider une action cohérente entre les pays consommateurs pour favoriser des pratiques de production plus durables et fournir un soutien aux principaux acteurs de l'industrie. Les 10 principaux pays importateurs de soja incorporé du Cerrado sont asiatiques, européens et nord-américains (tableau 1). Cependant, alors que la demande internationale, en particulier de la Chine, est à l'origine de plus de la moitié des impacts du soja sur la biodiversité endémique du Cerrado, le marché intérieur est responsable de la plus grande part de tous les pays, la consommation dans tout le Brésil étant à l'origine de 45% des impacts liés au soja (Tableau 1 et annexe SI, tableau S1). Nous considérons ces résultats par rapport aux engagements pris au niveau national à l'égard de 2 déclarations clés qui visent à aider les entreprises à éliminer la déforestation des chaînes d'approvisionnement en produits agricoles. Le premier est la Déclaration de New York sur les forêts. Cela a été signé au niveau des autorités nationales ou locales par la plupart des pays ayant les plus grands impacts sur la biodiversité liés au soja dans le Cerrado brésilien, mais les 2 pays avec les plus grands impacts sont notoirement absents (tableau 1). La seconde est la Déclaration d'Amsterdam, pour laquelle 5 des 7 signataires européens figurent parmi les 10 principaux importateurs d'impacts sur la biodiversité du soja dans le Cerrado: Italie, France, Allemagne, Royaume-Uni et Pays-Bas (tableau 1).

Parallèlement à la quantité de soja consommée, l'impact par unité consommée varie également fortement d'un pays à l'autre. Le Brésil et l'Italie, par exemple, ont plus de deux fois plus d'impact par unité de soja consommée que la Chine, la France ou les États-Unis. Les 2 plus grands pays consommateurs, le Brésil et la Chine, consomment des quantités similaires de soja du Cerrado mais présentent respectivement des impacts particulièrement élevés et faibles par tonne (Fig. 1A). Ces différences proviennent des différences de pertes de biodiversité dans les municipalités d'où proviennent certaines chaînes d'approvisionnement en soja. En combinant des données commerciales à haute résolution avec des impacts sur la biodiversité, nous constatons que la demande des consommateurs brésiliens a été plus largement satisfaite par les municipalités du centre et du sud du Cerrado, où la richesse endémique est plus élevée et les impacts sont donc plus importants (Fig.1 B et C et Annexe SI, Fig. S1). La demande chinoise, en revanche, a été satisfaite à partir d'une zone plus concentrée du nord-est (figure 1C).

En liant les flux de matières directes aux données financières mondiales, notre approche prend également en compte à la fois les réexportations de soja (par exemple, une grande partie du soja consommé en Europe arrive via des ports aux Pays-Bas, d'où il est réexporté) et la consommation de soja incorporé dans d'autres produits, comme la viande nourrie avec des aliments dérivés du soja. Les Pays-Bas sont une plaque tournante du commerce mondialement importante, recevant une grande partie du soja en provenance directe du Brésil vers l'Union européenne (UE) (Fig. 1D). Cependant, le suivi des chaînes d'approvisionnement

uniquement jusqu'au pays de première importation surestime considérablement le rôle du pays en tant que moteur de la perte de biodiversité, tandis que pour d'autres pays de la Déclaration d'Amsterdam (AD), leur rôle est considérablement sous-estimé à moins que nous ne prenions en compte les réexportations et la consommation intégrée de soja (Fig. 1D).

Les facteurs sectoriels de la perte de biodiversité varient considérablement d'un pays à l'autre. Dans le cas des pays AD, en particulier l'Allemagne et le Royaume-Uni, nos résultats mettent en évidence l'importance de la consommation des «autres viandes» (principalement porc et volaille) (Fig. 1E). Pour l'Italie et la Norvège, en revanche, les secteurs laitier et bovin contribuent pour une part relativement plus importante de leur empreinte sur la biodiversité.

Quels Sont les Rôles Relatifs des Différents Commerçants?

Pour le Cerrado, nous estimons qu'entre 2000 et 2010, 33% des impacts du soja sur les espèces endémiques se situaient dans l'État de Goiás, qui n'occupe que 16% du biome (Annexe SI, Fig. S2 et Tableau S2). Sur 41 négociants exportant du soja de Goiás en 2011, les 10 premiers représentent 91% des exportations. La désagrégation des données au niveau de la municipalité révèle la nature hautement groupée des opérations de l'entreprise (Annexe SI, Fig. S2). Le plus gros exportateur de chaque municipalité représente en moyenne 97% des exportations. Seuls 5 commerçants représentent toutes les exportations de soja des 3 municipalités les plus touchées, qui, ensemble, subissent 56% des pertes de biodiversité dues au soja de l'État, mais couvrent moins de 4% de la superficie.

Quels Sont les Impacts sur Les Espèces à Profil Élevé et les Assemblages D'espèces Importants?

La quantification de la manière dont la consommation entraîne les pertes d'espèces et d'habitats charismatiques, culturellement importants ou précieux peut rehausser le profil des problèmes environnementaux et mettre en évidence les impacts et les risques tangibles de l'approvisionnement dans une zone particulière. La résolution spatiale et taxonomique des modèles de composants dans notre cadre permet d'obtenir des informations spécifiques à l'espèce à petite échelle qui sont généralement masquées dans les analyses au niveau national. Pour illustrer cela, nous comparons les impacts de la perte d'habitat due au soja sur 2 espèces emblématiques, le loup à crinière (*Chrysocyon brachyurus*) et le fourmilier géant (*Myrmecophaga tridactyla*), avec les impacts sur les espèces endémiques, et les caractérisons comme des flux provenant de les pertes se produisent jusqu'au pays de consommation finale du soja lié à l'impact (Fig. 2). Cela révèle des tendances frappantes résultant des différences entre les menaces auxquelles sont confrontées les différentes espèces et des différences d'approvisionnement entre les pays consommateurs. Par exemple, la majorité de l'impact de l'UE sur le loup à crinière se situe dans le Mato Grosso, tandis que pour le Brésil, c'est dans d'autres États. Cela a des implications pour le ciblage des interventions de conservation par les acteurs en aval qui souhaitent atténuer les impacts spécifiques associés à leurs activités. Nous avons également constaté que l'aire de répartition du fourmilier géant a été plus fortement affectée par la perte d'habitat passée que celle du loup à crinière [qui tolère mieux les pâturages et les terres arables] et que l'UE a joué un rôle important dans les pertes récentes, avec des impacts principalement Mato Grosso. Contrairement au loup à crinière et au fourmilier géant, les pertes à Goiás et au Distrito Federal dominent les impacts sur les espèces endémiques, en grande partie en raison du nombre élevé d'espèces endémiques, en particulier de plantes, trouvées dans ces États (Fig.2 et Annexe SI, Fig. S1).

Comment les Engagements Gouvernementaux et Privés se Chevauchent-ils?

En 2011, les entreprises avec des engagements zéro déforestation étaient responsables de ~ 80% des importations de soja pour la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni (fig. 3 et annexe SI, tableau S3). Les Pays-Bas, en revanche, ont une base de fournisseurs plus diversifiée, avec ~ 50% fournis par des commerçants avec des engagements de zéro déforestation.

DISCUSSION

Il est encourageant de constater que de nombreux pays et commerçants les plus exposés aux risques de déforestation et de perte de biodiversité dans leurs chaînes d'approvisionnement se sont joints à des déclarations très médiatisées pour éliminer la déforestation de leurs chaînes d'approvisionnement. Cependant, les engagements des entreprises à réduire la déforestation dans les

chaînes d'approvisionnement varient considérablement dans leurs détails, leur ambition et leur signification. Comprendre l'alignement entre les engagements du gouvernement et des commerçants aidera à identifier où l'action doit être concentrée, à révéler les points de levier potentiels et à favoriser des solutions coordonnées pour les chaînes d'approvisionnement internationales qui englobent plusieurs parties prenantes à travers l'interface privé-public. Si les entreprises qui soutiennent respectent leurs engagements, cela aiderait à son tour les gouvernements à faire des progrès significatifs vers leurs propres engagements d'élimination de la déforestation et pourrait pousser la barre de durabilité plus haut pour les acteurs plus petits ou plus récents du marché européen. Au sein de nos analyses, les 2 pays ayant les impacts globaux les plus importants, le Brésil et la Chine, n'ont pas encore signé de déclarations clés au niveau national (notez cependant que le Mato Grosso, un important État producteur de soja au sein du Cerrado, s'est engagé sur ses produits, Conserver et inclure la stratégie, qui vise à réduire la déforestation du Cerrado de 95% et à restaurer l'habitat.

