



PhD dissertation by **Yarima Recalde Aza**

Nature-based solutions to address water challenges in the Andean region: a mixed-methods approach

Supervisors: Dr Ignasi Rodriguez-Roda and Dr Alexandra Popartan

Jury members: Dr Natasa Atanasova (University of Ljubljana), Dr Bernhard Pucher (BOKU, University of Vienna) and Dr Josep Pueyo (Institut Català de Recerca de l'Aigua)

Wednesday 28th January 2026, 16:00h, UdG Faculty of Sciences (“Aula Magna”)

Carrer M^a Aurèlia Capmany 61, Campus Montilivi, 17003 Girona

[Online \(Teams\)](#)



Abstract

Urban water management in the Andean region faces growing pressures from climate change, rapid urban expansion, and persistent social inequalities. These challenges make it increasingly difficult for cities to ensure reliable, safe, and equitable access to water. In this context, **Nature-based Solutions (NbS)** have gained attention as a promising way to complement traditional infrastructure. They include both ancestral practices – such as *amunas*, ancient infiltration canals; and *qochas*, high-altitude ponds used to store rainwater – and modern green infrastructure that helps improve stormwater management, enhance aquifer recharge, and support climate resilience. However, despite their potential, NbS are not yet widely implemented due to institutional, technical, financial, and socio-cultural barriers.

Yarima Recalde's thesis investigates these limitations and develops practical tools to strengthen the integration of NbS into water management in urban and peri-urban areas of the Andes. Through a systematic literature review and a mixed-methods study involving experts and local actors (e.g. surveys, semi-structured interviews, comparative analysis), the researcher identified **26 types of nature-based solutions**, along with **36 barriers and 19 enablers** that shape their implementation. Most documented NBS cases are concentrated in Peru and Ecuador, primarily addressing water scarcity (25%), flood risk (19%) and water contamination (16%). The most pressing barriers relate to governance fragmentation, political discontinuity, and limited technical and financial capacity, while key enablers include inter-institutional coordination, capacity building, and diversified financing.

Building on this evidence, the thesis proposes **7 guiding principles and an evaluation framework designed specifically for Andean contexts**. These tools support the selection and early-stage assessment of nature-based solutions by incorporating key dimensions such as governance, legal integration, community participation, ancestral knowledge, and territorial resilience. Ultimately, the thesis aims to provide actionable guidance to promote more effective, equitable, and sustainable water management solutions in the region.

The doctoral thesis was directed by **Dr Ignasi Rodriguez-Roda and Dr Alexandra Popartan** and developed in the **Laboratory of Chemical and Environmental Engineering (LEQUIA)**, a multidisciplinary research group of the University of Girona renowned for its activity within the water field.

Resum

La gestió de l'aigua és un dels grans reptes de les ciutats andines, on la combinació de creixement urbà, les desigualtats socials i el canvi climàtic generen tensions creixents sobre la disponibilitat i la qualitat del recurs. Davant d'aquest escenari, les **Solucions basades en la Natura (SbN)** representen una alternativa prometedora per complementar la infraestructura convencional. Aquestes solucions inclouen tant pràctiques ancestrals – com ara les *amunas*, antics canals d'infiltració; i les *qochas*, basses ubicades a grans altitud per emmagatzemar aigües pluvials – com formes modernes d'infraestructura verda capaces de millorar la gestió de les inundacions per aigua de pluja, afavorir la recàrrega dels aqüífers i reforçar la resiliència urbana. No obstant això, malgrat tot aquest potencial, les SbN encara no estan implementades d'una manera àmplia degut a barreres institucionals, tècniques, financeres i socio-culturals.

La tesi de Yarima Recalde investiga aquestes limitacions i desenvolupa eines pràctiques per promoure la integració de les SbN a la gestió de l'aigua en zones urbanes i peri-urbanes dels Andes. Mitjançant una revisió sistemàtica de la bibliografia i un estudi mixt amb experts i actors locals (enquestes, entrevistes semi-estructurades, anàlisi comparativa...), la investigadora ha identificat **26 tipus diferents de SbN**, així com **36 barreres i 19 estratègies facilitadores** que condicionen la seva implementació. La majoria de les SbN documentades es concentren al Perú i a l'Equador, principalment per abordar l'escassetat hídrica (25%), el risc d'inundació (19%) i la contaminació de l'aigua (16%). La majoria de barreres estan vinculades a la fragmentació de la governança, la discontinuïtat política, i una capacitat tècnica i financera limitada, mentre que les estratègies facilitadores inclouen la coordinació inter-institucional, la construcció de capacitats i la diversificació del finançament.

