

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



“ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA, CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DIRECTA, MICROPARCELAS CON CLAVOS DE EROSION, EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO PORCÓN - CAJAMARCA, AÑO 2023.”

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Hidráulico

Autor:

Bach. Castrejón Cueva Javier

Asesor:

Dr. José Francisco Huamán Vidaurre

CAJAMARCA - PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador: JAVIER CASTREJÓN CUEVA**
DNI: 71993386
Escuela Profesional: INGENIERÍA HIDRÁULICA
2. **Asesor: Dr. Ing. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE.**
Facultad: INGENIERÍA.
3. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación: ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA, CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DIRECTA, MICROPARCELAS CON CLAVOS DE EROSIÓN, EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO PORCÓN-CAJAMARCA, AÑO 2023**
6. **Fecha de evaluación: 23 de Octubre de 2025**
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud: 17 %**
9. **Código Documento: oid:3117:517239554.**
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 23 de octubre de 2025



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258001 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 23/10/2025 19:22:34-0500

FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

DNI: 26609077

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA, CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DIRECTA, MICROPARCELAS CON CLAVOS DE EROSIÓN, EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PORCÓN - CAJAMARCA, AÑO 2023.

ASESOR : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0015-2026-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 07 de enero de 2026, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **dieciséis días del mes de enero de 2026**, siendo las quince horas (03:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Ambiente 1A - Segundo Piso), de la facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Vocal : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Secretario : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada **ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA, CON LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DIRECTA, MICROPARCELAS CON CLAVOS DE EROSIÓN, EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PORCÓN - CAJAMARCA, AÑO 2023**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Hidráulica **JAVIER CASTREJÓN CUEVA**, asesorado por el Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 07 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 18 PTS. DIECIOCHO (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de DIECIOCHO (18)
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 17:00 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Presidente

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Vocal

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Secretario

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, primero y ante todo, gracias por alumbrar mi camino y guiarme cada día, a mi compañera, Erika, por su afecto incondicional, su compañía en la alegría y su fortaleza en la adversidad, a Navidad Castrejón Terán y Adelaida Cueva Guevara, mis padres, pilares inquebrantables de mi existir por su eterno cariño, paciencia y entrega, cimientos de cada triunfo, gracias por enseñarme el valor del trabajo y ser mejor persona cada día. A mis abuelos, por ser la raíz de nuestra historia, por las lecciones y principios que perduraran. A mi tío, Osias, por su apoyo incondicional, consejos y optimismo en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca y la facultad de ingeniería por ofrecerme el espacio académico y el soporte necesario para llevar a cabo esta investigación. Al Dr. José Francisco Huamán Vidaurre por su constante apoyo, sus enseñanzas y su orientación, que fueron fundamental para la culminación de este trabajo. Además, al jurado evaluador quienes dedicaron su tiempo y esfuerzo para revisar y enriquecer esta investigación.

.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	xv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xx
CAPITULO I.	1
I. INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Justificación de la investigación.....	5
1.3.1. Justificación Científica.....	5
1.3.2. Justificación técnico - práctica	5
1.3.3. Justificación Institucional y personal	6
1.4. Alcances o delimitación de la investigación.....	7
1.5. Objetivos.....	8
CAPITULO II.	9
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes teóricos.	9
2.1.1. A nivel internacional.	9
2.1.2. A Nivel Nacional.....	11
2.1.3. A Nivel Local.....	13
2.2. Bases teóricos.	15
2.2.1. Erosión.	15

2.2.2.	Erosión hídrica.	15
2.2.3.	Tipos de erosión hídrica.	15
2.2.3.1.	Erosión por salpicadura.	15
2.2.3.2.	Erosión por surcos o regueros.	16
2.2.3.3.	Erosión en barrancos o cárcavas.	17
2.2.3.4.	Erosión en bancos aluviales.	18
2.2.4.	Causas de la erosión.	18
2.2.4.1.	La deforestación.	18
2.2.4.2.	Prácticas agrarias incorrectas.	19
2.2.4.3.	Las sequías.	19
2.2.5.	Modelos de evaluación de la erosión hídrica.	20
2.2.5.1.	Método de evaluación directa.	21
2.2.6.	Fuente de datos edafoclimáticos para el estudio de la degradación de los suelos por erosión hídrica.	
	22	
2.2.6.1.	Precipitación.	24
2.2.6.2.	Propiedades físicas del suelo.	26
2.2.6.3.	Relieve.	28
2.2.6.4.	Cobertura vegetal.	29
CAPITULO III.		30
III. MATERIALES Y MÉTODOS		30
3.1.	<i>Ubicación</i>	30
3.1.1.	Zona de estudio	30
3.1.2.	Caracterización geológica y geomorfológica de la microcuenca.	30
3.1.3.	Caracterización de las zonas de estudio.	37
3.2.	<i>Ubicación del experimento</i>	44
3.3.	<i>Factores y niveles</i>	46
3.4.	<i>Diseño experimental</i>	46
3.5.	<i>Equipos y materiales</i>	49
3.5.1.	Equipos	49
3.5.2.	Materiales	49
3.6.	<i>Metodología</i>	49

3.7.	<i>Estudio de campo</i>	53
3.7.1.	Vegetación herbácea	53
3.7.1.1.	Equipos y materiales	53
3.7.2.	Metodología	53
3.8.	<i>Laboratorio</i>	53
3.8.1.	Densidad aparente.....	53
3.8.1.1.	Equipos y materiales	53
3.8.1.2.	Metodología	54
3.8.2.	Textura del suelo por método de Bouyoucos	54
3.8.2.1.	Equipos y materiales.	54
3.8.2.2.	Metodología Método de Bouyoucos.....	55
3.9.	<i>Estimación del suelo erosionado</i>	56
CAPÍTULO IV.....		57
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	57
4.1.	<i>Densidad aparente.</i>	57
4.2.	<i>Textura del suelo</i>	58
4.3.	<i>Evaluación de la erosión hídrica.</i>	61
4.3.1.	Primer análisis de la erosión hídrica	61
4.3.2.	Segundo análisis de la erosión hídrica	67
4.3.2.1.	Centro poblado Porcon Bajo	67
4.3.2.2.	Caserío Manzanas Capellanía.....	73
4.3.2.3.	Caserío Coñor	79
CAPITULO V.....		87
V.	CONCLUSIONES.....	87
CAPITULO VI.....		89
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	89
6.1.1.	Bibliografía.....	89
6.1.2.	Linkografía	92