Attribuer les impacts au pays de première importation peut à la fois sous-estimer gravement (par exemple le Danemark et la Norvège) et surestimer (par exemple les Pays-Bas) les impacts attribués à la consommation finale d'un pays. Cependant, de la même manière que l'identification des principaux commerçants opérant au sein de la chaîne d'approvisionnement peut aider à identifier d'importantes opportunités d'intervention, de même que l'identification des pôles commerciaux les plus importants. Les Pays-Bas sont le plus grand importateur de soja en Europe et le deuxième exportateur de produits agricoles au monde. Elle transforme également ~ 25% de ses importations de soja pour produire des aliments pour animaux. Ces facteurs sous-tendent son rôle central dans la chaîne de valeur mondiale du soja et son rôle fondateur dans la Déclaration d'Amsterdam. Les Pays-Bas pourraient continuer d'exercer une influence disproportionnée sur les sociétés commerciales et les acheteurs en tant que pouvoir de rassemblement et point focal du dialogue et des partenariats public-privé (par exemple, Dutch Soy Coalition, Dutch Soy Working Group et Dutch Soy Platform Initiative). Le gouvernement néerlandais a également fourni un soutien aux transformateurs et aux acheteurs qui investissent dans la certification (Soy Fast Track Fund), ainsi qu'aux agriculteurs pour leur permettre de produire du soja plus durable (Farmer Support Program). En outre, les gouvernements ont un rôle important de mobilisation et de financement à jouer dans la mise en place de financements durables, y compris l'octroi de lignes de crédit aux agriculteurs qui adhèrent à des critères de durabilité plus élevés ou un soutien pour développer des solutions innovantes aux défis de la durabilité. Nos estimations des impacts de la consommation finale mettent également en évidence les responsabilités substantielles d'autres pays de l'UE, comme l'Espagne, qui n'est actuellement pas signataire de la déclaration mais pourrait être un point focal pour l'influence politique ciblée des signataires existants (tableau 1).

Si les Pays-Bas peuvent avoir une certaine influence en raison de leurs volumes importants d'échanges, leur portefeuille diversifié de négociants pourrait rendre les processus politiques plus complexes et contestés. Contrairement aux autres pays AD, une grande partie du soja exporté vers (et à travers) les Pays-Bas provient de négociants sans engagement de déforestation zéro. Par conséquent, même si ceux avec des engagements existants respectaient ces engagements, cela ne capturerait que la moitié du soja Cerrado commercialisé à travers les Pays-Bas (fig. 3 et annexe SI, tableau S3). Travailler avec des pays qui importent directement des volumes nettement plus petits, tels que le Royaume-Uni, la France et l'Allemagne, peut aider le gouvernement néerlandais à encourager les commerçants actuellement non engagés mais importants comme Caramuru et Granol à souscrire à des objectifs visant à éliminer la déforestation de leurs chaînes d'approvisionnement. .

Il existe plusieurs sources d'incertitude dans les modèles présentés, par exemple dans la modélisation de la couverture terrestre, l'estimation de la perte de biodiversité, la modélisation du commerce et la variabilité d'une année à l'autre des chaînes d'approvisionnement. Le Trase explicite Informations sur Spatialement production à la consommation des systèmes (Sei-PCS) modèle de production infranationaux et à l'exportation est construit à partir des statistiques clés du gouvernement et des données compilées pour calculer la productivité agricole et de recueillir les recettes fiscales de . Cela permet une confiance considérable dans cet aspect de la modélisation. Le modèle d'analyse du commerce des entrées-sorties (IOTA) utilisé dans l'analyse est l'un des nombreux modèles d'entrées-sorties (MRIO) multirégionaux

disponibles dans le monde, qui fourniront tous des résultats quantitatifs quelque peu différents en raison de différences dans leur construction. Nos résultats illustrent les impacts que pourraient avoir différents pays, soulignant l'hétérogénéité attendue dans le système commercial. L'utilisation de ces informations dans l'évaluation des risques ou la prise de décision de la chaîne d'approvisionnement doit tenir compte des hypothèses formulées et des limites associées des approches de modélisation. Une analyse plus ciblée (par exemple, des chaînes d'approvisionnement particulières examinant des espèces prioritaires spécifiques) bénéficierait d'analyses de sensibilité plus poussées pour explorer comment les changements d'hypothèses pourraient affecter les conclusions. Nous utilisons les données commerciales de 2011 dans nos analyses qui fournissent un aperçu d'un système dynamique, en particulier aux frontières les plus actives de l'expansion agricole. Toute intervention doit être basée sur des analyses multitemporelles des modèles spatiaux et des tendances, ainsi que sur un engagement itératif avec les parties prenantes pour garantir leur exactitude et leur pertinence. Cependant, en raison des investissements dans les infrastructures (telles que les silos et les installations de concassage) et les connaissances et les interdépendances entre les acteurs, nous nous attendons à ce que les commerçants restent relativement connectés à des sites de production particuliers sur une période de 3 à 5 ans, des changements plus importants se produisant sur de plus longues périodes. (réf. 20, 31 et 32; voir les analyses supplémentaires dans l'annexe SI, figures S3 et S4). Comprendre comment les données disponibles dans notre cadre pourraient être utilisées pour aider à déterminer la responsabilité des impacts survenant dans un paysage commercial dynamique, où les impacts peuvent survenir plusieurs années avant les activités de trading, mérite une recherche supplémentaire.

CONCLUSION

À l'heure actuelle, de nombreux engagements en matière de développement durable ne sont guère plus que des déclarations d'intention et une reconnaissance du fait que les choses doivent changer. Pour tenir ces engagements, il faut intensifier l'action collective grâce à des partenariats multipartites, des approches à l'échelle du paysage et des initiatives public-privé. Identifier les liens entre l'intensification et l'expansion de la production de produits agricoles et la demande qui la motive est une première étape vitale pour engager les acteurs politiques et privés ayant la plus grande responsabilité et influence. Nous fournissons un cadre très flexible pour fournir une gamme d'informations pratiques aux parties prenantes dans les chaînes d'approvisionnement internationales de produits de base. Les entreprises peuvent utiliser ces informations pour comprendre les risques dans leurs chaînes d'approvisionnement, tandis que la société civile, les consommateurs et les actionnaires peuvent les utiliser pour obliger les gouvernements et les entreprises à rendre compte de leurs engagements. Les investisseurs s'intéressent également de plus en plus à la compréhension des risques environnementaux et sociaux liés aux investissements, ce qui augmentera probablement à mesure que les initiatives de transparence lieront plus précisément les dommages environnementaux causés par la production de matières premières aux systèmes financiers jusqu'ici opaques qui la sous-tendent.

La haute résolution spatiale de notre modèle commercial de suivi de la production et des flux infranationaux est une avancée majeure pour 2 raisons: premièrement, pour améliorer la crédibilité et la représentation spatiale des estimations de l'impact environnemental et, deuxièmement, pour transformer notre capacité à concevoir et à mettre en œuvre des réponses. Par exemple, les militants peuvent utiliser les impacts sur les espèces phares pour galvaniser le soutien des groupes de consommateurs et promouvoir une consommation responsable parmi les acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Les modèles à plus haute résolution nous permettent de développer des stratégies de gestion de l'utilisation des terres pour cibler des zones particulières pour améliorer les rendements, réserver des zones de protection dans les paysages d'expansion, ou étendre la production vers des terres dégradées en fonction du niveau d'endémicité ou des impacts historiques sur la biodiversité. Plus généralement, la résolution spatiale démontrée ici permet le développement d'estimations plus crédibles pour une suite d'indicateurs d'impacts environnementaux et sociaux. Cette mesure au niveau de l'espèce complète, plutôt que remplace, d'autres mesures de la perte de biodiversité basées sur la perte d'écosystèmes (comme la perte du Cerrado ou la déforestation) (par exemple, réf. 35 et 36). Prises ensemble, elles donnent une image plus complète de la façon dont le commerce d'un

produit comme le soja entraîne des pertes à la fois immédiates et à long terme et a des impacts à des échelles allant du plus local au plus mondial. Il permet également d'évaluer la complémentarité ou les compromis entre, par exemple, la protection des forêts et les espèces endémiques.

Notre approche s'applique à une large gamme de produits agricoles commercialisés à l'échelle mondiale. Cependant, pour «catalyser une course au sommet», les acteurs doivent également être soutenus par des mécanismes qui permettent et reconnaissent les améliorations itératives. Sans ces mécanismes, faire la lumière sur les problèmes de durabilité au sein de chaînes d'approvisionnement particulières peut amener les acteurs à se déplacer vers différentes régions de production, plutôt que d'améliorer les pratiques dans les zones vulnérables, ou à commencer à approvisionner les régions consommatrices sans engagement à éliminer la déforestation ou là où la pression des consommateurs est actuellement plus faible. Il est vital de prévoir de telles «fuites» entre les régions, les pays et, en fait, les différentes cultures de base. Dans ce contexte, notre capacité à documenter les relations entre les pays et les commerçants jouera probablement un rôle important. Bon nombre des plus grands négociants s'approvisionnent dans plusieurs pays producteurs, vendent leurs produits dans le monde entier et ont des activités qui couvrent plusieurs produits. Cette portée mondiale peut permettre aux initiatives de durabilité réussies de s'étendre rapidement à d'autres régions et produits de base. En permettant le suivi des déplacements des commerçants entre les marchés, notre cadre peut également aider à minimiser les fuites en garantissant que les engagements de durabilité s'appliquent à toutes les opérations des entreprises. De plus, en raison du rôle dominant qu'occupent relativement peu de commerçants en tant que lien entre les flux mondiaux de produits de base, la pression exercée par les principales économies, telles que les pays de la DA, pour améliorer les normes environnementales pourrait conduire à des améliorations de la durabilité des chaînes d'approvisionnement vers d'autres régions consommatrices.

