

La vegetación y los cultivos: ¿Qué impactos sufren?

*Fiorella Barraza
Eva Schreck
Laurence Maurice
Thibaut Lévêque*

Los principales cultivos en la Amazonía ecuatoriana son la palma africana y el cacao, pero también el café, el limón, la naranja, el plátano, la yuca y la piña. Muestras de todas estas plantas (hojas y frutos) fueron recolectadas directamente en propiedades privadas (fincas) y luego analizadas con la finalidad de mostrar el impacto potencial de las diferentes fuentes de contaminación (actividades petroleras, prácticas agrícolas, tráfico, etc.) así como la transferencia de metales al interior de la planta, por vía radicular o foliar, directamente en relación con los estudios sobre la calidad del aire y del suelo. En el laboratorio, estas muestras fueron liofilizadas y molidas en nitrógeno líquido para luego ser mineralizadas con ácidos y analizadas por espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para determinar la concentración de metales. Los HAP fueron determinados en las muestras previamente congeladas en el campo, por extracción, y analizados cuantitativamente

(por cromatografía gaseosa acoplada a un espectrómetro de masa).

Con la finalidad de evaluar el impacto sanitario en las poblaciones que se alimentan de los productos agrícolas, fueron realizados experimentos de bio-accesibilidad gastrointestinal *ex vivo* utilizando fluidos digestivos sintéticos (de acuerdo con el protocolo de Caboche, (2009), adaptado para vegetales). El objetivo fue determinar cuál es la fracción susceptible de unirse a la circulación sanguínea en el tracto digestivo y de evaluar de esta forma la toxicidad eventual en el ser humano.

Nuestro estudio (Barraza *et al.*, 2017) ha revelado la contaminación en metales pesados (Ba, Cu, Cd, Ni, Cr, Zn) de los cacaos y de algunas hojas de cítricos, notablemente en las regiones de la vía Auca y Shuara. Los otros vegetales no acumulan estos elementos inorgánicos. Volátiles y metabolizados, los HAPs se mantienen

igualmente por debajo de los límites de cuantificación en los frutos y hojas. El Cd es el contaminante mayoritariamente bio-acumulado en los cacaos: su contenido excede, en la mayoría de los puntos de muestreo, la norma europea fijada para el 2019 de 0.6 mg kg⁻¹ en el cacao en polvo y de 0.8 mg kg⁻¹ en el chocolate negro (con más de

80 % de cacao) consumido en todas partes del mundo. La concentración de Cd en el cacaotero varía en función de los diferentes compartimientos: en promedio 0.9 mg kg⁻¹ en los granos (figura 16), 1.0 mg kg⁻¹ en las mazorcas y 1.1 mg kg⁻¹ en las hojas, siendo las variedades CCN-51 y Nacional las que acumulan más este metal.