CAPITULO VII.	95
VII. ANEXOS	95
7.1. <i>Densidad aparente.</i>	95
7.2. <i>Cobertura vegetal.</i>	95
7.3. <i>Textura del suelo.</i>	96
7.4. <i>Datos de Intensidad y precipitación.</i>	97
7.5. <i>Medición de la erosión.</i>	109
7.6. <i>Fotografías.</i>	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Métodos de evaluación de la degradación del suelo.....	21
Tabla 2 Clasificación de las intensidades de lluvia, según Kohnke (1954).....	26
Tabla 3 Ubicación de microparcels.....	44
Tabla 4 Ubicación de microparcels.....	44
Tabla 5 Ubicación de microparcels.....	44
Tabla 6 Valores de la densidad aparente.....	57
Tabla 7 Valores de la textura de suelo.	58
Tabla 8 Análisis de varianza (ANOVA) para la erosión hídrica.	62
Tabla 9 Prueba de Tukey para el efecto de la pendiente en la erosión hídrica del suelo.	63
Tabla 10 Prueba de Tukey para el efecto de la cobertura en la erosión hídrica del suelo.	63
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para la regresión de la erosión hídrica y precipitación.	64
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) para la regresión de la erosión hídrica y precipitación.	66
Tabla 13 Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el centro poblado Porcón Bajo.	68
Tabla 14 Continuación: Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el centro poblado Porcón Bajo.	69
Tabla 15 Resumen de pérdida de suelo. para las microparcels I, II y III.	70
Tabla 16 Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Manzanas Capellanía.....	74

Tabla 17 Continuación: Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Manzanas Capellanía.....	75
Tabla 18 Resumen de pérdida de suelo. para las microparcels I, II y III.	76
Tabla 19 Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Coñor.	80
Tabla 20	81
Tabla 21 Resumen de pérdida de suelo. para las microparcels I, II y III.	82
Tabla 22 Densidad aparente en la microparcels.	95
Tabla 23 Consolidado de cobertura vegetal en las microparcels.	95
Tabla 24 Textura de suelo en los lugares donde fue instalada las microparcels.	96
Tabla 25 Datos de intensidades máximas por hora, noviembre 2023.	97
Tabla 26 Datos de intensidades máximas por hora, diciembre 2023.	98
Tabla 27 Datos de intensidades máximas por hora, enero 2024.	99
Tabla 28 Datos de intensidades máximas por hora, febrero 2024.	100
Tabla 29 Datos de intensidades máximas por hora, marzo 2024.	101
Tabla 30 Datos de intensidades máximas por hora, abril 2024.	102
Tabla 31 Datos de precipitación, noviembre 2023.	103
Tabla 32 Datos de precipitación, diciembre 2023.	104
Tabla 33 Datos de precipitación, enero 2024.	105
Tabla 34 Datos de precipitación, febrero 2024.	106
Tabla 35 Datos de precipitación, marzo 2024.	107
Tabla 36 Datos de precipitación, abril 2024.	108

Tabla 37 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo,19/11/2023.....	109
Tabla 38 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo,30/11/2023.....	109
Tabla 39 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo,14/12/2023.....	110
Tabla 40 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 31/12/2023.	110
Tabla 41 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 08/01/2024.	111
Tabla 42 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 15/01/2024.	111
Tabla 43 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 31/01/2024.	112
Tabla 44 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 12/02/2024.	112
Tabla 45 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 09/03/2024.	113
Tabla 46 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 16/03/2024.	113
Tabla 47 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 26/03/2024.	114

Tabla 48 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 10/04/2024.	114
Tabla 49 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 29/04/2024.	115
Tabla 50 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,19/11/2023.	115
Tabla 51 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,30/11/2023.	116
Tabla 52 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,14/12/2023.	116
Tabla 53 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,31/12/2023.	117
Tabla 54 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,08/01/2024.	117
Tabla 55 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,15/01/2024.	118
Tabla 56 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,31/01/2024.	118
Tabla 57 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,12/02/2024.	119
Tabla 58 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 09/03/2024.	119

Tabla 59 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas	
Capellania, 16/03/2024.	120
Tabla 60 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas	
Capellania, 26/03/2024.	120
Tabla 61 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas	
Capellania, 10/04/2024.	121
Tabla 62 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas	
Capellania, 29/04/2024.	121
Tabla 63 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,19/11/2023.	
.....	122
Tabla 64 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,30/11/2023.	
.....	122
Tabla 65 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,14/12/2023.	
.....	123
Tabla 66 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,31/12/2023.	
.....	123
Tabla 67 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,08/01/2024.	
.....	124
Tabla 68 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,15/01/2024.	
.....	124
Tabla 69 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,31/01/2024.	
.....	125