MÉTHODES

Nous avons compilé et intégré des sources de données existantes, reliant des approches complémentaires pour obtenir des informations sur les modes de consommation entraînant le déclin des espèces et éclairant les chaînes d'approvisionnement impliquées (Annexe SI, Fig. S5). Les MRIO existantes utilisent des données sur les transactions financières intersectorielles pour représenter l'intégralité du commerce et de la consommation mondiaux, mais sacrifient les détails spécifiques aux produits et la résolution spatiale. Inversement, les analyses des flux de matières - descriptions du mouvement physique des produits - peuvent être utilisées pour suivre la production et le commerce de produits individuels, mais ne capturent généralement qu'une partie de la chaîne d'approvisionnement (40). Nous avons donc développé une MRIO hybridée pour le commerce du soja qui combine des analyses d'entrée-sortie traditionnelles avec des données infranationales très détaillées sur les flux de matières du modèle SEI-PCS sous-tendant la plateforme Trase (36, 41) (annexe SI). Nous les avons utilisés pour démasquer les activités des producteurs, des commerçants et des consommateurs. Nous avons lié les modèles à des estimations des pertes d'espèce par espèce d'habitat convenable pour obtenir une mesure de l'impact sur la biodiversité qui tient compte des différences spécifiques aux espèces dans la taille des aires de répartition, les sensibilités au changement d'utilisation des terres et la perte historique d'habitat (17) (Annexe SI, Fig. S5). Nous nous sommes concentrés sur les impacts de la production de soja de 2000 à 2010 en utilisant les données sur la perte d'habitat de 2000 à 2010 et les données sur le commerce du soja pour 2011. Nous avons choisi cette période d'allocation (c.-à-d. Attribuer les pertes de 2000 à 2010 à 2011) car elle peut prendre plusieurs années à partir de défrichage initial des terres jusqu'à la récolte et la vente de soja.

TRANSLATED VERSION: GERMAN

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

ÜBERSETZTE VERSION: DEUTSCH

Hier ist eine ungefähre Übersetzung der oben vorgestellten Ideen. Dies wurde getan, um ein allgemeines Verständnis der in dem Dokument vorgestellten Ideen zu vermitteln. Bitte entschuldigen Sie alle grammatikalischen Fehler und machen Sie die ursprünglichen Autoren nicht für diese Fehler verantwortlich.

EINFÜHRUNG

Arten gehen in einer Größenordnung von 1 bis 2 Größenordnungen über den Hintergrundraten verloren, wobei die größten Verluste auf die Umwandlung und Verschlechterung des Lebensraums, insbesondere die Aneignung für die Landwirtschaft, zurückzuführen sind. Ein Großteil der Auswirkungen der Nahrungsmittelproduktion in tropischen Regionen mit biologischer Vielfalt hängt mit Waren zusammen, die für den Export bestimmt sind, und 80 bis 99% der Auswirkungen des Verbrauchs von Nahrungsmitteln in Industrieländern auf die biologische Vielfalt fallen im Ausland an. Arbeiten zur Verknüpfung von Bedrohungen der biologischen Vielfalt mit globalen Finanzströmen auf Länderebene zeigen, dass mindestens 30% der Bedrohungen für global bedrohte Arten mit dem internationalen Handel zusammenhängen. Die zunehmende Anerkennung der Rolle des globalen Verbrauchs bei der Bekämpfung von Umweltschäden in anderen Regionen hat zu einer Reihe von Verpflichtungen des privaten und öffentlichen Sektors geführt, diese Auswirkungen zu verringern, insbesondere in Lieferketten für Agrarrohstoffe. Unsere Fähigkeit, praktisch nützliche Details zu überwachen, ob Regierungen oder Unternehmen Fortschritte bei der Umsetzung dieser Verpflichtungen erzielen, war jedoch begrenzt.

Um Lösungen für eine nachhaltige Produktion und einen nachhaltigen Verbrauch zu entwickeln und zu überwachen, müssen wir den Standort der Produktionsbereiche mit einem hohen Maß an räumlicher Genauigkeit kennen und die Auswirkungen der Produktion auf die biologische Vielfalt an diesen Orten verstehen. Entscheidend ist auch, dass wir verstehen, wie die Auswirkungen mit globalisierten Lieferketten und den beteiligten Hauptakteuren zusammenhängen. Fortschritte bei der Nachhaltigkeit in Lieferketten erfordern klare und messbare Ziele, Wege zu deren Erreichung und Rechenschaftspflicht. Darüber hinaus arbeiten die Verpflichtungen verschiedener Interessengruppen nicht isoliert und können sich gegenseitig verstärken, wenn sie aufeinander abgestimmt sind. Der Mangel an Methoden und Daten zur Integration von politischen und geschäftlichen Perspektiven verhindert jedoch die Konzeption und Umsetzung von Strategien zur Schaffung von Chancen oder zur Regulierung eines nachhaltigeren Geschäfts.

Hier kombinieren wir hochmoderne Materialfluss-, Wirtschafts- und Biodiversitätsmodelle, die Nachfrage, Handel, Produktion und Auswirkungen miteinander verbinden. Wir verwenden eine Schätzung des Verlusts auf Artenebene, die es uns ermöglicht, Lebensräume, in denen die am stärksten gefährdeten Arten leben, von solchen zu unterscheiden, die dies nicht tun, die jedoch ähnlich oder identisch erscheinen würden, wenn breitere Klassifikationen (z. B. „Wald“ oder „natürliche Vegetation“) vorgenommen würden. Unsere Ergebnisse zeigen die Auswirkungen des Handels mit Agrarrohstoffen auf die biologische Vielfalt mit einer beispiellosen räumlichen, sektoralen, operativen und taxonomischen Lösung.

Wir verwenden unseren Rahmen, um 4 Fragen zu beantworten, die zusammen Informationen zur Reduzierung der mit der Nachfrage nach Agrarrohstoffen verbundenen Verluste an biologischer Vielfalt liefern. Erstens: Welche Länder und Sektoren haben Auswirkungen? Das Verständnis der Rolle spezifischer Konsummuster und der Verantwortung der Verbraucher auf der ganzen Welt hilft bei der Information der nationalen und internationalen Politikgestaltung. Zweitens, welche relativen Rollen haben verschiedene Rohstoffhändler? Detaillierte Informationen zur Lieferkette können dazu beitragen, Partnerschaften für Lösungen zu identifizieren und zu entwickeln. Drittens, was sind die Auswirkungen auf hochkarätige Arten und wichtige Artengruppen? Hochaufgelöste Informationen zu Auswirkungen auf die biologische Vielfalt können die Unterstützung von Verbrauchergruppen anregen und Informationen für bestimmte Interventionen in Bezug auf bestimmte Arten und Risikoherde liefern. Viertens, wie überschneiden sich staatliche und private Verpflichtungen? Das Verständnis der Verpflichtungen verschiedener Akteure entlang der Lieferkette kann dazu beitragen, festzustellen, wo Verpflichtungen

zusammenfallen und daher Maßnahmen aufeinander abgestimmt werden können, um sich gegenseitig zu stärken.

Wir arbeiten unser Framework am Beispiel der brasilianischen Sojaproduktion durch. Brasilien ist einer der weltweit größten Produzenten und Exporteure von Soja, einem weltweit wichtigen Rohstoff, der in vielen Lebensmitteln enthalten ist, insbesondere aufgrund seiner Verwendung als Proteinquelle in Tierfutter. In Brasilien ist die Sojaproduktion eng mit dem Cerrado verbunden, der größten Savannenregion Südamerikas, in der rund 5% der weltweiten Artenvielfalt beheimatet sind, darunter über 4.800 Pflanzen- und Wirbeltierarten, die nirgendwo anders zu finden sind. Es ist auch eine der weltweit wichtigsten Grenzen der landwirtschaftlichen Expansion, da viele seiner Arten einer ernsthaften Bedrohung ausgesetzt sind. Unser Ansatz liefert Einblicke in die Zusammenhänge zwischen Märkten, Sojahändlern und Biodiversitätsverlusten am Produktionsort. Wir betrachten dies im Zusammenhang mit zwei wichtigen kollektiven Verpflichtungen: der New Yorker Erklärung zu Wäldern, einer freiwilligen Erklärung von privaten, öffentlichen und Dritten, mit der Verpflichtung, den Waldverlust bis 2030 zu beenden, und der Amsterdamer Erklärung, eine Verpflichtung von 7 europäischen Ländern, die Entwaldung von Agrarrohstoffketten zu beseitigen. Diese Verpflichtungen sind eine Anerkennung dafür, dass sich die Dinge ändern müssen. Um sie zu erreichen, ist jedoch eine dramatische Ausweitung der Maßnahmen erforderlich.

ERGEBNISSE

Welche Länder und Sektoren wirken sich aus?

Informationen, die die relativen Rollen verschiedener Länder - und Sektoren innerhalb dieser Länder - identifizieren, können zu kohärenten Maßnahmen zwischen Verbrauchernationen führen, um nachhaltigere Produktionspraktiken voranzutreiben und wichtige Akteure der Branche zu unterstützen. Die zehn wichtigsten Länder, die eingebettetes Soja aus dem Cerrado importieren, sind asiatische, europäische und nordamerikanische (Tabelle 1). Während die internationale Nachfrage, insbesondere aus China, mehr als die Hälfte der Auswirkungen von Soja auf die endemische Artenvielfalt von Cerrado verursacht, ist der Inlandsmarkt für den größten Anteil eines Landes verantwortlich, wobei der Verbrauch in ganz Brasilien 45% der Auswirkungen auf Soja verursacht (Tabelle 1 und SI-Anhang, Tabelle S1). Wir betrachten diese Ergebnisse als Gegenleistung für die Zusagen auf Länderebene zu zwei Schlüsselerklärungen, die Unternehmen bei der Beseitigung der Entwaldung in den Lieferketten für Agrarrohstoffe unterstützen sollen. Die erste ist die New Yorker Erklärung über Wälder. Dies wurde auf nationaler oder lokaler Regierungsebene von den meisten Ländern mit den größten Auswirkungen auf die biologische Vielfalt im Zusammenhang mit Soja im brasilianischen Cerrado unterzeichnet, aber die beiden Länder mit den größten Auswirkungen fehlen merklich (Tabelle 1). Die zweite ist die Erklärung von Amsterdam, für die 5 der 7 europäischen Unterzeichner zu den zehn größten Importeuren von Auswirkungen der biologischen Vielfalt auf Soja im Cerrado gehören: Italien, Frankreich, Deutschland, das Vereinigte Königreich und die Niederlande (Tabelle 1).