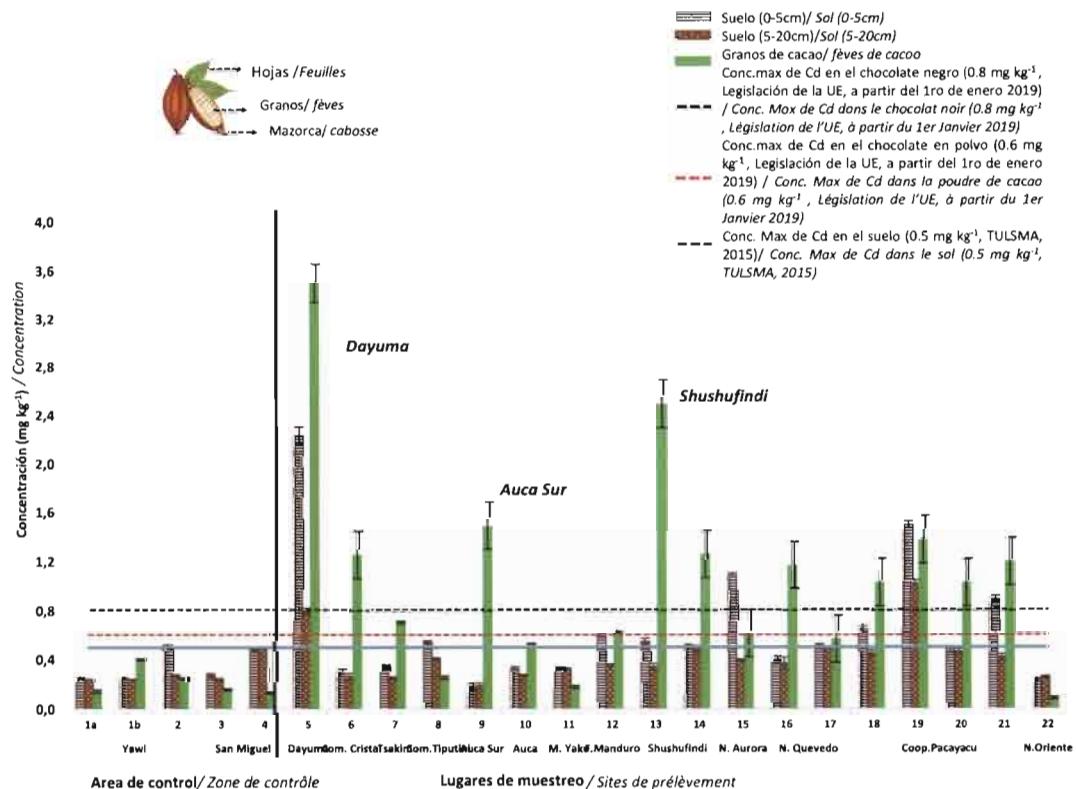


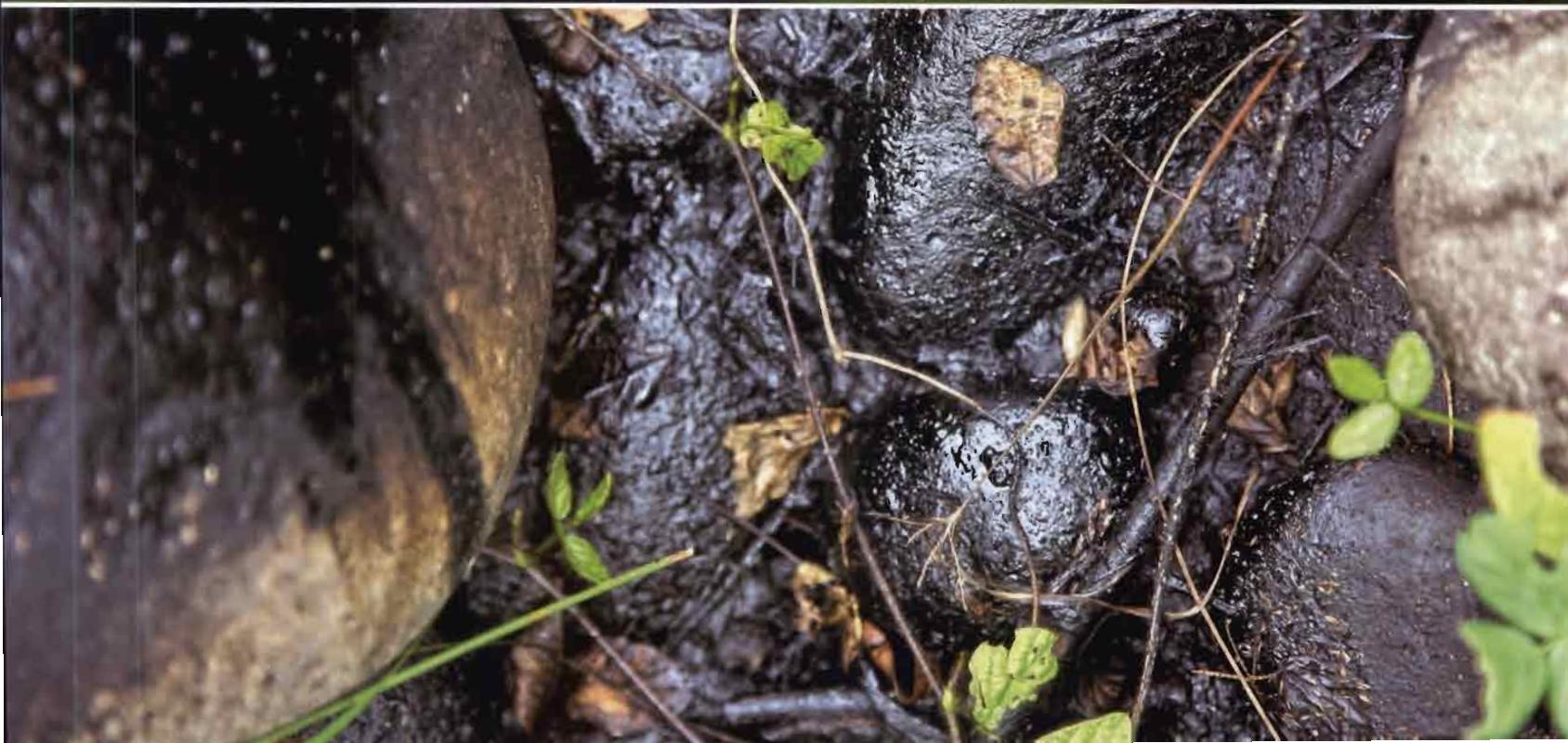
Figura 16: Concentración de Cd (en mg kg⁻¹ de peso seco) en los suelos (de 0 a 20 cm de profundidad) y en los granos de cacao en 18 puntos de muestreo en el norte amazónico, a proximidad de los campos petroleros. Los cuatro primeros sitios de muestreo corresponden a la zona de control (Provincia de Morona-Santiago), libre de actividades petroleras o de explotación minera.

