
SUMMARY

Ecuador has a tradition built on banana production. Nowadays, more than 30% of the exportable items correspond to bananas. This banana cultivation has led to an environmental concern on other sectors that share land in some river basins across the country. In 1994, the shrimp sector claimed that a disease occurring at some shrimp farms had been caused by pesticide pollution from the banana sector. Based on that situation, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), an Ecuadorian University, began a research project to tackle potential solutions to environmental conflicts in Ecuadorian river basins. The present Ph. D. thesis is one of the results obtained in this project.

The thesis briefly shows the differences between Ecuadorian Water Quality Law and acceptable environmental standards across the world regarding pesticide pollution. It also presents the common pesticide management inside an Ecuadorian banana plantation. The pesticides mostly used in banana farms are propiconazole, thiabendazole and imazalil.

By applying screening models, it is shown that the aquatic compartment is more affected by imazalil and thiabendazole. On the other hand, based on screening model runs propiconazole tends to affect the soil compartment significantly more.

The main difficulty in this research was the data gathering process and the subsequent model calibration and application. Ecuador is a poor developing country where environmental data are not recorded on a continuous basis affecting any assessment outcome done on environmental issues such as pesticide pollution. To solve this problem, the first part of the research proposed a methodology for such data-poor conditions to gather and process information to be used for pesticide fate evaluation. The methodology will be useful for future related research in gathering information in an efficient and understandable way for developing countries like Ecuador. The gathered data were then converted to a ready-to-use format to be imported in models and Geographical Information Systems.

The second part of the research evaluated the AGNPS and SWAT models as potential tools to assess non-point pollution problems in Ecuadorian river basins. The Chaguana river basin was selected as a case study. Banana farms cover around 30% of the total surface area of 32000 Ha, humid forest 26% and shrimp farms 6%. The banana farms are mainly located at the downstream section of the river basin, while shrimp farms are located near the outlet.

Four sampling campaigns were performed to collect data for model calibration (water quality and flow data) at 13 sampling sites along the river during different weather conditions throughout one year. Lab results showed that the majority of the environmental parameters did not show levels above the Ecuadorian standards. Pesticide concentrations were below 6 ppb, which is significantly lower than the reported No-Observed Effect Levels for shrimp and other aquatic organisms. However, the measured concentrations are higher than the European and American maximum residue levels in water for human consumption. Therefore, the Chaguana basin is showing to be a main concern for human health as around 7000 people are settled on the river banks, and they do not have potable water services.

For the model evaluation, the calibration process was done in three steps:

1. Flow calibration of the river basin with (only) three existing gauging stations.
2. Calibration of suspended sediment loadings performed with the sampling campaign results.
3. Calibration of environmental concentrations on the river with the sampling campaign results.

Both models predicted environmental pesticide concentrations on a monthly basis within the expected ranges. Differences between observed and predicted values were not significant. In conclusion, the developed data gathering process and model application proved to be useful for the prediction of pesticide concentrations in a data-poor environment.

SAMENVATTING

Ecuador heeft een lange traditie in bananenteelt. Heden ten dage bestaat meer dan 30% van de export van Ecuador uit bananen. Deze bananenteelt heeft geleid tot milieuzorgen bij andere sectoren die in dezelfde stroomgebieden in het land actief zijn. In 1994 stelde de garnaalsector dat bepaalde ziekten die in sommige garnaalkwekerijen voorkwamen, veroorzaakt werden door pesticiden afkomstig van de bananensector. Gebaseerd op deze situatie begon de Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), een Ecuadoriaanse universiteit, een onderzoeksproject om mogelijke oplossingen voor dit milieuconflict in de Ecuadoriaanse rivierbekkens uit te zoeken. Deze Ph.D. thesis behoort tot de resultaten van dit project.

De thesis geeft kort de verschillen tussen de Ecuadoriaanse waterkwaliteitswetgeving en de aanvaardbare milieustandaarden met betrekking tot pesticidencontrole in de wereld weer. Ze schetst ook het algemeen pesticidengebruik in de Ecuadoriaanse bananenplantages. De meest gebruikte pesticiden in de bananenboerderijen zijn propiconazol, thiabendazol en imazalil.

De toepassing van screeningsmodellen bracht aan het licht dat de aquatische compartimenten meer effect ondervinden van imazalil en thiabendazole. Daarentegen heeft propiconazole significant meer invloed op het bodemcompartiment.

De voornaamste moeilijkheid in dit onderzoek was het proces om gegevens te verzamelen voor de kalibratie en toepassing van de modellen. Ecuador is een arm ontwikkelingsland waar gegevens over het milieu niet op een continue basis worden verzameld en bewaard, waardoor berekeningen in milieuzaken zoals de pesticidenvervuiling worden bemoeilijkt.

Om dit probleem op te lossen werd in het eerste deel van het onderzoek een methodologie voorgesteld voor het verzamelen en verwerken van elke vorm van informatie dat van enig nut kan zijn bij het evalueren van pesticiden. Deze methodologie is nuttig voor toekomstig verwant onderzoek in ontwikkelingslanden als Ecuador om op een efficiënte en begrijpbare manier informatie te verwerken. De verzamelde gegevens werden verder omgezet naar direct bruikbare formaten die in modellen en geografische informatiesystemen kunnen worden ingeladen.

Het tweede deel van het onderzoek evalueert de AGNPS en SWAT modellen als mogelijke middelen om diffuse pollutieproblemen in te schatten in Ecuatoriaanse rivierbekkens. Als testbekken werd het Chaguana rivierbekken gekozen. Bananenboerderijen nemen ongeveer 30% van het totale oppervlak van 32000 Ha, vochtige bossen 26% en garnaalkwekerijen 6%. De bananenboerderijen bevinden zich vooral in de lagere gedeelten van het rivierbekken, de garnaalboerderijen bevinden zich nabij de monding.

Vier meetcampagnes werden uitgevoerd om gegevens te verzamelen voor het kalibreren van de modellen (waterkwaliteit en debieten) op 13 meetpunten langs de rivier onder verschillende weerscondities over een tijdspanne van een jaar. Laboresultaten toonden aan dat de meerderheid van de milieuparameters de Ecuatoriaanse standaarden niet overschreden. De pesticidenconcentraties waren lager dan 6 ppb, wat significant minder is dan de gerapporteerde “No-Observed Effect Levels” voor garnalen en andere aquatische organismen. Deze concentraties zijn echter wel hoger dan de Europese en Amerikaanse maximale residu niveau’s in water voor menselijke consumptie. Daardoor blijkt dat het Chaguanabekken een belangrijke zorg naar de menselijke gezondheid moet zijn vermits ongeveer 7000 mensen rond de rivier wonen en over geen drinkwatervoorzieningen beschikken.

Ter evaluatie van de modellen werd een kalibratieproces in drie stappen uitgevoerd:

1. Kalibratie van de debieten van de rivier met (slechts) 3 bestaande meetstations.
2. Kalibratie van de belasting met zwevende stoffen, uitgevoerd met de resultaten van de meetcampagne.
3. Kalibratie van de immissieconcentraties in de rivier met de resultaten van de meetcampagne.

Beide modellen voorspelden maandelijkse pesticideconcentraties binnen de verwachte grenzen. De verschillen tussen waargenomen en voorspelde waarde waren niet significant. Ter conclusie kan gesteld worden dat bewezen werd dat het ontwikkelde proces voor het verzamelen van gegevens en de modeltoepassingen nuttig is voor het voorspellen van pesticideconcentraties in een gegevensarme omgeving.