A partir d'aquesta evidència, la tesi desenvolupa **7 principis orientadors i un marc d'avaluació operatiu que permet seleccionar i valorar solucions basades en la natura de manera coherent amb les particularitats andines**. Aquestes eines donen suport a la selecció i avaluació inicial de les SbN amb la incorporació d'elements clau com ara la governança, la integració legal, la participació comunitària, el coneixement ancestral i la resiliència territorial. L'objectiu final és oferir una guia pràctica que ajudi a impulsar solucions més sostenibles, inclusives i efectives per a la gestió sostenible de l'aigua a la regió.

La tesi doctoral ha estat dirigida pel **Dr. Ignasi Rodríguez-Roda** i la **Dra. Alexandra Popartan**, i desenvolupada al **Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental (LEQUIA)**, un grup de recerca multidisciplinari de la Universitat de Girona reconegut per la seva activitat en l'àmbit de l'aigua.

Resumen

La gestión del agua es uno de los grandes retos de las ciudades andinas, donde la combinación de crecimiento urbano, las desigualdades sociales y el cambio climático generan tensiones crecientes sobre la disponibilidad y la calidad del recurso. Frente a este escenario, las **Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)** constituyen una alternativa prometedora para complementar la infraestructura convencional. Estas soluciones incluyen prácticas ancestrales – por ejemplo, las *amunas*, antiguos canales de infiltración; y las *qochas*, estanques ubicados en zonas altoandinas para almacenar aguas pluviales – y formas modernas de infraestructura verde capaces de mejorar la gestión de las inundaciones por agua de lluvia, favorecer la recarga de los acuíferos y reforzar la resiliencia urbana. No obstante, a pesar de este potencial, las SbN aún no están implementadas de forma amplia debido a barreras institucionales, técnicas, financieras y socio-culturales.

La tesis de Yarima Recalde investiga estas limitaciones y desarrolla herramientas prácticas para promover la integración de las SbN a la gestión del agua en zonas urbanas y peri-urbanas de los Andes. Mediante una revisión sistemática de la bibliografía y un estudio mixto con expertos y actores locales (encuestas, entrevistas semi-estructuradas, análisis comparativo...), la investigadora ha identificado **26 tipos distintos de SbN**, así como **36 barreras y 19 estrategias facilitadoras** que condicionan su implementación. La mayoría de las SbN documentadas se concentran en Perú y Ecuador, principalmente para abordar la escasez hídrica (25%), el riesgo de inundación (19%) y la contaminación del agua (16%). La mayoría de barreras están vinculadas a la fragmentación de la gobernanza, a la discontinuidad política, y a una capacidad técnica y financiera limitada, mientras que las estrategias facilitadoras incluyen la coordinación inter-institucional, la construcción de capacidades y la diversificación de la financiación.

A partir de esta evidencia, la tesis desarrolla **7 principios orientadores y un marco de evaluación operativo que permite seleccionar y valorar soluciones basadas en la naturaleza de forma coherente con las particularidades andinas**. Estas herramientas dan apoyo a la selección y evaluación inicial de las SbN con la incorporación de elementos clave como la gobernanza, la integración legal, la participación comunitaria, el conocimiento ancestral y la resiliencia territorial. El objetivo final es ofrecer una guía práctica que ayude a impulsar soluciones más sostenibles, inclusivas y efectivas para la gestión sostenible del agua en la región.

La tesis doctoral ha sido dirigida por el **Dr. Ignasi Rodríguez-Roda** y la **Dra. Alexandra Popartan**, y desarrollada en el **Laboratorio de Ingeniería Química y Ambiental (LEQUIA)**, un grupo de investigación multidisciplinario de la Universitat de Girona reconocido por su actividad en el campo del agua.