



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

**Evaluación del impacto de la sequía en la humedad del suelo en
pajonales naturales y pastoreados**

Trabajo previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON
MENCION EN GESTION INTEGRADA DEL AGUA

Nombre del autor:

Christian Omar Santander Lata

Nombre del director:

Patricio Javier Crespo Sánchez

Nombre del codirector:

Jorge David Ramón Flores

Cuenca – Ecuador

2024

Dedicatoria

Dedicado a las dos personas más importantes en mi vida:

A mi prometida, por su amor inquebrantable, su apoyo constante y su infinita paciencia.

A mi madre, por su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida.

Gracias por ser mi pilar y mi inspiración cada día.

Agradecimientos.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento en primer lugar a Heidi Asbjornsen, al proyecto A.W.E.S.O.M.E., financiado por la Universidad de New Hampshire y apoyado por la National Science Foundation de EE. UU (NSF). Su apoyo fue invaluable y decisivo para la realización de este estudio.

Extiendo mi más sincero agradecimiento al personal de DUNDEE Precious Metals por su colaboración en el montaje del experimento en el Observatorio Ecohidrológico de Zhurucay.

Quiero agradecer a los investigadores del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales de la Universidad de Cuenca, Stalin Guamán, Pablo Tenelanda, Damián Tuba, Franco Tamayo, Adrián Sucozhañay, quienes aportaron con su conocimiento y experiencia en diferentes instancias de esta investigación.

Por último, me gustaría agradecer especialmente a Sybryn Maes (KU Leuven), Mauro Brum (Universidad de Québec), Jorge Ramón (Universidad de Cuenca) y Patricio Crespo (Universidad de Cuenca), cuya trayectoria y dedicación fueron fundamentales para la obtención de resultados satisfactorios. En particular, quiero agradecer la guía y apoyo de Patricio Crespo como director y Jorge Ramón como codirector, por su trayectoria y vasto conocimiento en la hidrología de ecosistemas de páramo fortalecieron el desarrollo de esta investigación. Mi más profundo respeto y admiración para cada uno de ellos por su labor y contribuciones en sus respectivos campos.

Table of contents

1	Dedicatoria	2
2	Agradecimientos.	3
3	Table of contents	4
4	Figures.....	6
5	Tables.....	7
6	Resumen.	8
7	Abstract	9
8	Theoretical framework	10
9	Materials and Methods.....	14
10	Study area.....	14
11	Description of experimental sites.....	16
12	Measurements and field surveys.	17
13	Soil water content monitoring and sensor calibration.	17
14	Meteorological data.	19
15	Soil water content dynamics under rainfall inhibition conditions.....	19
16	Soil water content changes under rainfall inhibition conditions.	20
17	Resistance to change of soil water content under rainfall inhibition conditions.	20
18	Structural changes of soil water content under rainfall inhibition conditions.	21
19	Results.....	23
20	Field surveys: Root characterization at different depths.....	23
21	Soil water content dynamics under rainfall inhibition conditions.....	24
22	Soil water content changes under rainfall inhibition conditions.	26
23	Resistance to change of soil water content under rainfall inhibition conditions.	27
24	Structural changes of soil water content under rainfall inhibition conditions.	29

25	Discussion.	34
26	Soil water content dynamics under rainfall inhibition conditions and root density. .	34
27	Factors influencing the effects of rainfall inhibition conditions on soil water content.	
28	36
29	Resistance to change of soil water content under rainfall inhibition conditions.	37
30	Structural changes of soil water content under rainfall inhibition conditions.	39
31	Conclusions.	39
32	REFERENCES	42

