

Título: “Remote Sensing and UAVs for the geomorphological and habitat analyses in ephemeral and permanent Mediterranean streams”

Resumen

Los ecosistemas riparios presentan una gran variabilidad, desde un punto de vista geomorfológico como hidrológico y ecológico, incluyendo las complejas interacciones que la morfología y la vegetación de ribera puede presentar. La vegetación se presenta como un factor físico muy influyente en los sistemas fluviales, con una relación directa en los procesos geomorfológicos que tienen lugar en los corredores fluviales. La detección, monitoreo y evaluación de los procesos que se desarrollan en el espacio ripario son clave a la hora de poder entender las funciones ecológicas y el desarrollo de dichos hábitats, y por tanto para tomar decisiones para su conservación y restauración. Según la distribución de especies y los rasgos de las plantas, las comunidades vegetales y su dinámica presentan distintas características en el ecosistema ripario, a las cuales los métodos de detección y monitoreo deben adaptarse.

Los constantes cambios que sufren estos espacios a lo largo del tiempo se deben en gran parte a procesos físicos relacionados con las dinámicas de erosión y sedimentación, las variaciones de la trayectoria del cauce, variaciones en la distribución de especies y vegetación en el bosque de ribera, etc., pero también se deben al impacto antropogénico, que puede llegar a generar grandes desajustes en la dinámica ecológica de los ecosistemas en cuestión. Debido a las interacciones de diversos procesos y alteraciones antropogénicas, y las complejas dinámicas espacio-temporales, resulta necesario continuar desarrollando metodologías teóricas y prácticas para la monitorización y caracterización de estos ecosistemas.

La teledetección, incluyendo el uso de drones, se presenta como una herramienta muy interesante y óptima para el mapeo y recogida de información en estos espacios naturales. Los beneficios que demuestran las aeronaves no tripuladas –UAV– incluyen las mejoras en la resolución espacial y temporal de los datos capturados, así como la cartografía de áreas extensas en poco tiempo, lo que los convierte en instrumentos clave en tareas de gestión y conservación de los espacios riparios.

La necesidad de estudiar la dinámica geomorfológica que se produce en los cauces fluviales ha sido la principal motivación en los estudios que se presentan en esta tesis doctoral. Los capítulos 2 y 3 se basan en técnicas de captura de datos con láser escáner terrestre (TLS) y en el modelado de los datos obtenidos en vuelos fotogramétricos de UAV. Con ellos se han caracterizado los procesos que tienen lugar en una cierta área de estudio, un cauce efímero del sureste de la Península Ibérica, la Rambla de la Azohía (Murcia). Estos estudios también han permitido comparar el ajuste y precisión de los datos capturados a partir de dos técnicas distintas.

Además, el interés en caracterizar los cauces fluviales con un flujo permanente ha motivado el estudio de la topografía sumergida en un tramo de río, segmentado por tipos de mesohábitat. Así pues, el capítulo 4 presenta un algoritmo y una herramienta de corrección para el efecto de la refracción en un tramo del río Palancia (Castellón), para

llevar a cabo la correcta representación de la morfología del lecho sumergido. A partir de la metodología planteada y el algoritmo desarrollado, es posible minimizar los efectos de distorsión debidos a la presencia del agua, para obtener la reconstrucción tridimensional del lecho a partir de imágenes tomadas con UAV. La construcción del modelo 3D se llevó a cabo mediante la técnica de Structure from Motion.

Finalmente, y como elemento clave en la dinámica de los ecosistemas riparios, el capítulo 5 desarrolla una metodología para clasificar las fases de sucesión de la vegetación del bosque ripario. Dichas fases de sucesión se basan en la metodología del proyecto RIPFLOW, que también está implementada en el modelo dinámico CASiMiR-vegetation. En concreto, el caso de estudio en un tramo del río Serpis (Valencia) ha permitido comparar cinco métodos de clasificación, basados en técnicas de remote sensing y modelación matemática. La posibilidad de integrar herramientas que nos permitan monitorizar los cambios ante eventos de distinta magnitud, en ecosistemas riparios mediterráneos, facilitará el mejor entendimiento de los escenarios presentes y posibilitará la modelización precisa de posibles escenarios futuros, con los que poder prever trayectorias de la dinámica ecológica y proponer medidas que mejoren el estado ecológico y reduzcan la alteración antrópica.

Abstract

Riparian ecosystems show great variability, from a geomorphological, hydrological and ecological point of view, including the complex interactions that riparian morphology and vegetation can present. Vegetation appears as a very influential physical factor in river systems, with a direct relationship in the geomorphological processes that take place in river corridors. The detection, monitoring and evaluation of the processes that take place in the riparian space are key when it comes to understanding the ecological functions and development of these habitats, and therefore for making decisions for their conservation and restoration. According to the distribution of species and plant traits, plant communities and their dynamics present different characteristics in the riparian ecosystem, to which detection and monitoring methods must be adapted.

The constant changes that these spaces undergo over time are largely due to physical processes related to the dynamics of erosion and sedimentation, variations in the path of the channel, variations in the distribution of species and vegetation in the riparian forest, etc. These processes also are due to the anthropogenic impact, which can generate major imbalances in the ecological dynamics of the ecosystems in question. Due to the interactions of various anthropogenic processes and alterations, and the complex spatio-temporal dynamics, it is necessary to continue developing theoretical and practical methodologies for the monitoring and characterization of these ecosystems.

Remote sensing, including the use of drones, is presented as a very interesting and optimal tool for mapping and collecting information in these natural spaces. The benefits demonstrated by unmanned aircraft –UAV– include improvements in the spatial and temporal resolution of the captured data, as well as the mapping of large areas in a short time, which makes them key instruments in the management and conservation tasks of riparian spaces.

The need to study the geomorphological dynamics that occur in river channels has been the main motivation in the studies presented in this doctoral thesis. Chapters 2 and 3 are based on ground-based laser scanner (TLS) data capture techniques and modelling of UAV photogrammetric flight data. They have characterized the processes that take place in a certain study area, an ephemeral riverbed in the southeast of the Iberian Peninsula, the Rambla de la Azohía (Murcia). These studies have also made it possible to compare the fit and precision of the data captured from two different techniques.

In addition, the interest in characterizing the fluvial channels with a permanent flow has motivated the study of the submerged topography in a stretch of river, segmented by types of mesohabitat. Thus, chapter 4 presents an algorithm and a correction tool for the effect of refraction in a stretch of the Palancia river (Castellón), to carry out the correct representation of the submerged bed morphology. From the proposed methodology and the developed algorithm, it is possible to minimize the distortion effects due to the presence of water, to obtain the three-dimensional reconstruction of the bed from images taken with UAVs. The construction of the 3D model was carried out using the Structure from Motion technique.

Finally, and as a key element in the dynamics of riparian ecosystems, chapter 5 develops a methodology to classify the phases of succession of riparian forest vegetation. These

succession phases are based on the RIPFLOW project methodology, which is also implemented in the dynamic CASiMiR-vegetation model. Specifically, the case study in a section of the Serpis River (Valencia) has made it possible to compare five classification methods, based on remote sensing techniques and mathematical modelling. The possibility of integrating tools that allow us to monitor changes in the face of events of different magnitude, in Mediterranean riparian ecosystems, will facilitate a better understanding of the present scenarios and will allow the precise modelling of possible future scenarios, with which to predict paths of ecological dynamics. and propose measures that improve the ecological status and reduce human disturbance.