Tabla 70 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,12/02/2024.	125
Tabla 71 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,09/03/2024.	126
Tabla 72 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,16/03/2024.	126
Tabla 73 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,26/03/2024.	127
Tabla 74 Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,29/04/2024.	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (a) Gota de lluvia cayendo sobre la superficie (b) Impacto de salpicadura de gota de lluvia (c) Proceso de erosión hídrica.....	16
Figura 2 Erosión por surcos y regueros sobre una ladera y a escala de paisaje.....	17
Figura 3 Formación de una cárcava.....	18
Figura 4 Esquema de las varillas en el suelo, representando los procesos de erosión y sedimentación.	22
Figura 5 Factores que afectan la erosión hídrica.	23
Figura 6 Mapa geológico de la microcuenca del río Porcón.	34
Figura 7 Mapa de pendientes de la microcuenca del río Porcón	35
Figura 8 Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Porcón.....	36
Figura 9 Mapa de pendientes del centro poblado Porcón Bajo	38
Figura 10 Mapa de pendientes del caserío Manzanas Capellania	39
Figura 11 Mapa de pendientes del caserío Coñor.....	40
Figura 12 Mapa de cobertura vegetal del centro poblado Porcón Bajo.....	41
Figura 13 Mapa de cobertura vegetal del caserío Manzanas Capellania.....	42
Figura 14 Mapa de cobertura vegetal del caserío Coñor	43
Figura 15 Plano de ubicación del experimento.....	45
Figura 16 Plano de ubicación y distribución de las microparcels.....	47
Figura 17 Plano de ubicación y distribución de las microparcels.....	48
Figura 18 Mediciones a realizar en los clavos de medición de erosión.....	52
Figura 19 Erosión suelo (cm) en función de la pendiente y la cobertura.	63
Figura 20 Erosión suelo (cm) en función de la pendiente y la cobertura.	65
Figura 21 Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcels I, centro poblado Porcón Bajo.	71

Figura 22 Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela II, centro poblado Porcón Bajo.	71
Figura 23 Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela III, centro poblado Porcón Bajo.	72
Figura 24 Total de suelo erosionado para cada mes del centro poblado Porcón Bajo.	72
Figura 25 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela I, caserío Manzanas Capellanía.	77
Figura 26 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela II, caserío Manzanas Capellanía.	77
Figura 27 Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Manzanas Capellanía.	78
Figura 28 Total de suelo erosionado para cada mes - caserío Manzanas Capellanía.	78
Figura 29 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela I, caserío Coñor.	83
Figura 30 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela II, caserío Coñor.	83
Figura 31 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Coñor.	84
Figura 32 Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Coñor.	84
Figura 33 Erosión Total (tn/h), centro poblado Porcón Bajo, caserío Manzanas Capellanía y Coñor.	85

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Muestra de suelos del centro Poblado Porcón Bajo, para el análisis en el laboratorio.	128
Fotografía 2 Muestra de suelos del caserío Coñor, para el análisis en el laboratorio.	128
Fotografía 3 Muestra de suelos del caserío Manzanas Capellania, para el análisis en el laboratorio.	129
Fotografía 4 Muestra de suelos del centro Poblado Porcón Bajo después de pasar por el tamiz N° 200.	129
Fotografía 5 Muestra de suelos del caserío Manzanas Capellania después de pasar por el tamiz N° 200.	130
Fotografía 6 Muestra de suelos del caserío Coñor después de pasar por el tamiz N° 200.	130
Fotografía 7 Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos.	131
Fotografía 8 Lectura del Volumen desplazado en la probeta.	131
Fotografía 9 Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Caserío Manzanas Capellanía.	132
Fotografía 10 Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Centro Poblado Porcón Bajo.	132
Fotografía 11 Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Caserío Coñor.	133
Fotografía 12 Instalación de la Microparcela I, Centro Poblado Porcón Bajo.	133
Fotografía 13 Instalación de la Microparcela I, Caserío Manzanas Capellanía.	134
Fotografía 14 Instalación de la Microparcela II, Caserío Coñor.	134
Fotografía 15 Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Coñor.	135

Fotografía 16 Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Centro Poblado Porcón	
Bajo.....	135
Fotografía 17 Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Manzanas	
Capellanía.	136
Fotografía 18 Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Manzanas	
Capellanía.	136
Fotografía 19 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón	
Bajo Microparcela I.	137
Fotografía 20 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón	
Bajo. Microparcela II.	137
Fotografía 21 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón	
Bajo. Microparcela III.....	138
Fotografía 22 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor,	
Microparcela I.....	138
Fotografía 23 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor,	
Microparcela II.....	139
Fotografía 24 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor,	
Microparcela III.	139
Fotografía 25 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzanas Capellania,	
Microparcela I.....	140
Fotografía 26 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzanas Capellania,	
Microparcela II.....	140

Fotografía 27 Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzanas Capellania, Microparcela III.	141
---	-----

RESUMEN

La erosión hídrica se presenta como uno de los problemas más críticos que afectan la degradación de los suelos andinos, repercutiendo en la productividad y la estabilidad de los ecosistemas. En la microcuenca del río Porcón ubicada en Cajamarca, Perú, se llevó a cabo la evaluación de la pérdida de suelo en tres localidades: centro poblado Porcón Bajo, y los caseríos Manzanas Capellanía y Coñor. El tipo de investigación fue experimental y transversal, usando un diseño de campo de carácter observacional, con el objetivo de cuantificar la variación de la erosión hídrica en función de las variables edafoclimáticas de cada unidad experimental. Para esto, se instalaron tres microparcels en cada lugar de estudio, cada una midiendo 1.20 m x 2.40 m, compuestas por clavos de erosión, estas microparcels fueron instaladas en pendientes (17.69%, 22.47% y 26%), así como diferentes porcentajes de cobertura vegetal (40%, 60%, 80%).

Las mediciones se realizaron de acuerdo a las precipitaciones durante un período de seis meses, los mayores resultados de erosión hídrica se obtuvieron en el caserío Manzanas Capellanía de 0.376 (Tn/h), seguidamente en centro poblado Porcón Bajo, la pérdida de suelo por erosión hídrica en dicho lugar fue de 0.347 (Tn/h) y en el caserío Coñor 0.335 (Tn/h). En total, la pérdida de suelo por erosión hídrica en los tres lugares de estudio alcanzó 1.058 (Tn/h). Durante el periodo de estudio, la precipitación total alcanzó 736,72 mm, con máximos de 132,5 mm en 24 h (diciembre) y 75,6 mm en 24 h (marzo). La intensidad horaria máxima superó los 12 mm/h, observándose que a mayor intensidad de las lluvias correspondía una notable pérdida de suelo.