Neben der Menge des konsumierten Sojas variieren die Auswirkungen pro konsumierter Einheit auch stark zwischen den Ländern. Brasilien und Italien haben beispielsweise mehr als die doppelte Auswirkung pro verbrauchter Sojaeinheit als China, Frankreich oder die Vereinigten Staaten. Die beiden größten Verbrauchsländer Brasilien und China verbrauchen ähnliche Mengen Soja aus dem Cerrado, weisen jedoch besonders hohe bzw. niedrige Auswirkungen pro Tonne auf (Abb. 1A). Diese Unterschiede ergeben sich aus Unterschieden bei den Verlusten an biologischer Vielfalt in den Gemeinden, aus denen bestimmte Lieferketten Soja beziehen. Durch die Kombination hochauflösender Handelsdaten mit Auswirkungen auf die biologische Vielfalt stellen wir fest, dass die brasilianische Verbrauchernachfrage in größerem Maße von den Gemeinden im zentralen und südlichen Cerrado gedeckt wurde, wo der endemische Reichtum höher und die Auswirkungen daher größer sind (Abb. 1 B und C und SI Anhang, Abb. S1). Die chinesische Nachfrage wurde dagegen aus einem stärker konzentrierten Gebiet im Nordosten gedeckt (Abb. 1C).

Durch die Verknüpfung direkter Materialflüsse mit globalen Finanzdaten erfasst unser Ansatz auch sowohl die Wiederausfuhren von Soja (zum Beispiel kommt ein Großteil des in Europa verbrauchten Sojas über Häfen in den Niederlanden an, von wo aus es wieder exportiert wird) als auch den Verbrauch von

eingebettetem Soja andere Produkte, z. B. in Fleisch, das mit Soja-Futtermitteln gefüttert wird. Die Niederlande sind ein weltweit wichtiges Handelszentrum, in dem ein Großteil des Sojas direkt aus Brasilien in die Europäische Union (EU) gelangt (Abb. 1D). Die Verfolgung der Lieferketten nur bis zum Land des ersten Imports überschätzt jedoch die Rolle des Landes als Treiber des Verlusts der biologischen Vielfalt erheblich, während für andere Länder der Amsterdamer Deklaration (AD) ihre Rolle erheblich unterschätzt wird, sofern wir nicht die Wiederausfuhr und den eingebetteten Verbrauch von Soja berücksichtigen (Abb. 1D).

Die sektoralen Faktoren für den Verlust der biologischen Vielfalt sind von Land zu Land sehr unterschiedlich. In den AD-Ländern, insbesondere in Deutschland und im Vereinigten Königreich, unterstreichen unsere Ergebnisse die Bedeutung des Verzehrs von „anderem Fleisch“ (hauptsächlich Schweine und Geflügel) (Abb. 1E). Für Italien und Norwegen hingegen tragen die Milch- und Rindfleischsektoren einen relativ größeren Teil zu ihrem Fußabdruck der biologischen Vielfalt bei.

Was sind die relativen Rollen verschiedener Händler?

Für den Cerrado schätzen wir, dass zwischen 2000 und 2010 33% der Auswirkungen von Soja auf endemische Arten im Bundesstaat Goiás lagen, der nur 16% des Bioms einnimmt (SI-Anhang, Abb. S2 und Tabelle S2). Von 41 Händlern, die 2011 Soja aus Goiás exportierten, machen die Top 10 91% der Exporte aus. Die Disaggregation der Daten nach Gemeindeebene zeigt, dass die Geschäftstätigkeit des Unternehmens stark gruppiert ist (SI-Anhang, Abb. S2). Der größte Exporteur in jeder Gemeinde macht durchschnittlich 97% der Exporte aus. Nur 5 Händler machen alle Sojaexporte aus den 3 am stärksten betroffenen Gemeinden aus, die zusammen 56% der durch Soja verursachten Verluste an biologischer Vielfalt des Staates verursachen, aber <4% der Fläche abdecken.

Was sind die Auswirkungen auf hochkarätige Arten und wichtige Artenzusammenstellungen?

Die Quantifizierung, wie der Konsum zu Verlusten charismatischer, kulturell wichtiger oder wertvoller Arten und Lebensräume führt, kann das Profil von Umweltproblemen schärfen und die konkreten Auswirkungen und Risiken der Beschaffung aus einem bestimmten Gebiet in den Mittelpunkt rücken. Die räumliche und taxonomische Auflösung der Komponentenmodelle in unserem Framework ermöglicht feinspezifische Informationen in kleinem Maßstab, die normalerweise in Analysen auf nationaler Ebene maskiert werden. Um dies zu veranschaulichen, vergleichen wir die Auswirkungen des Verlusts von Lebensraum durch Soja auf zwei ikonische Arten, den Mähnenwolf (*Chrysocyon brachyurus*) und den Riesenameisenbär (*Myrmecophaga tridactyla*), mit den Auswirkungen auf endemische Arten und charakterisieren diese als Flüsse aus dem Zustand, in dem die Verluste treten bis zum Land des Endverbrauchs der stoßgebundenen Soja auf (Abb. 2). Dies zeigt einige auffällige Muster, die sich aus Unterschieden zwischen den Bedrohungen für verschiedene Arten und aus Unterschieden bei der Beschaffung zwischen den Verbraucherländern ergeben. Zum Beispiel ist der größte Teil der Auswirkungen der EU auf den Mähnenwolf in Mato Grosso, während es in Brasilien in anderen Staaten ist. Dies hat Auswirkungen auf die Ausrichtung von Naturschutzmaßnahmen durch nachgeschaltete Akteure, die die mit ihren Aktivitäten verbundenen spezifischen Auswirkungen abmildern möchten. Wir haben auch festgestellt, dass die Reichweite des Riesenameisenbären durch den Verlust des Lebensraums in der Vergangenheit stärker beeinträchtigt wurde als die des Mähnenwolfs [der Weideland und Ackerland besser verträgt], und dass die EU bei den jüngsten Verlusten eine große Rolle gespielt hat, wobei die Auswirkungen hauptsächlich in den USA entstanden sind Mato Grosso. Anders als beim Mähnenwolf und Riesenameisenbär dominieren die Verluste in Goiás und Distrito Federal die Auswirkungen auf endemische Arten, was hauptsächlich auf die hohe Anzahl von Endemiten, insbesondere Pflanzen, in diesen Staaten zurückzuführen ist (Abb. 2 und SI-Anhang, Abb. S1).

Wie überschneiden sich staatliche und private Verpflichtungen?

Im Jahr 2011 Unternehmen mit Null-Abholzung Verpflichtungen waren verantwortlich für ~ 80% der Sojaimporte für Frankreich, Deutschland und das Vereinigte Königreich (Abb. 3 und SI Anhang, Tabelle S3). Niederlande, auf der anderen Seite, haben eine vielfältigere Lieferantenbasis, mit ~ 50% von Händlern mit Null-Abholzung Verpflichtungen geliefert.

DISKUSSION

Es ist ermutigend, dass viele der Länder und Händler, die in ihren Lieferketten am stärksten den Risiken der Entwaldung und des Verlusts der biologischen Vielfalt ausgesetzt sind, sich hochkarätigen Erklärungen angeschlossen haben, um die Entwaldung in ihren Lieferketten zu beseitigen. Die Verpflichtungen der Unternehmen zur Reduzierung der Entwaldung in Lieferketten unterscheiden sich jedoch stark in Detail, Ehrgeiz und Bedeutung. Das Verständnis der Abstimmung zwischen Regierungs- und Händlerverpflichtungen wird dazu beitragen, herauszufinden, wo Maßnahmen konzentriert werden sollten, potenzielle Hebelpunkte aufzudecken und koordinierte Lösungen für internationale Lieferketten zu fördern, die mehrere Interessengruppen über die privat-öffentliche Schnittstelle hinweg umfassen. Wenn unterstützende Unternehmen ihre Verpflichtungen einhalten, würde dies wiederum den Regierungen helfen, erhebliche Fortschritte in Richtung ihrer eigenen Verpflichtungen zur Beseitigung der Entwaldung zu erzielen, und könnte die Nachhaltigkeitsgrenze für kleinere oder neuere Akteure auf dem europäischen Markt höher legen. Im Rahmen unserer Analysen haben die beiden Länder mit den größten Auswirkungen insgesamt, Brasilien und China, noch keine Schlüsselerklärungen auf nationaler Ebene unterzeichnet (obwohl Mato Grosso, ein wichtiger Sojaproduktionsstaat im Cerrado, sich zu seiner Produktion verpflichtet hat). Erhaltung und Einbeziehung einer Strategie, die darauf abzielt, die Entwaldung von Cerrado um 95% zu reduzieren und den Lebensraum wiederherzustellen.