Figure 16. Concentrations en Cd (en mg.kg⁻¹ de poids sec) dans les sols (0-20 cm de profondeur) et les fèves de cacao au niveau de 18 points de prélèvement en Amazonie Nord à proximité des champs pétroliers. Les quatre premiers sites correspondent à la zone de contrôle (Province de Morona-Santiago), libre d'activités pétrolière ou d'exploitation minière.

Las concentraciones elevadas de Cd en los granos pueden implicar un riesgo sanitario en relación con el consumo de chocolate, especialmente porque 90 % del Cd total acumulado en el cacao es bioaccesible después de la ingestión. Sin embargo, el origen del Cd en los granos de cacao sigue siendo difícil de determinar en estas regiones amazónicas fuertemente impactadas por las actividades humanas ya que está significativamente ligada a sus concentraciones en los suelos (5-20 cm de profundidad). Se vienen realizando estudios para determinar la influencia de las variedades y de los tipos de suelos en el proceso de

bio-acumulación de Cd en los granos de cacao del Ecuador.

En resumen, si bien las actividades de extracción petrolera impactan los cultivos, estos también son contaminados por el esparcimiento masivo de fertilizantes y pesticidas, ricos en metales pesados, así como por abonos orgánicos hechos a partir de excrementos de animales. Así pues, el petróleo aparece como una fuente menor de contaminación, considerando el uso masivo de insumos químicos.



Quels impacts sur la végétation et les cultures?

Fiorella Barraza

Eva Schreck

Laurence Maurice

Thibaut Lévêque

Les principaux végétaux cultivés en Amazonie équatorienne sont la palme africaine et les cacaoyers, mais aussi les caféiers, citronniers, orangers, bananiers, maniocs et ananas. Des échantillons de tous ces végétaux (feuilles et fruits) ont été prélevés directement dans des petites propriétés privées en Amazonie équatorienne et analysés afin de mettre en évidence les impacts potentiels de différentes sources de contamination (activités pétrolières, pratiques agricoles, trafic routier, etc.), par les racines ou les feuilles (voies racinaire et foliaire), directement en lien avec les analyses de la qualité de l'air et des sols sur les mêmes sites d'étude. Au laboratoire, ces végétaux ont été lyophilisés et broyés dans l'azote liquide en vue de leur minéralisation acide et de l'analyse des métaux (par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif, ICP-MS). Les HAP ont été

déterminés sur des échantillons congelés sur le terrain et après lyophilisation, extraction, purification et dosage (par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse).