Las propiedades físicas del suelo también reforzaron la explicación de los resultados obtenidos. En Porcón Bajo presentó menor densidad aparente ($1,56 \text{ g/cm}^3$) respecto a Manzanas Capellanía ($1,88 \text{ g/cm}^3$) y Coñor ($1,65 \text{ g/cm}^3$); las texturas dominantes fueron arcilloso-limoso (Porcón Bajo), franco arcilloso limoso (Manzanas Capellanía) y franco arcilloso arenoso (Coñor).

Los resultados muestran que la erosión hídrica, no depende únicamente de la pendiente y la cobertura vegetal, sino que está relacionada con las características del suelo: densidad, textura y capacidad de infiltración, que influyen en la vulnerabilidad de cada área ante fuertes lluvias.

Palabras claves: Pendiente, factores de erosión, cobertura vegetal, precipitación, intensidad, erosión hídrica del suelo.

ABSTRACT

Water erosion is one of the most critical problems affecting the degradation of Andean soils, impacting the productivity and stability of ecosystems. In the Porcón River micro-basin located in Cajamarca, Peru, soil loss was assessed in three locations: the Porcón Bajo population center and the Manzanas Capellanía and Coñor hamlets. The research was experimental and cross-sectional, using an observational field design. The objective was to quantify the variation in water erosion based on the soil and climate variables of each experimental unit. To this end, three microplots were established at each study site, each measuring 1.20 m x 2.40 m, composed of erosion spikes. These microplots were installed on slopes (17.69%, 22.47%, and 26%), as well as with different percentages of vegetation cover (40%, 60%, 80%). Measurements were made based on rainfall over a six-month period. The highest water erosion rates were recorded in the Manzanas Capellanía hamlet, with 0.376 tons per hour. The highest soil loss due to water erosion was recorded in the Porcón Bajo village, where it was 0.347 tons per hour, and 0.335 tons per hour in the Coñor hamlet. In total, soil loss due to water erosion at the three study sites reached 1,058 tons per hour. During the study period, total precipitation reached 736.72 mm, with peaks of 132.5 mm per 24 h (December) and 75.6 mm per 24 h (March). The maximum hourly rainfall intensity exceeded 12 mm per hour, and it was observed that greater rainfall intensity corresponded to significant soil loss. The physical properties of the soil also reinforce the explanation for the results obtained. Porcón Bajo had a lower bulk density (1.56 g/cm³) compared to Manzanas Capellanía (1.88 g/cm³) and Coñor (1.65 g/cm³); the dominant textures were silty clay (Porcón Bajo), silty clay loam (Manzanas Capellanía), and sandy clay loam (Coñor).

The results show that water erosion does not depend solely on slope and vegetation cover, but is also related to soil characteristics: density, texture, and infiltration capacity, which influence the vulnerability of each area to heavy rainfall.

Keywords: Slope, erosion spikes, vegetation cover, precipitation, intensity, soil water erosion.

CAPITULO I.

I. INTRODUCCION

Según la Organización de las Naciones Unidas, el proceso de erosión hídrica es considerado uno de los procesos de degradación del suelo más importantes en el mundo, ya que puede afectar directamente en la productividad de los territorios, el equilibrio de los ecosistemas y la sostenibilidad ambiental, este fenómeno afecta aproximadamente a un 14% de la población de América Latina y el Caribe, con mayor intensidad en Centroamérica, donde se llega a un 26% (Alegre, J. 2016).

En el Perú, estudios realizados sobre la erosión hídrica menciona que un 26% de la región del Pacífico ha sido afectado por la erosión hídrica de alta o muy alta, y se considera que esa situación afecta la seguridad alimentaria, la disponibilidad de recursos naturales y el desarrollo rural sostenible (Rojas, E. 2017).

En este sentido, la microcuenca del río Porcón localizada en la región de Cajamarca, representa un ejemplo significativo de los obstáculos que la erosión hídrica con características edafoclimáticas específicas como suelos franco-arcillosos, franco-arenosos y con pendientes pronunciadas de terrenos destinados a cultivos y pastos, la microcuenca presenta un nivel de degradación del suelo que afecta de una forma u otra tanto la producción agrícola como como la estabilidad ecológica. Además, trabajos realizados por el Gobierno Regional de Cajamarca (2012) han identificado procesos severos de desertificación que afectan unas 22,414 hectáreas, lo cual equivaldría al 0.68% del territorio departamental (Puicón, J. 2012).

Uno de los aspectos que de cierta forma agudizan la erosión hídrica en esta microcuenca, es la intensidad de la lluvia.

(Alatorre, L. 2012), expone que la lluvia es el factor climático más determinante que influye en la degradación del suelo, sobre todo en zonas donde la cobertura vegetal es insuficiente. Esto se debe por el cambio climático que ha incrementado la variabilidad de la intensidad de las lluvias, generando un impacto adverso en la región. En este contexto, la aplicación de métodos efectivos para la evaluación y mitigación de la erosión hídrica es fundamental para la planificación y conservación de los recursos naturales.

El presente estudio radica que la información obtenida permitirá identificar áreas críticas de degradación del suelo y formular soluciones basadas en evidencias e implementar estrategias como la reforestación, la cobertura vegetal y el cultivo para prevenir la erosión hídrica, Además, este enfoque implica ayudar abordar objetivos importantes para una mejor seguridad alimentaria, el uso eficiente del agua y la conservación de la naturaleza.