Das Zuweisen von Auswirkungen auf das Land des ersten Imports kann sowohl die Auswirkungen, die dem Endverbrauch eines Landes zugeschrieben werden, stark unterschätzen (z. B. Dänemark und Norwegen) als auch überschätzen (z. B. die Niederlande). Genauso wie die Identifizierung der wichtigsten Händler, die innerhalb der Lieferkette tätig sind, dazu beitragen kann, wichtige Interventionsmöglichkeiten zu identifizieren, kann auch die Identifizierung der wichtigsten Handelszentren erfolgen. Die Niederlande sind der größte Sojaimporteur in Europa und der zweitgrößte Exporteur von Agrarprodukten weltweit. Es verarbeitet auch ~ 25% seiner Sojaimporte zu produzierten Tierfutter. Diese Faktoren liegen seiner zentralen Rolle in der globalen Wertschöpfungskette für Soja und seiner Gründungsrolle in der Amsterdamer Erklärung zugrunde. Die Niederlande könnten weiterhin einen unverhältnismäßigen Einfluss auf Handelsunternehmen und Käufer als Einberufungsmacht und Mittelpunkt des privat-öffentlichen Dialogs und der Partnerschaften ausüben (z. B. Niederländische Soja-Koalition, Niederländische Soja-Arbeitsgruppe und Niederländische Soja-Plattform-Initiative). Die niederländische Regierung hat auch Verarbeiter und Käufer, die in Zertifizierungen investieren (Soy Fast Track Fund), sowie Landwirte unterstützt, damit sie nachhaltigeres Soja produzieren können (Farmer Support Program). Darüber hinaus spielen die Regierungen eine wichtige Einberufungs- und Finanzierungsrolle beim Aufbau einer nachhaltigen Finanzierung, einschließlich der Bereitstellung von Kreditlinien für Landwirte, die höhere Nachhaltigkeitskriterien einhalten, oder der Unterstützung bei der Skalierung innovativer Lösungen für Nachhaltigkeits Herausforderungen. Unsere Schätzungen zu den Auswirkungen des Endverbrauchs unterstreichen auch die erheblichen Verantwortlichkeiten anderer EU-Länder wie Spanien, das die Erklärung derzeit nicht unterzeichnet, aber ein Schwerpunkt für den gezielten politischen Einfluss bestehender Unterzeichner sein könnte (Tabelle 1).

Während die Niederlande aufgrund ihres großen Handelsvolumens einen gewissen Einfluss haben könnten, könnte ihr vielfältiges Portfolio an Händlern die politischen Prozesse komplexer und umstrittener machen. Im Gegensatz zu anderen AD-Ländern stammt ein großer Teil des in (und durch) die Niederlande exportierten Sojas von Händlern ohne Verpflichtungen zur Abholzung der Wälder. Selbst wenn diejenigen mit bestehenden Verpflichtungen erfüllt würden, würde dies nur die Hälfte des über die Niederlande gehandelten Cerrado-Sojas erfassen (Abb. 3 und SI-Anhang, Tabelle S3). Die Zusammenarbeit mit Ländern, die wesentlich kleinere Mengen direkt importieren, wie dem Vereinigten Königreich, Frankreich und Deutschland, könnte der niederländischen Regierung helfen, derzeit nicht gebundene, aber große Händler wie Caramuru und Granol zu ermutigen, sich Zielen zur Beseitigung der Entwaldung in ihren Lieferketten anzuschließen.

Innerhalb der vorgestellten Modelle gibt es mehrere Unsicherheitsquellen, beispielsweise bei der Modellierung der Landbedeckung, der Schätzung des Verlusts der biologischen Vielfalt, der Modellierung des Handels und der Variabilität der Lieferketten von Jahr zu Jahr. Die Trase Räumlich explizite

Informationen über Produktion bis zum Verbrauch Systeme (SEI-PCS) Modell der subnational Produktion und den Export von wichtigen Regierungs Statistiken und Daten aufgebaut , die kompiliert werden landwirtschaftliche Produktivität zu berechnen und zu sammeln Steuereinnahmen s . Dies ermöglicht ein beträchtliches Vertrauen in diesen Aspekt der Modellierung. Das in der Analyse verwendete IOTA-Modell (Input-Output Trade Analysis) ist eines von mehreren weltweit verfügbaren multiregionalen Input-Output-Modellen (MRIOS), die aufgrund unterschiedlicher Konstruktionen etwas unterschiedliche quantitative Ergebnisse liefern. Unsere Ergebnisse veranschaulichen die Auswirkungen, die verschiedene Länder haben könnten, und unterstreichen die Heterogenität, die im gesamten Handelssystem erwartet wird. Die Verwendung solcher Informationen bei der Risikobewertung oder der Entscheidungsfindung in der Lieferkette sollte die getroffenen Annahmen und die damit verbundenen Einschränkungen der Modellierungsansätze berücksichtigen. Eine gezieltere Analyse (z. B. bestimmter Lieferketten mit Blick auf bestimmte vorrangige Arten) würde von weiteren Sensitivitätsanalysen profitieren, um zu untersuchen, wie sich Änderungen der Annahmen auf die Schlussfolgerungen auswirken könnten. Wir verwenden Handelsdaten für 2011 in unseren Analysen, die eine Momentaufnahme eines dynamischen Systems liefern, insbesondere an den aktivsten Grenzen der landwirtschaftlichen Expansion. Jede Intervention sollte auf multitemporalen Analysen räumlicher Muster und Trends sowie auf einer iterativen Einbeziehung der Interessengruppen beruhen, um deren Genauigkeit und Relevanz sicherzustellen. Aufgrund der Investitionen in die Infrastruktur (wie Silos und Brechanlagen) sowie des Wissens und der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den Akteuren erwarten wir jedoch, dass die Händler über einen Zeitraum von 3 bis 5 Jahren relativ mit bestimmten Produktionsstandorten verbunden bleiben und über längere Zeiträume größere Änderungen auftreten (Lit. 20, 31 und 32; siehe ergänzende Analysen im SI-Anhang, Abb. S3 und S4). Das Verständnis, wie die in unserem Rahmen verfügbaren Daten verwendet werden können, um die Verantwortlichkeit für Auswirkungen in einer dynamischen Handelslandschaft zu bestimmen, in der Auswirkungen mehrere Jahre vor Handelsaktivitäten auftreten können, verdient zusätzlichen Forschungsschwerpunkt.

FAZIT

Derzeit sind viele Nachhaltigkeitsverpflichtungen kaum mehr als Absichtserklärungen und die Erkenntnis, dass sich die Dinge ändern müssen. Um diese Verpflichtungen zu erfüllen, müssen kollektive Maßnahmen durch Partnerschaften mit mehreren Interessengruppen, Ansätze im Landschaftsmaßstab und öffentlich-private Initiativen ausgeweitet werden. Das Erkennen von Zusammenhängen zwischen der Intensivierung und Ausweitung der Agrarrohstoffproduktion und der Nachfrage, die sie antreibt, ist ein wichtiger erster Schritt, um die politischen und privaten Akteure mit der größten Verantwortung und dem größten Einfluss einzubeziehen. Wir bieten einen hochflexiblen Rahmen, um Stakeholdern in internationalen Rohstoffversorgungsketten eine Reihe praktischer Erkenntnisse zu liefern. Unternehmen können diese Informationen verwenden, um Risiken in ihren Lieferketten zu verstehen, während Zivilgesellschaft, Verbraucher und Aktionäre sie verwenden können, um Regierungen und Unternehmen zur Rechenschaft zu ziehen, was sie zugesagt haben. Auch Investoren sind zunehmend daran interessiert, investitionsbezogene Umwelt- und Sozialrisiken zu verstehen, und dies wird wahrscheinlich zunehmen, wenn Transparenzinitiativen die durch die Rohstoffproduktion verursachten Umweltschäden genauer mit bisher undurchsichtigen Finanzsystemen verknüpfen, auf denen sie beruhen .

Die hohe räumliche Auflösung unseres Handelsmodells zur Verfolgung der Produktion und der subnationalen Ströme ist aus zwei Gründen ein großer Fortschritt: Erstens zur Verbesserung der Glaubwürdigkeit und räumlichen Darstellung von Schätzungen der Umweltauswirkungen und zweitens zur Transformation unserer Fähigkeit, Antworten zu entwickeln und umzusetzen. Zum Beispiel können Aktivisten die Auswirkungen auf Flaggschiff-Arten nutzen, um die Unterstützung von Verbrauchergruppen zu fördern und einen verantwortungsvollen Konsum über die Akteure der Lieferkette hinweg zu fördern. Modelle mit höherer Auflösung ermöglichen es uns, Strategien für das Landnutzungsmanagement zu entwickeln, um bestimmte Gebiete zur Verbesserung der Erträge, zur Rückstellung von Schutzgebieten in Expansionslandschaften oder zur Ausweitung der Produktion auf degradiertes Land entsprechend dem

Grad der Endemizität oder der historischen Auswirkungen auf die Biodiversität zu entwickeln. Allgemeiner ermöglicht die hier gezeigte räumliche Auflösung die Entwicklung glaubwürdigerer Schätzungen für eine Reihe von Indikatoren für Umwelt- und Sozialauswirkungen. Diese Metrik auf Artenebene ergänzt andere Messgrößen für den Verlust der biologischen Vielfalt, die auf dem Verlust von Ökosystemen beruhen (wie den Verlust des Cerrado oder die Entwaldung) (z. B. Lit. 35 und 36), anstatt sie zu ersetzen. Zusammengefasst liefern diese ein vollständigeres Bild davon, wie der Handel mit einer Ware wie Soja sowohl unmittelbare als auch längerfristige Verluste verursacht und sich auf Größenordnungen von sehr lokal bis global auswirkt. Es ermöglicht auch die Bewertung der Komplementarität oder der Kompromisse zwischen beispielsweise dem Schutz von Wäldern und endemischen Arten.