Figures

33	Figure 1 <i>The Zhurucaiy Ecohydrological Observatory is located in southern Ecuador. (a)</i>	
34	<i>Position of the experimental sites established at the upper and middle parts of the</i>	
35	<i>observatory. (b) Treatment (T) and control (C) plots arrangement and slope direction. (c)</i>	
36	<i>Rainfall inhibition structure design.....</i>	16
37	Figure 2 <i>Hourly temporal variability of (a) rainfall, (b) Soil Water Content (SWC) at the</i>	
38	<i>natural (N) and grazed (G) grasslands located in the Zhurucaiy Ecohydrological</i>	
39	<i>Observatory from August 2022 to April 2023. (c) Forest plots of percent change on SWC</i>	
40	<i>under rainfall inhibition conditions.</i>	26
41	Figure 3 <i>Violin plots of the index of resistance of SWC of treatment plots against rainfall</i>	
42	<i>inhibition conditions at the natural (N) and grazed (G) grasslands during the monitoring</i>	
43	<i>period of August 2022 to April 2023.</i>	28
44	Figure 4 <i>Structural changes in Soil Water Content, domains of attraction, and severity at</i>	
45	<i>experimental sites.</i>	31
46	Figure 5 <i>Distribution of domains of attraction with their respective duration (in hours) and</i>	
47	<i>severity classification (Very low = "VL", Low = "L", Medium = "M", High = "H") across the</i>	
48	<i>experimental sites.</i>	32
49	Figure 6 <i>Standard Deviation results using 5 days plus 1 hour moving window on soil</i>	
50	<i>water on soil water content data from treatment plots in natural (N) and grazed (G)</i>	
51	<i>grasslands.</i>	33
52	Figure 7 <i>Correlation result between the roots number per dm² and SWC values of each</i>	
53	<i>experimental site at the end of the monitoring period (April 2023).</i>	35

Tables

54	Table 1 Mean pF values and standard deviation (σ) of 8 samples collected at ZEO from	
55	six experimental sites at a 30 cm depth in Andosol soils. Measured by the Soil	
56	Hydrophysics Laboratory of the University of Cuenca.....	19
57	Table 2 Root number per square decimeter at Natural (N) and Grazed (G) experimental	
58	sites at three depths: 0 -10 cm, 10 - 20 cm, and 20 - 30 cm.....	23

Resumen.

El Páramo es esencial para la provisión de servicios ecosistémicos pero su respuesta frente a condiciones extremas es poco conocida. Nuestro objetivo fue estudiar los efectos de condiciones de inhibición de lluvia en la humedad del suelo en pajonales naturales y pastoreados. Nuestros resultados mostraron una reducción significativa del contenido de humedad del suelo hasta valores cercanos al punto de marchitez a través de la pérdida gradual de humedad ($0.0018 - 0.018 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) aproximadamente cada 50 días. A pesar de la reducción de humedad del suelo, el análisis del índice de resistencia reveló la alta capacidad de los suelos del páramo durante el periodo de monitoreo tanto en pajonales naturales como pastoreadas para resistir cambios en el contenido de humedad del suelo frente a condiciones de inhibición de precipitación. Esta investigación representó un paso importante en la comprensión de la respuesta del contenido de humedad del suelo frente a condiciones extremas.

Palabras clave

Páramo andino, andosol/andisol, inhibición de lluvia, contenido de humedad del suelo, resistencia al cambio, cambios estructurales.

Abstract

Páramo is essential for the provision of ecosystem services but its response to extreme conditions is poorly understood. Our objective was to study the effects of rainfall inhibition conditions on soil water content in natural and grazed grasslands. Our results showed a significant reduction in soil water content to near wilting point through gradual moisture loss (0.0018 - 0.018cm³cm⁻³) approximately every 50 days. Despite the reduction in soil moisture, the analysis of the resistance index revealed the high capacity of the páramo soils during the monitoring period under both natural and grazed grasslands to resist changes in soil water content in the face of rainfall inhibition conditions. This research represented an important step in understanding the response of soil water content to extreme conditions.

Keywords

Andean páramo, andosol/andisol, rainfall inhibition, soil water content, resistance to change, structural changes.

Patricio Javier Crespo Sánchez, Ph.D.