

**Agroforestry as a post-mining land-use approach for
waste deposits in alluvial gold mining areas of Colombia**

Inaugural-Dissertation

Zur

Erlangung des Grades

Doktorin der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der

Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

Bibiana Betancur Corredor

aus

Pereira, Kolumbien

Bonn 2018

Agroforestry as a post-mining land-use approach for waste deposits in alluvial gold mining areas of Colombia

ABSTRACT

Alluvial gold mining generates a vast amount of extractive waste that completely covers the natural soil, destroys riparian ecosystems, and negatively impacts river beds and valleys. Since 2002, a gold mining company has striven to create agroforestry plots in the waste deposits as a post-mining management approach, where agricultural crops and livestock are combined to complement reforestation in the area. This research aims at supporting reclamation of waste deposits by providing a comprehensive understanding of processes to manage the transition of nutrient-poor and acidic deposition sites towards productive agroforestry-based systems. Major components of this research comprise (i) an analysis of environmental and social challenges of the gold mining sector in Colombia, and its potential opportunities to add value to affected communities, (ii) an assessment of management practices and decision-making processes of the farmers working on reclamation areas, (iii) an analysis of the sources of variability of waste deposits from the perspective of soil development and vegetation succession, (iv) an analysis of spatial variability of the physicochemical properties of waste deposits with a spatially explicit management scheme, and (v) an assessment of vegetation recovery in terms of biomass and plant community composition.

Farmers who are currently working on areas undergoing reclamation rely mostly on their own local knowledge to respond to the challenges that the heavily disturbed conditions of the area pose to crop establishment. Therefore, increasing their awareness of the inherent heterogeneity of their fields, as well as the interdependencies between management practices and improvement of soil fertility, may increase the productivity of their farms. The analysis of sources of variability of the waste deposits generated by alluvial gold mining revealed that these deposits are primarily influenced by the parent material of the alluvial gold deposits and by the technology used for gold mining (bucket or suction dredges), which define the type of deposit formed (gravel or sand). Waste deposits can provide essential functions for rural areas such as woody biomass production and crop establishment if deposits are managed according to a specific purpose, and crop selection for each deposit is done based on physicochemical and structural soil properties. This finding is echoed by the spatial assessment of vegetation reestablishment through the combination of remote sensing with machine-learning techniques that show a high spatial variability of textural properties and nutrient contents of the deposits. A management approach is proposed with the use of delineated management zones, which can lead to an overall increased productivity by developing strategies suitable to the characteristics of each field and its potential uses.

Agroforstwirtschaft als Landnutzungsansatz auf Abraumdeponien in alluvialen Goldabbaugebieten Kolumbiens

KURZFASSUNG

Der Abbau von alluvialem Gold erzeugt eine große Menge mineralischen Abfalls, der den natürlichen Boden vollständig bedeckt, Uferökosysteme zerstört, und Flussbetten und -täler negativ beeinflusst. Von einem Goldminenbetreiber werden seit 2002, als ein Ansatz einer Postbergbaustrategie, Agroforstparzellen in Abraumdeponien angelegt. In diesen werden landwirtschaftliche Nutzpflanzen und Viehhaltung zur Aufforstung der Parzelle kombiniert eingesetzt. Diese Forschungsarbeit beabsichtigt die Rekultivierungsmaßnahmen in Agroforstparzellen durch ein umfassendes Verständnis der beteiligten Prozesse zu unterstützen und den Übergang von nährstoffarmen und sauren Abraumdeponien hin zu produktiven agroforstbasierten Systemen zu steuern. Die Hauptbestandteile dieser Arbeit umfassen (i) eine Analyse der ökologischen und sozialen Herausforderungen des Goldminensektors in Kolumbien und potenzielle Möglichkeiten einen Mehrwert für die betroffenen Gemeinden zu schaffen, (ii) eine Bewertung der Managementpraktiken und Entscheidungsprozesse der Landwirte im Rahmen der Rückgewinnung von Landnutzungsflächen, (iii) eine Analyse der Ursachen von Varianz zwischen Abfalldeponien aus der Perspektive der Boden- und Vegetationsentwicklung, (iv) eine Analyse der räumlichen Variabilität der physikochemischen Eigenschaften von mineralischen Abraumdeponien mit einem räumlich expliziten Managementschema und (v) eine Bewertung der Vegetationserholung im Sinne der Zusammensetzung von Biomasse und Pflanzengemeinschaften.

Landwirte die in Gebieten arbeiten die gegenwärtig einer Rekultivierung unterzogen werden, verlassen sich größtenteils auf ihre lokalen Erfahrungswerte, um mit den Herausforderungen für die Nutzpflanzenproduktion umzugehen, die durch die stark gestörten Bodenbedingungen verursacht werden. Eine Steigerung des Bewusstseins der lokalen Farmer für die inhärente Heterogenität ihrer Felder, sowie der Interdependenzen zwischen Managementpraktiken und der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, kann die Produktivität der Farmbetriebe erhöhen. Die Analyse der Variabilitätsquellen der durch den alluvialen Goldabbau entstandenen mineralischen Abfalllager ergab, dass diese Lagerstätten in erster Linie vom Grundgestein der alluvialen Goldlagerstätten und der verwendeten Abbautechnik (Schaufel- oder Saugbagger) beeinflusst werden. Diese Faktoren bestimmen die Art der gebildeten Ablagerung (Kies oder Sand). Abfalldeponien können wesentliche Funktionen für ländliche Gebiete wie die Produktion von Holzbiomasse und den Anbau von Nutzpflanzen ermöglichen, wenn die Lagerstätten einem bestimmten Zweck entsprechend bewirtschaftet werden und die Auswahl der Kulturen für jede Lagerstätte auf Grundlage der spezifischen physikochemischen und strukturellen Bodeneigenschaften erfolgt. Dieser Befund wird durch die räumliche Bewertung der Vegetationsneubildung durch die Kombination von Fernerkundung mit maschinellen Lerntechniken bestätigt, die eine hohe räumliche Variabilität der Textureigenschaften und Nährstoffgehalte der Deponien zeigt. Es wird ein Managementansatz vorgeschlagen, bei dem abgegrenzte Bewirtschaftungszonen unterteilt werden. Dies kann zu einer insgesamt höheren Produktivität führen, indem Strategien entwickelt werden, die den Eigenschaften jedes einzelnen Feldes und seiner potenziellen Nutzungsmöglichkeiten entsprechen.