Unser Ansatz ist auf eine breite Palette von weltweit gehandelten Agrarrohstoffen anwendbar. Um jedoch „einen Wettlauf nach oben zu katalysieren“, müssen die Akteure auch durch Mechanismen unterstützt werden, die iterative Verbesserungen ermöglichen und erkennen. Ohne solche Mechanismen kann die Aufklärung von Nachhaltigkeitsproblemen in bestimmten Lieferketten dazu führen, dass die Akteure in andere Produktionsregionen wechseln, anstatt die Praktiken in gefährdeten Gebieten zu verbessern, oder Verbraucherregionen beliefern, ohne sich zur Beseitigung der Entwaldung zu verpflichten oder wenn der Verbraucherdruck derzeit geringer ist. Die Antizipation einer solchen „Leckage“ zwischen Gebieten, Ländern und in der Tat verschiedenen Rohstoffkulturen ist von entscheidender Bedeutung. In diesem Zusammenhang dürfte unsere Fähigkeit, Länder-Händler-Beziehungen zu dokumentieren, eine wichtige Rolle spielen. Viele der größten Händler stammen aus mehreren Erzeugerländern, verkaufen ihre Waren weltweit und haben Aktivitäten, die mehrere Waren umfassen. Diese globale Reichweite kann es erfolgreichen Nachhaltigkeitsinitiativen ermöglichen, sich schnell auf andere Regionen und Rohstoffe auszudehnen. Durch die Überwachung der Verschiebungen von Händlern zwischen Märkten kann unser Rahmen auch dazu beitragen, Leckagen zu minimieren, indem sichergestellt wird, dass Nachhaltigkeitsverpflichtungen für alle Unternehmen gelten. Aufgrund der dominierenden Rolle, die relativ wenige Händler als Nexus der globalen Rohstoffströme spielen, könnte der Druck großer Volkswirtschaften wie der AD-Länder, die Umweltstandards zu verbessern, die Nachhaltigkeit der Lieferketten für andere Verbraucherregionen verbessern.

METHODEN

Wir haben vorhandene Datenquellen zusammengestellt und integriert, komplementäre Ansätze verknüpft, um Informationen über Konsummuster abzuleiten, die zu einem Rückgang der Arten führen, und die beteiligten Lieferketten zu beleuchten (SI-Anhang, Abb. S5). Bestehende MRIOs verwenden Daten zu sektorübergreifenden Finanztransaktionen, um den gesamten globalen Handel und Verbrauch darzustellen, opfern jedoch rohstoffspezifische Details und räumliche Auflösung. Umgekehrt können Materialflussanalysen - Beschreibungen der physischen Bewegung von Waren - verwendet werden, um die Produktion und den Handel einzelner Waren zu verfolgen, erfassen jedoch im Allgemeinen nur einen Teil der Lieferkette (40). Wir haben daher ein hybridisiertes MRIO für den Sojahandel entwickelt, das traditionelle Input-Output-Analysen mit hochdetaillierten subnationalen Materialflussdaten aus dem SEI-PCS-Modell kombiniert, das der Trase-Plattform zugrunde liegt (36, 41) (SI-Anhang). Wir haben diese genutzt, um die Aktivitäten von Produzenten, Händlern und Verbrauchern herauszufiltern. Wir haben die Modelle mit Schätzungen der artenweisen Verluste eines geeigneten Lebensraums verknüpft, um ein Maß für die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt abzuleiten, das artenspezifische Unterschiede in der Reichweite, der Empfindlichkeit gegenüber Landnutzungsänderungen und dem Verlust historischer Lebensräume berücksichtigt (17) (SI-Anhang) Abb. S5). Wir haben uns auf die Auswirkungen der Sojaproduktion in den Jahren 2000 bis 2010 konzentriert, wobei wir die Daten zum Verlust des Lebensraums für die Jahre 2000 bis 2010 und die Daten zum Handel mit Soja für 2011 verwendet haben. Wir haben diesen Zuteilungszeitraum gewählt (dh die Verluste von 2000 bis 2010 bis 2011 zugeordnet), da dies mehrere Jahre dauern kann Ersträumung von Land zur eventuellen Ernte und zum Verkauf von Soja.

TRANSLATED VERSION: PORTUGUESE

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSÃO TRADUZIDA: PORTUGUÊS

Aqui está uma tradução aproximada das ideias acima apresentadas. Isto foi feito para dar uma compreensão geral das ideias apresentadas no documento. Por favor, desculpe todos os erros gramaticais e não responsabilize os autores originais responsáveis por estes erros.

INTRODUÇÃO

As espécies estão sendo perdidas em 1 a 2 ordens de magnitude acima das taxas de fundo, com as maiores perdas resultantes da conversão e degradação do habitat, particularmente apropriação para a agricultura. Muito do impacto da produção de alimentos em regiões tropicais biodiversas está associado a commodities destinadas à exportação, e até 80 a 99% do impacto da biodiversidade do consumo de alimentos em países industrializados é incorrido no exterior. O trabalho que relaciona as ameaças à biodiversidade aos fluxos financeiros globais em nível de país indica que pelo menos 30% das ameaças às espécies globalmente ameaçadas estão ligadas ao comércio internacional. O crescente reconhecimento do papel do consumo global em causar danos ambientais remotos em outros lugares levou a uma série de compromissos dos setores público e privado para reduzir esses impactos, particularmente nas cadeias de abastecimento de commodities agrícolas. No entanto, nossa capacidade de monitorar em detalhes praticamente úteis se governos ou empresas estão fazendo progresso em relação a esses compromissos tem sido limitada.

Para conceber e monitorar soluções de produção e consumo sustentáveis, precisamos conhecer a localização das áreas de produção com um alto grau de precisão espacial e entender os impactos da produção na biodiversidade nesses locais. Crucialmente, devemos também entender como os impactos estão conectados às cadeias de suprimentos globalizadas e os principais atores envolvidos. O progresso em sustentabilidade nas cadeias de abastecimento precisará de metas claras e mensuráveis, caminhos para alcançá-las e responsabilidade. Além disso, os compromissos das diferentes partes interessadas não operam de forma isolada e, quando alinhados, podem reforçar-se mutuamente. No entanto, a falta de métodos e dados para integrar as perspectivas de políticas e negócios impede o desenho e a implementação de estratégias para criar oportunidades ou regulamentar para negócios mais sustentáveis.

Aqui combinamos modelos de fluxo de materiais, econômicos e de biodiversidade de última geração que vinculam demanda, comércio, produção e impacto. Usamos uma estimativa de perda em nível de espécie, o que nos permite diferenciar habitats que hospedam as espécies mais vulneráveis daqueles que não hospedam, mas que pareceriam semelhantes ou idênticos se classificações mais amplas (por exemplo, "floresta" ou "vegetação natural") fossem usadas. Nossos resultados revelam os impactos do comércio de commodities agrícolas sobre a biodiversidade com resolução espacial, setorial, operacional e taxonômica sem precedentes.

Usamos nossa estrutura para responder a 4 perguntas que, juntas, fornecem informações para reduzir as perdas de biodiversidade associadas à demanda por commodities agrícolas. Primeiro, quais países e setores geram impactos? Compreender o papel de padrões de consumo específicos e as responsabilidades dos consumidores em todo o mundo ajuda a informar a formulação de políticas nacionais e internacionais. Em segundo lugar, quais são os papéis relativos dos diferentes comerciantes de commodities? Informações detalhadas sobre a cadeia de suprimentos podem ajudar a identificar e desenvolver parcerias para soluções. Terceiro, quais são os impactos sobre as espécies de alto perfil e importantes associações de espécies? Informações altamente resolvidas sobre os impactos da biodiversidade podem galvanizar o apoio de grupos de consumidores e fornecer informações para intervenções específicas em torno de espécies específicas e pontos críticos de risco. Quarto, como os

compromissos governamentais e privados se sobrepõem? Compreender os compromissos de diversos atores ao longo da cadeia de abastecimento pode ajudar a identificar onde os compromissos coincidem e, portanto, onde as ações podem ser alinhadas para reforçar umas às outras.

Trabalhamos em nossa estrutura usando o exemplo da produção de soja brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja, uma commodity de importância mundial incorporada a muitos produtos alimentícios, principalmente por ser usada como fonte de proteína na alimentação animal. No Brasil, a produção de soja está intimamente associada ao Cerrado, que é a maior região de savana da América do Sul e hospeda cerca de 5% da biodiversidade global, incluindo mais de 4.800 espécies de plantas e vertebrados não encontradas em nenhum outro lugar. É também uma das fronteiras de expansão agrícola mais importantes do mundo, com muitas de suas espécies enfrentando terríveis ameaças. Nossa abordagem produz insights sobre as conexões entre mercados, comerciantes de soja e perdas de biodiversidade no ponto de produção. Nós os consideramos no contexto de 2 compromissos coletivos de alto perfil: a Declaração de Nova York sobre Florestas, uma declaração voluntária de partes privadas, públicas e do terceiro setor com o compromisso de acabar com a perda florestal até 2030, e a Declaração de Amsterdã, um compromisso de 7 países europeus para eliminar o desmatamento das cadeias de commodities agrícolas. Esses compromissos são um reconhecimento de que as coisas precisam mudar; conhecê-los, no entanto, requer uma escalada dramática de ação.

RESULTADOS

Quais Países e Setores Estão Gerando Impactos?