1.1. Planteamiento del problema

La erosión del suelo es un problema con enormes impactos ambientales, que afecta la productividad de la tierra y pone en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas. A nivel mundial, se evidencia que la cantidad de tierra disponible por personas ha ido bajando desde los años 50, lo que ha generado que vaya disminuyendo los suelos fértiles para la producción de alimentos (Alegre, J. 2016). En América Latina y el Caribe (ALC), alrededor del 14% de la tierra está afectada por la degradación de suelos, siendo aún más grave en Mesoamérica, con un 26% de la tierra degradada (Rojas, E. 2017)

En el contexto peruano, la región de Cajamarca viene siendo cada vez más vulnerable a la pérdida de suelos por factores biofísicos como las condiciones edafoclimáticas, la presencia de fuertes precipitaciones, pendientes pronunciadas y la textura del suelo. De acuerdo al estudio de desertificación en la región de Cajamarca muestra que aproximadamente 22,414.16 hectáreas de tierra se encuentran en estado de desertificación severa, equivalente al 0.68% del total departamental, mientras que 61.089,33 hectáreas de tierra se encuentran en proceso de desertificación leve, lo que representa el 1,85% del territorio (Puicón, J. 2012)

La erosión del suelo es un problema que afecta principalmente a regiones con fuertes pendientes, suelos de textura frágil y condiciones climáticas adversas. En la microcuenca del río Porcón, por ejemplo, la clasificación de suelo son P2sc(t) (apto para pasto) y F3sec (apto para suelo de producción forestal); la clasificación incluye el tipo de suelo FrArA (franco arcilloso arenoso), FrA (franco arenoso) y Fr (franco); la microcuenca es en su mayoría son terrenos de pastizales, cultivables; además con pendientes pronunciadas según clasificación CUM (capacidad de uso de mayor) indicando que se trata de suelos propensos a la erosión hídrica (Rojas, W. 2019). Las precipitaciones intensas juegan un papel crucial en la erosión de los suelos en Cajamarca. El

impacto de las fuertes lluvias sobre los suelos con pendientes pronunciadas y escasa cobertura vegetal acelera los procesos de degradación y reduce la capacidad productiva del suelo (Alegre, 2016). La erosión del suelo no sólo reduce la fertilidad del suelo, sino que también afecta la infiltración y el almacenamiento de agua, causando problemas en el ciclo hidrológico y creando mayores riesgos de desastres naturales como deslizamientos de tierra e inundaciones (Ocaña, A. 2005).

La degradación del suelo ha sido identificada como un grave problema en la microcuenca del río Porcón, donde se ubica el caserío de Coñor, Manzanas Capellanía y el centro poblado de Porcón Bajo. La degradación del suelo en estas áreas está relacionada con una combinación de factores naturales y actividades humanas, como el uso intensivo del suelo, la falta de medidas de conservación adecuadas, la expansión no planificada de tierras agrícolas y la mala gestión del agua de riego (MINAGRI, 2015).

Frente a esta situación, es crucial tener métodos precisos para evaluar la erosión hídrica. Una de las herramientas más efectivas es el método de evaluación directa utilizando microparcels experimentales con clavos de erosión. Este enfoque nos permite cuantificar las pérdidas de suelo al medir las variaciones en la superficie del terreno tras eventos de precipitación (Pizarro, C. 2002)

Considerando el problema de la erosión hídrica en la microcuenca del río Porcón y su efecto en la degradación del suelo, surge la siguiente pregunta de investigación la pérdida de suelo por erosión hídrica en (tn/h) en los caseríos Coñor, Manzanas Capellanía y el Centro Poblado Porcón Bajo, en función de las condiciones edafoclimáticas, mediante el método de evaluación directa con microparcels con clavos de erosión.

1.2. Formulación del problema

La pérdida de suelo por erosión hídrica en (tn/h) en los caseríos Coñor, Manzanas Capellanía y el Centro Poblado Porcón Bajo, en función de las condiciones edafoclimáticas, mediante el método de evaluación directa con microparcels con clavos de erosión.

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación Científica

Esta investigación se sustenta al aplicar el método científico mediante un diseño experimental de campo basado en microparcels con clavos de erosión, técnica ya validada en varios estudios tanto internacionales como nacionales (Sanhueza, 2008; Quispe, 2018; Ignacio, 2018), con el propósito de obtener resultados empíricos, objetivos y reproducibles sobre la pérdida de suelo en la microcuenca del río Porcón. A través de la observación sistemática, mediciones periódicas y la comparación de variables como la pendiente (17.69%, 22.47% y 26%), cobertura vegetal (40%, 60% y 80%) e intensidad de lluvia, se buscó:

Identificar los factores más determinantes en la erosión hídrica.

Establecer relaciones causa y efecto entre pendiente, cobertura vegetal y precipitación.

De esta manera, el estudio responde a la necesidad de contar con mediciones confiables en las zonas de estudio Caserío Coñor, Manzanas Capellanía y centro poblado Porcón Bajo, pertenecientes a la microcuenca del río Porcón. aportando información técnica que permite comprender con mayor precisión la dinámica de la erosión hídrica y sus principales factores asociados en la microcuenca del río Porcón.

1.3.2. Justificación técnico - práctica

Desde un punto de vista técnico, esta investigación permitirá evaluar la erosión hídrica en distintas zonas bajo condiciones edafoclimáticas variables caseríos Coñor, Manzanas de

Capellanía y el centro poblado Porcón Bajo, utilizando una metodología de medición directa microparcels con clavos de erosión. Esta técnica es una herramienta útil para determinar cuantitativamente las pérdidas del suelo y determinar los factores principales como la densidad aparente, la textura, la cobertura vegetal y la pendiente (Pizarro, C. 2009).

El estudio actual no solo proporcionará datos sobre la erosión en los lugares de estudio, además permitirá crear una base científica para futuras investigaciones y proyectos de protección del suelo. La información obtenida servirá como referencia al desarrollo de modelos de erosión adaptados a las condiciones locales que facilitan la decisión de crear el uso de la tierra y la implementación de prácticas de gestión sostenibles. Además, evaluar los efectos de las condiciones edafoclimáticas en la erosión hídrica ayudará a comprender los procesos de degradación del suelo, lo que optimizará la estrategia de conservación a nivel técnico y práctico.