Afin d'évaluer l'impact sanitaire sur les populations se nourrissant de cette production agricole, des expérimentations de bioaccessibilité gastro-intestinale ont été réalisées en laboratoire dans des fluides digestifs synthétiques (d'après le protocole de Caboche (2009) adapté pour les végétaux). L'objectif était de déterminer la fraction susceptible de rejoindre la circulation sanguine dans le système digestif et d'évaluer ainsi sa toxicité éventuelle chez les humains.

Notre étude (Barraza *et al.*, 2017) a mis en évidence une contamination en métaux lourds (Ba, Cu, Cd, Ni, Cr, Zn) dans les cacaos (cabosses, fèves et

◀ Arriba: Pepas de cacao dañadas, Pacayacu / Abajo : Rastro de derrame de petróleo en Dayuma
En haut: Fèves de cacao abîmées, Pacayacu / En bas: Traces d'une fuite de pétrole à Dayuma (2014)

feuilles) et quelques feuilles d'agrumes, notamment dans les régions de Auca et Shuara. Les autres végétaux étudiés n'accumulent pas ces éléments inorganiques. Les concentrations en HAP restent généralement en dessous des seuils de quantification dans les fruits et les feuilles, car ceux-ci sont volatils et souvent rapidement métabolisés. Par contre, le cadmium (Cd) demeure l'élément le plus majoritairement bioaccumulé dans les fèves de cacaos: ses teneurs excèdent, en de nombreux points de prélèvement, la norme européenne fixée pour 2019 à $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ pour le cacao en poudre et à $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ pour le chocolat noir (à plus de 80% de cacao) consommé partout dans le monde. La concentration en Cd dans le cacaoyer varie en fonction des différents compartiments: en moyenne $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ dans les fèves (figure 16), $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ dans les cabosses et $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$ dans les feuilles; les variétés CCN-51 et *Nacional fino de aroma* étant celles qui accumulent le plus. Ce métal présent dans les fèves brutes se retrouve ensuite dans le chocolat qui en est issu après les différentes étapes de fabrication dont la fermentation et la torréfaction.

Les concentrations en Cd dans le chocolat sont d'autant plus élevées que celui-ci possède un fort pour-

centage de cacao, souvent gage de qualité et d'arômes subtils. Les plus fortes concentrations en Cd relevées dans les fèves peuvent induire un risque sanitaire en lien avec une consommation importante et régulière de chocolat, d'autant plus que plus de 90 % du Cd total accumulé dans le cacao s'avère bioaccessible après ingestion. Cependant, l'origine du Cd dans les fèves de cacao reste difficile à déterminer dans cette région amazonienne fortement anthropisée et ce d'autant que la teneur en Cd dans les végétaux apparaît significativement liée à celle mesurée dans les sols (horizon 5-20 cm). Une étude est en cours pour déterminer l'influence des variétés de cacao et des types de sols dans le processus de bioaccumulation du Cd dans les fèves de cacao équatorien.

En effet, outre les activités d'extraction pétrolière, l'agriculture se trouve confrontée à un épandage massif d'engrais et de pesticides, souvent riches en métaux lourds, ainsi que d'engrais organiques (fèces animales). Dès lors, le pétrole apparaît comme une source de contamination noyée parmi d'autres, du fait de l'utilisation trop peu restrictive et non contrôlée d'intrants chimiques ou biologiques.

Barraza F., Schreck E., Maurice Laurence, Lévêque T. (2018).

La vegetacion y los cultivos : que impactos sufren ? = Quels impacts sur la végétation et les cultures ?

In : Becerra S. (coord.), Maurice Laurence (coord.), Desprats-Bologna S. (coord.) Nuestro vivir en la Amazonia ecuatoriana : entre la finca y el petroleo = Vivre en Amazonie équatorienne : entre pétrole et terres agricoles.

Marseille (FRA) ; Quito : IRD ; Abya-Yala, 127-132.

ISBN 978-2-7099-26-28-7