Informações que identificam os papéis relativos de diferentes países - e setores dentro deles - podem orientar uma ação coerente entre as nações consumidoras para impulsionar práticas de produção mais sustentáveis e fornecer apoio aos principais atores da indústria. Os 10 principais países que importam soja incorporada do Cerrado são asiáticos, europeus e norte-americanos (Tabela 1). No entanto, enquanto a demanda internacional, especialmente da China, impulsiona mais da metade dos impactos da soja sobre a biodiversidade endêmica do Cerrado, o mercado interno é responsável pela maior parcela de qualquer país, com o consumo em todo o Brasil sendo responsável por 45% dos impactos relacionados à soja (Tabela 1 e Apêndice SI, Tabela S1). Consideramos essas descobertas em relação aos compromissos em nível de país para 2 declarações-chave que visam apoiar as empresas na eliminação do desmatamento das cadeias de abastecimento de commodities agrícolas. O primeiro é a Declaração de Nova York sobre Florestas. Isso foi assinado em nível de governo nacional ou local pela maioria dos países com os maiores impactos sobre a biodiversidade ligada à soja no Cerrado brasileiro, mas os 2 países com o maior impacto estão notavelmente ausentes (Tabela 1). A segunda é a Declaração de Amsterdã, da qual 5 dos 7 signatários europeus estão entre os 10 principais importadores dos impactos da soja na biodiversidade no Cerrado: Itália, França, Alemanha, Reino Unido e Holanda (Tabela 1).

Junto com a quantidade de soja consumida, o impacto por unidade consumida também varia muito entre os países. Brasil e Itália, por exemplo, têm mais do dobro do impacto por unidade de soja consumida do que China, França ou Estados Unidos. Os 2 maiores países consumidores, Brasil e China, consomem quantidades semelhantes de soja do Cerrado, mas mostram impactos particularmente altos e baixos por tonelada, respectivamente (Fig. 1A). Essas diferenças surgem de diferenças nas perdas de biodiversidade nos municípios dos quais determinadas cadeias de abastecimento fornecem soja. Ao combinar dados comerciais de alta resolução com impactos sobre a biodiversidade, descobrimos que a demanda do consumidor brasileiro foi atendida em maior medida por municípios do Cerrado central e sul, onde a riqueza endêmica é maior e os impactos, portanto, maiores (Fig. 1 B e C e Apêndice SI, Fig. S1). A demanda chinesa, por outro lado, foi atendida a partir de uma área mais concentrada no Nordeste (Fig. 1C).

Ao vincular fluxos de materiais diretos a dados financeiros globais, nossa abordagem também captura tanto as reexportações de soja (por exemplo, grande parte da soja consumida na Europa chega pelos portos da Holanda, de onde é reexportada) e o consumo de soja incorporada outros produtos, como a carne alimentada com ração derivada da soja. A Holanda é um centro comercial de importância global, recebendo grande parte da soja que vem diretamente do Brasil para a União Europeia (UE) (Fig. 1D). No entanto,

rastrear cadeias de abastecimento apenas para o país de primeira importação superestima muito o papel do país como um impulsionador da perda de biodiversidade, enquanto para outros países da Declaração de Amsterdã (AD) seu papel é substancialmente subestimado, a menos que consideremos reexportações e consumo embutido de soja (Fig. 1D).

Os impulsionadores setoriais da perda de biodiversidade variam acentuadamente entre os países. No caso dos países da AD, particularmente Alemanha e Reino Unido, nossos resultados destacam a importância do consumo de “outras carnes” (principalmente suínos e aves) (Fig. 1E). Para Itália e Noruega, por outro lado, os setores de laticínios e carne bovina contribuem com uma proporção relativamente maior de sua pegada de biodiversidade.

Quais São as Funções Relativas dos Diferentes Comerciantes?

Para o Cerrado, estimamos que entre 2000 e 2010, 33% dos impactos da soja sobre as espécies endêmicas ocorreram no Estado de Goiás, que ocupa apenas 16% do bioma (Apêndice SI, Figura S2 e Tabela S2). Dos 41 traders exportadores de soja de Goiás em 2011, os 10 maiores respondem por 91% das exportações. A desagregação dos dados ao nível do município revela a natureza altamente agrupada das operações da empresa (Apêndice SI, Fig. S2). O maior exportador de cada município representa em média 97% das exportações. Apenas 5 comerciantes respondem por todas as exportações de soja dos 3 municípios mais afetados, que juntos incorrem em 56% das perdas de biodiversidade causadas pela soja no estado, mas cobrem menos de 4% da área.

Quais São os Impactos nas Espécies de Alto Perfil e nas Assembléias Importantes de Espécies?

Quantificar como o consumo gera perdas de espécies e habitats carismáticos, culturalmente importantes ou valiosos pode elevar o perfil das questões ambientais e trazer para o foco os impactos e riscos tangíveis do abastecimento de uma área específica. A resolução espacial e taxonômica dos modelos de componentes em nossa estrutura permite informações em escala fina e específicas da espécie que normalmente são mascaradas em análises em nível nacional. Para ilustrar isso, comparamos os impactos da perda de habitat causada pela soja em 2 espécies icônicas, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), com impactos sobre as espécies endêmicas, e os caracterizamos como fluxos do estado em que o as perdas ocorrem até o país de consumo final da soja ligada ao impacto (Fig. 2). Isso revela alguns padrões surpreendentes resultantes de diferenças entre as ameaças enfrentadas por diferentes espécies e de diferenças na origem entre os países consumidores. Por exemplo, a maior parte do impacto da UE sobre o lobo-guará ocorre em Mato Grosso, enquanto para o Brasil ocorre em outros estados. Isso tem implicações para o direcionamento das intervenções de conservação por atores a jusante que desejam mitigar impactos específicos associados às suas atividades. Também descobrimos que a área de distribuição do tamanduá-bandeira foi mais fortemente afetada pela perda de habitat no passado do que a do lobo-guará [que tolera melhor pastagens e terras aráveis] e que a UE desempenhou um papel importante nas perdas recentes, com impactos principalmente decorrentes de Mato Grosso. Ao contrário do lobo-guará e do tamanduá-bandeira, as perdas em Goiás e no Distrito Federal dominam os impactos nas espécies endêmicas, em grande parte devido ao alto número de endemias, principalmente plantas, encontradas nesses estados (Fig. 2 e Apêndice SI, Fig. S1).

Como os Compromissos Governamentais e Privados se Sobrepõem?

Em 2011, as empresas com compromissos de desmatamento zero foram responsáveis por ~ 80% das importações de soja da França, Alemanha e Reino Unido (Figura 3 e Apêndice SI, Tabela S3). A Holanda, por outro lado, tem uma base de fornecedores mais diversificada, com ~ 50% fornecidos por comerciantes com compromissos de desmatamento zero.

DISCUSSÃO

É encorajador que muitos dos países e comerciantes mais expostos aos riscos de desmatamento e perda de biodiversidade em suas cadeias de abastecimento tenham aderido a declarações de alto perfil para eliminar o desmatamento de suas cadeias de abastecimento. No entanto, os compromissos da empresa com a redução do desmatamento nas cadeias de abastecimento variam amplamente em detalhes, ambição e significado. Entender o alinhamento entre os compromissos do governo e do comerciante ajudará a

identificar onde a ação deve ser focada, revelar os pontos de alavancagem em potencial e ajudar a promover soluções coordenadas para cadeias de suprimentos internacionais que abrangem várias partes interessadas na interface público-privada. Se as empresas de apoio cumprirem seus compromissos, isso, por sua vez, ajudará os governos a fazerem progressos significativos em relação aos seus próprios compromissos de eliminar o desmatamento e pode elevar a barra de sustentabilidade para atores menores ou mais novos no mercado europeu. Em nossas análises, os 2 países com os maiores impactos gerais, Brasil e China, ainda não assinaram declarações importantes em nível nacional (embora observe que Mato Grosso, um importante estado produtor de soja no Cerrado, se comprometeu com seu produto, Estratégia de conservação e inclusão, que visa reduzir o desmatamento do Cerrado em 95% e restaurar o habitat.

Atribuir impactos ao país de primeira importação pode tanto subestimar gravemente (por exemplo, Dinamarca e Noruega) quanto superestimar (por exemplo, Holanda) os impactos atribuídos ao consumo final de um país. No entanto, da mesma forma que identificar os comerciantes-chave que operam na cadeia de abastecimento pode ajudar a identificar oportunidades importantes de intervenção, também pode identificar os centros de comércio mais importantes. A Holanda é o maior importador de soja da Europa e o segundo maior exportador de produtos agrícolas do mundo. Ela também processa ~ 25% de suas importações de soja para produzir ração animal. Esses fatores fundamentam seu papel central na cadeia de valor global da soja e seu papel fundador na Declaração de Amsterdã. A Holanda poderia continuar a exercer influência desproporcional sobre as empresas de comércio e compradores como uma força de convocação e ponto focal do diálogo público-privado e parcerias (por exemplo, a Coalizão da Soja Holandesa, o Grupo de Trabalho da Soja da Holanda e a Iniciativa Plataforma da Soja da Holanda). O governo holandês também deu apoio a processadores e compradores que investem em certificação (Soy Fast Track Fund), bem como aos agricultores para que possam produzir soja mais sustentável (Programa de Apoio ao Agricultor). Além disso, os governos têm um importante papel de convocação e financiamento a desempenhar no estabelecimento de finanças sustentáveis, incluindo o fornecimento de linhas de crédito aos agricultores que aderem a critérios de sustentabilidade mais elevados ou apoio para ampliar soluções inovadoras para os desafios da sustentabilidade. Nossas estimativas dos impactos do consumo final destacam as responsabilidades substanciais também de outros países da UE, como a Espanha, que atualmente não é signatária da declaração, mas poderia ser um ponto focal para a influência política direcionada por signatários existentes (Tabela 1).