1.3.3. Justificación Institucional y personal

La investigación se justifica por su relevancia científica e institucional. La erosión hídrica constituye un problema crítico que degrada el suelo, reduce la productividad agrícola y amenaza la estabilidad de los ecosistemas. En la microcuenca del río Porcón, donde confluyen pendientes pronunciadas, lluvias intensas y suelos frágiles, resulta necesario generar datos locales confiables que permitan comprender la magnitud del problema y caracterizar los factores que intervienen en la pérdida de suelo. La aplicación de microparcels con clavos de erosión, posibilita obtener mediciones objetivas sobre la influencia de la pendiente, la cobertura vegetal y la intensidad de la lluvia en la pérdida de suelo. Los resultados obtenidos tendrán utilidad para instituciones como el MINAM, el MIDAGRI y los gobiernos regionales, al aportar información local sobre los procesos de erosión hídrica. Asimismo, reforzarán el papel de la Universidad Nacional de Cajamarca como institución dedicada a generar conocimiento científico y técnico, útil para

entender la erosión hídrica y el comportamiento de los recursos naturales en la región. Al mismo tiempo, el estudio constituye una oportunidad para el desarrollo personal y académico, al permitir aportar y profundizar conocimientos en hidrología, edafología y técnicas de evaluación directa para la medición de la erosión hídrica, aportando a la formación profesional y a la consolidación de habilidades analíticas críticas. Contribuyendo al desarrollo de capacidades de análisis y reflexión. Del mismo modo, la participación de las comunidades locales asegura que la investigación sea socialmente pertinente y éticamente responsable, reforzando el compromiso personal con la conservación del suelo, la reducción de la degradación y la aplicación de la ciencia para el beneficio de la población cajamarquina.

1.4. Alcances o delimitación de la investigación.

La investigación involucra parámetros de geomorfología, hidrología y estudio de suelos, que en conjunto permiten determinar la erosión hídrica mediante el método de evaluación directa con microparcels y clavos de erosión. El área de estudio comprende los caseríos de Coñor, Manzanas Capellanía y el centro poblado Porcón Bajo, pertenecientes a la microcuenca del río Porcón, en la región Cajamarca.

De manera puntual, el estudio se centra en la medición y análisis de variables edafoclimáticas (pendiente, cobertura vegetal, intensidad y volumen de precipitación) y su relación con la pérdida de suelo, lo cual posibilita identificar factores determinantes en la erosión hídrica. En cuanto a la delimitación temporal, la investigación se desarrolló entre noviembre de 2023 y abril de 2024, periodo que coincide con la temporada de lluvias en la zona, lo que permitió registrar la mayor variabilidad de eventos de precipitación y obtener resultados representativos.

1.5. Objetivos

Objetivo general.

- Estimar la pérdida de suelos por erosión hídrica, mediante microparcels con clavos de erosión, en las condiciones edafoclimáticas en la microcuenca del río Porcón; caseríos Coñor, Manzanas Capellanía y el centro poblado Porcón Bajo.

Objetivos específicos.

- Describir las zonas de estudio.
- Estimar el muestreo de las tres situaciones experimentales instaladas en cada zona de estudio.
- Determinar la densidad aparente, textura del suelo, además la cobertura vegetal y la pendiente en las nueve situaciones experimentales.
- Medir la erosión hídrica del suelo de las tres unidades experimentales instaladas en el caserío Coñor, Manzanas Capellanía y el centro poblado Porcón Bajo.
- Proponer solucionar a la problemática encontrada.

CAPITULO II.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos.

2.1.1. A nivel internacional.

(Sanhuesa, P. 2008) en su estudio desarrollada en el Predio Platanillos, VII Región, Chile, tuvo como objetivo instalar parcelas de clavos de erosión, aplicando tres situaciones diferentes de manejo postcosecha forestal, para medir la erosión hídrica.

El autor observo que el uso de varillas de acero para medir la erosión resulta ser económico, sencillo y fácil de usar, pero pueden surgir complicaciones en aéreas con gran cantidad residuos vegetales que no sea degradada como en T2 y T3.

En la situación donde se quemaron los residuos presentó la mayor pérdida de suelo, alcanzando 46,8 t/ha/periodo. La menor cantidad de suelo movilizado se obtuvo en dicho tratamiento 297,9 ton/ha/periodo.

Los mejores resultados de erosión neta promedio de 19.4 ton/ha/periodo se obtuvieron en el tratamiento con fajas, Además, este tratamiento fue el menos erosivo (164,2 t/ha/periodo), aunque su cobertura fue solo del 50%.

Asimismo, el grado de cobertura para la situación o tratamiento con desechos esparcidos (T3) era del 100% de cobertura, y la cantidad promedio de erosión es de 169.3 ton/ha/periodo. En cambio, la sedimentación media logro alcanzar 178,4 t/ha por periodo, Por lo tanto, T3 sería el tratamiento más adecuado para su aplicación postcosecha si se utiliza para mitigar la erosión del suelo y mejorar la estabilidad.

(Pizarro, R. 2009), en su propuesta de investigación sobre un modelo para estimar la perdida de suelo generada por lluvia desarrollado en la región de Coquimbo, Chile, lo cual tiene

como objetivo mejorar la productividad agrícola y ganadera utilizando parcelas experimentales varillas de acero.

En su estudio, midió entre ciento treinta a ciento treinta y cinco varillas por parcela, tres parcelas en cada lugar de estudio, sumando un total de treinta sectores repartidos en las tres provincias de la Región de Coquimbo.