Embora a Holanda possa ter alguma influência por causa de seus grandes volumes de comércio, seu portfólio diversificado de comerciantes pode tornar os processos de política mais complexos e contestados. Em contraste com outros países da AD, uma grande proporção da soja exportada para (e através) a Holanda vem de comerciantes sem compromissos de desmatamento zero. Portanto, mesmo se aqueles com compromissos existentes fossem cumpridos, isso capturaria apenas metade da soja do Cerrado comercializada através da Holanda (Figura 3 e Apêndice SI, Tabela S3). Trabalhar com países que importam diretamente volumes substancialmente menores, como Reino Unido, França e Alemanha, pode ajudar o governo da Holanda a encorajar comerciantes ainda não comprometidos, mas importantes, como Caramuru e Granol a assinarem metas para eliminar o desmatamento de suas cadeias de abastecimento .

Existem várias fontes de incerteza nos modelos apresentados, por exemplo, na modelagem da cobertura do solo, estimativa da perda de biodiversidade, modelagem do comércio e variabilidade ano a ano das cadeias de abastecimento. A informação explícita Trase espacialmente sobre a Produção de modelo de produção e de exportação subnacional Consumo de Sistemas (SEI-PCS) é construído a partir de estatísticas governamentais chave e dados que são compilados para calcular a produtividade agrícola e recolher o imposto sobre a receita s . Isso permite uma confiança considerável neste aspecto da modelagem. O modelo Input-Output Trade Analysis (IOTA) empregado na análise é um dos vários modelos multirregionais de input-output (MRIOs) que estão disponíveis globalmente, todos os quais fornecerão resultados quantitativos um tanto diferentes devido às diferenças em sua construção. Nossos resultados são ilustrativos dos impactos que diferentes países podem ter, destacando a heterogeneidade que é esperada em todo o sistema de comércio. O uso de tais informações na avaliação de risco ou tomada de decisão da cadeia de abastecimento deve considerar as suposições feitas e as limitações associadas das abordagens de modelagem. Uma análise mais direcionada (por exemplo, de cadeias de suprimentos específicas olhando

para espécies prioritárias específicas) se beneficiaria de análises de sensibilidade adicionais para explorar como as mudanças nas suposições podem afetar as conclusões. Usamos dados de comércio de 2011 em nossas análises que fornecem um instantâneo de um sistema dinâmico, particularmente nas fronteiras mais ativas de expansão agrícola. Qualquer intervenção deve ser baseada em análises multitemporais de padrões e tendências espaciais, bem como engajamento iterativo com as partes interessadas para garantir sua precisão e relevância. No entanto, por causa dos investimentos em infraestrutura (como silos e instalações de britagem) e conhecimento e interdependências entre os atores, esperamos que os comerciantes permaneçam relativamente conectados a locais de produção específicos durante um período de 3 a 5 anos, com mudanças mais significativas ocorrendo em períodos mais longos (referências 20, 31 e 32; ver análises suplementares no Apêndice SI, Figs. S3 e S4). Compreender como os dados disponíveis em nossa estrutura podem ser usados para ajudar a determinar a responsabilidade pelos impactos que ocorrem em um cenário comercial dinâmico, onde os impactos podem ocorrer vários anos antes das atividades comerciais, merece um foco de pesquisa adicional.

CONCLUSÃO

Atualmente, muitos compromissos de sustentabilidade são pouco mais do que declarações de intenções e um reconhecimento de que as coisas precisam mudar. Atender a esses compromissos exige que a ação coletiva seja ampliada por meio de parcerias com várias partes interessadas, abordagens em escala de paisagem e iniciativas público-privadas. Identificar os vínculos entre a intensificação e a expansão da produção de commodities agrícolas e a demanda que a impulsiona é um primeiro passo vital para envolver os atores políticos e privados com maior responsabilidade e influência. Oferecemos uma estrutura altamente flexível para fornecer uma variedade de percepções práticas às partes interessadas nas cadeias de suprimentos de commodities internacionais. As empresas podem usar essas informações para entender os riscos em suas cadeias de suprimentos, enquanto a sociedade civil, os consumidores e os acionistas podem usá-las para exigir que governos e empresas prestem contas de seus compromissos. Os investidores também estão cada vez mais interessados em compreender os riscos ambientais e sociais associados ao investimento, e isso provavelmente aumentará à medida que as iniciativas de transparência vinculam mais precisamente os danos ambientais causados pela produção de commodities aos sistemas financeiros até então opacos que os sustentam.

A alta resolução espacial de nosso modelo de comércio que rastreia a produção e os fluxos subnacionais é um grande avanço por 2 razões: primeiro, por aumentar a credibilidade e representação espacial das estimativas de impacto ambiental e, segundo, por transformar nossa capacidade de conceber e implementar respostas. Por exemplo, os ativistas podem usar os impactos sobre as espécies-bandeira para conquistar o apoio de grupos de consumidores e promover o consumo responsável entre os atores da cadeia de abastecimento. Modelos de alta resolução nos permitem desenvolver estratégias de gestão do uso da terra para direcionar áreas específicas para melhorar a produtividade, reservando áreas para proteção em paisagens de expansão ou expandindo a produção em terras degradadas de acordo com o nível de endemicidade ou de impactos históricos sobre a biodiversidade. De forma mais geral, a resolução espacial demonstrada aqui permite o desenvolvimento de estimativas mais confiáveis para um conjunto de indicadores de impactos ambientais e sociais. Esta métrica em nível de espécie complementa, em vez de substituir, outras medidas de perda de biodiversidade com base na perda de ecossistemas (como a perda do Cerrado ou desmatamento) (por exemplo, referências 35 e 36). Tomados em conjunto, eles fornecem um quadro mais completo de como o comércio de uma commodity como a soja gera perdas imediatas e de longo prazo e tem impactos em escalas que vão do local ao global. Também permite a avaliação da complementaridade ou trade-offs entre, por exemplo, proteger florestas versus espécies endêmicas.

Nossa abordagem é aplicável a uma ampla gama de commodities agrícolas comercializadas globalmente. No entanto, para “catalisar uma corrida ao topo”, os atores também devem ser apoiados por mecanismos que permitam e reconheçam melhorias iterativas. Sem esses mecanismos, lançar luz sobre os problemas de sustentabilidade dentro de cadeias de abastecimento específicas pode fazer com que os atores mudem para regiões de produção diferentes, em vez de melhorar as práticas em áreas vulneráveis, ou

começar a fornecer regiões consumidoras sem compromissos de eliminar o desmatamento ou onde a pressão do consumidor é atualmente menor. Antecipar esse “vazamento” entre áreas, países e, de fato, diferentes safras de commodities é vital. Nesse contexto, nossa capacidade de documentar as relações entre o país e o comerciante provavelmente terá um papel importante. Muitos dos maiores comerciantes vêm de vários países produtores, vendem seus produtos globalmente e têm atividades que abrangem várias commodities. Esse alcance global pode permitir que iniciativas de sustentabilidade bem-sucedidas se expandam rapidamente para outras regiões e commodities. Ao permitir o monitoramento das mudanças dos comerciantes entre os mercados, nossa estrutura também pode ajudar a minimizar o vazamento, garantindo que os compromissos de sustentabilidade se apliquem às operações das empresas. Além disso, devido ao papel dominante que relativamente poucos comerciantes detêm como um nexo dos fluxos globais de commodities, a pressão das principais economias, como os países da AD, para melhorar os padrões ambientais pode levar a melhorias na sustentabilidade das cadeias de abastecimento para outras regiões consumidoras.

MÉTODOS

Compilamos e integramos as fontes de dados existentes, vinculando abordagens complementares para derivar informações sobre os padrões de consumo que impulsionam o declínio das espécies e esclarecem as cadeias de abastecimento envolvidas (Apêndice SI, Figura S5). Os MRIOs existentes usam dados sobre transações financeiras intersetoriais para representar o comércio e o consumo globais completos, mas sacrificam os detalhes específicos das commodities e a resolução espacial. Por outro lado, as análises de fluxo de material - descrições do movimento físico de mercadorias - podem ser usadas para rastrear a produção e o comércio de mercadorias individuais, mas geralmente capturam apenas uma parte da cadeia de abastecimento (40). Portanto, desenvolvemos um MRIO hibridizado para o comércio de soja que combina análises tradicionais de entrada e saída com dados subnacionais de fluxo de material altamente detalhados do modelo SEI-PCS que sustenta a plataforma Trase (36, 41) (Apêndice SI). Usávamos isso para desvendar as atividades dos produtores, comerciantes e consumidores. Ligamos os modelos a estimativas de perdas de espécies por espécies de habitat adequado para derivar uma medida do impacto da biodiversidade que leva em conta as diferenças específicas das espécies em tamanhos de alcance, sensibilidades para mudanças no uso da terra e perda histórica de habitat (17) (Apêndice SI, Fig. S5). Nós nos concentramos nos impactos da produção de soja em 2000 a 2010 usando dados de perda de habitat de 2000 a 2010 e dados de comércio de soja em 2011. Escolhemos este período de alocação (ou seja, atribuindo perdas de 2000 a 2010 a 2011) porque pode levar vários anos a partir de desmatamento inicial para eventual colheita e comercialização de soja.