Durante todo el período de estudio (2007-2009), la provincia de Limari mostró la mayor erosión hídrica correspondientes a 5,37 t/ha; seguida de Elki con 4,75 t/ha, y finalmente la provincia de Choapa con un rendimiento de 4,38 t/ha. Estos resultados fueron clave para decidir la creación de un modelo que prediga la erosión hídrica.

(Ignacio, R. 2018) realizó un estudio “Erosión hídrica bajo tres estadios de sucesión de bosque dentro del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica”, en la provincia de Guanacaste, Bagaces, el objeto de estudio fue estimar la tasa de erosión y sedimentación por lluvia bajo tres condiciones de sucesión de bosque: temprana, media y tardía al 20%, 30% y 40% de pendiente. El investigador utilizó parcelas de 3 m², donde logró instalar pines de 40 cm longitudinalmente y 20 cm transversalmente, dependiendo de la pendiente, lo cual instaló 1080 pines, 40 pines por parcela, por lo que logró utilizar un área de 81 m².

Al analizar los resultados de los diferentes estadios de sucesión, encontró que el estadio temprano solo contaba con dos estratos: un dosel bajo y brinzales, con un promedio de erosión hídrica de 4,75 Mg/ha/año, bajo una máxima intensidad de lluvia de 23 mm en 15 minutos. En contraste, los estadios intermedio y tardío tenían tres estratos vegetales, un dosel bien definido, sotobosque y brinzales. Concluyó que la erosión hídrica en el Parque Nacional Palo Verde es más alta en el estadio de sucesión temprano en comparación con los estadios intermedio y tardío, además de que no hay diferencias significativas en la erosión hídrica laminar para pendientes entre el 20%

y el 40%. Cabe mencionar que la región donde se encuentra el Parque Nacional Palo Verde (PNPV) recibe precipitaciones intensas, lo que agrava la erosión del suelo durante la temporada húmeda.

2.1.2. A Nivel Nacional.

(Quispe, O. 2018), para obtener el grado de magister realizó un estudio cómo la cobertura vegetal influye en la erosión hídrica del suelo en la comunidad de San Mateo, Perú. Esta investigación lo llevo a cabo en el distrito de San Mateo dentro de la provincia de Huarochirí, departamento de Lima; lo cual tuvo como objetivo estimar la erosión hídrica bajo cuatro tipos de tratamiento del suelo, el tratamiento I, suelos con cobertura vegetal; II, suelo desnudo; III, suelos con cobertura de mulch (rastrojo); IV suelo con cobertura natural, dichos tratamientos se llevó a cabo en 16 parcelas de 4,0 m², con tres calles de entrada de 0,8 m de ancho, que facilitó la ubicación de 256 varillas de fierro de 1/4 de pulgada de diámetro y 30cm de altura en 4 bloques. Para la realización de este estudio el autor utilizó mapas catastrales del (SINIA) y datos del Servicio Nacional de Meteorología respecto a las precipitaciones anuales y su intensidad. Finalmente, el investigador obtuvo resultados durante un año; lo cual, para él, T1; 10,9 t/ha-año; en el T2, 44,85 t/ha-año; seguidamente T3, 17,18 t/ha-año; finalmente para el T4, 28,651 t/ha-año; concluyendo que la mayor pérdida de suelo ocurre en el suelo desnudo.

(Flores, O. 2017), en su investigación hace una comparación entre el método USLE y varillas en la en la Subcuenca del río Pusmalca, desarrollada en el distrito de San Miguel del Faique, Provincia de Huancabamba, Departamento de Piura; estudio en el cual utilizó varillas de acero que fueron instaladas en parcelas, esta muestra será de tipo no probabilística por presentar indicios de erosión hídrica.

Dicho investigador utilizó técnicas SIG que a través de ello le permitió aplicar el método USLE, lo cual involucra en su cálculo las variables R (factor de erosividad de la lluvia); K (fragmentos de roca); LS (pendiente del terreno); C (cobertura vegetal); P (es el factor practica mecánica de apoyo de conservación); además utilizo varillas de acero método de campo.

Concluyendo que las pérdidas de suelos por el método USLE se calcularon en 53, 72, 76, 86, 96 t/ha/año para periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, y 100 años respectivamente. En el segundo análisis método de las varillas de acero, las pérdidas de suelo de 46, 54, 67, 76, y 85 t/ha/año. Comparando ambos métodos, el de varillas se acercó más a los valores reales, estableciendo un índice de eficiencia de Nash-Sutcliff de 0.99 y una raíz media del error cuadrático de 4, lo que indica un buen ajuste, con un error menor al 15%.

(Villanueva, J. 2018), en su tesis “Erosión Hídrica y la Degradación de Suelos Agrícolas en las Condiciones Edafoclimáticas”, llevada a cabo en la microcuenca de Rio Blanco en la localidad de Ocucalla distrito de San Rafael, Provincia de Ambo, Región Huánuco; el investigador determinó los parámetros de erosión empleado microparcels de varillas de erosión y estimó la perdida de nutrientes del suelo con parcelas de escorrentía. El estudio incluyó para esto utiliza una muestra de estudio, lo cual estuvo constituido por 27 microparcels con un total de 486 varillas distribuidas en 9 parcelas, con 3 microparcels por cada parcela.

El autor creyó conveniente utilizar análisis documental, análisis de contenido (información de libros, tesis, revistas, etc.); fichaje; técnicas de campo (observación).

Finalmente logro concluir que en suelo sembrado de maíz según el investigador hubo una pérdida de 16598 kg/ha, en el suelo sin cobertura vegetal tiene una erosión de 16541 kg/ha y las parcelas con pasto nativo de 2565 kg/ha. Además, la pérdida de nutrientes del suelo fue mayor para el NPK que para los cationes intercambiables, sugiriendo que el NPK es más sensible a la erosión

hídrica. Las áreas no cubiertas por vegetación tuvieron mayores pérdidas de nitrógeno y pentóxido de fósforo de 24,64 kg/ha y 0,63 kg/ha, respectivamente. El óxido de potasio (K₂O) pierde aún más de este nutriente a 6,16 kg/ha debido a la cubierta de césped natural.

2.1.3. A Nivel Local.

(Bada, A. 2023), en su investigación, desarrollada en Lluñibamba, Jesús, Cajamarca; analizó la erosión hídrica utilizando parcelas con clavos de erosión, considerando factores como la pendiente, la cobertura vegetal y precipitación. Además, determinó la densidad aparente y textura del suelo en 18 unidades experimentales.

El tesista concluye de acuerdo a sus objetivos planteados, que en la pendiente del 20%, se dio la mayor erosión hídrica del suelo (0,1017 t/ha), lo cual estuvo cubierto por plántulas de trigo, mientras que la menor erosión (0,0604 t/ha) se observó con pasto natural.

La pendiente de 12% cubierta con trigo, se registró la menor erosión hídrica del suelo (0,0191 t/ha), siendo esta el T1 en comparación con la pendiente de 15% (0,0313 t/ha) y 20% (0,1017 t/ha); la menor erosión hídrica (0,0103 t/ha) fue en pendientes 15% (0,0202 t/ha) y 20% (0,0604 t/ha) para pastos naturales (*Aristida adsencionis*, *Trisetum spicatum*) y cobertura vegetal en pendiente 12%.

Con respecto a la precipitación el tesista afirma que el total fue de (146,9 mm), observando variabilidad en los valores a lo largo de los cinco meses de medición. Notó que la mayor precipitación es de (22,7 mm) en los meses de febrero y marzo, además es donde se presenta la mayor pérdida de suelo por erosión hídrica.

En cuanto a la textura del suelo, para los tratamientos T2 (pasto natural más pendiente 12%) y T3 (trigo más pendiente 15%) identificó como FrA, mientras que para el tratamiento T1 (trigo más pendiente del 12%), T4 (pasto natural más pendiente del 15%) la textura del suelo también

es FrA. Para T5 (trigo en una pendiente del 20%) y T6 (césped natural en una pendiente del 20%) se identificó como FrArA. Esto sugiere que el suelo agrícola es más productivo ya que contiene una mezcla adecuada de arena, arcilla y limo.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Erosión.

La erosión del suelo se refiere al proceso de remoción, desgaste o desplazamiento de la capa superficial del suelo, que es causada por agentes naturales como: agua, viento, hielo o actividades humanas. (Alonso, A. 2011)

2.2.2. Erosión hídrica.

La erosión hídrica es un proceso continuo en el que las partículas y los fragmentos de suelo se separan y son transportados por el agua, con el fin de ser depositados en otras áreas. Generalmente, la pérdida de suelo debido a la erosión hídrica se mide en unidades de peso por área y tiempo ($\text{Mg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$), o por el espesor del suelo perdido durante un período determinado. (mm año^{-1}). (Falcón, R. 2002)

La erosión hídrica tiene un carácter cíclico. Al estudiar este ciclo en un lugar determinado, se puede notar que las etapas del proceso están marcadas por distintas formas de erosión. El tipo de erosión que se presenta depende de una combinación de factores internos, como las propiedades del suelo, y factores externos, como el clima y la topografía. Estos factores pueden crear condiciones favorables para el desarrollo de procesos erosivos que mantienen propiedades cíclicas. (Falcón, R. 2002)

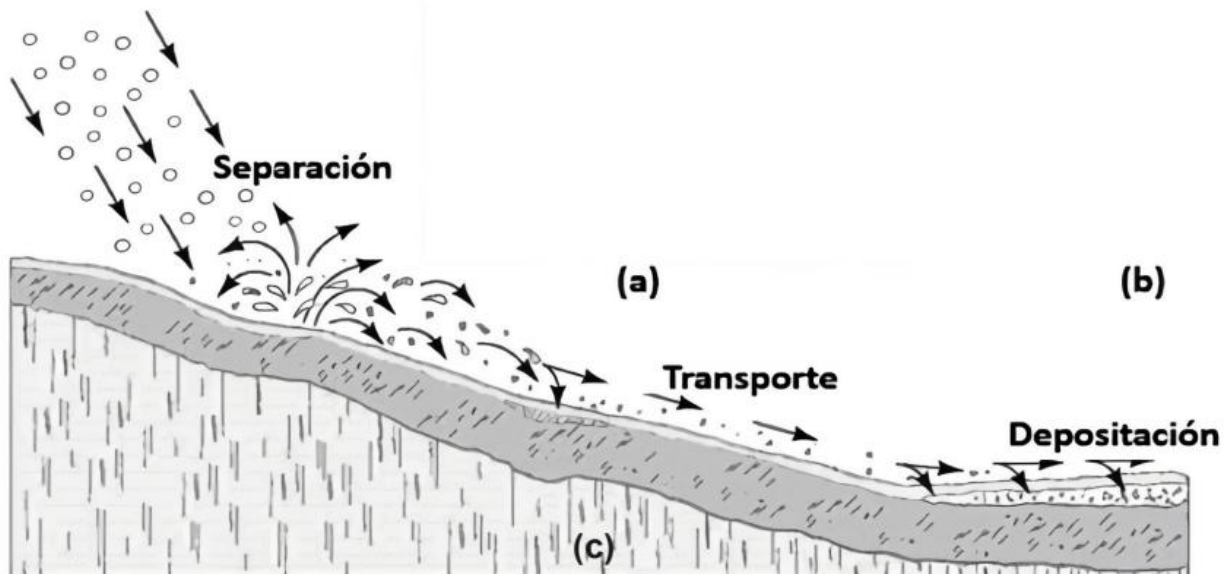
2.2.3. Tipos de erosión hídrica.

2.2.3.1. Erosión por salpicadura.

La erosión por salpicadura es la fase inicial de la erosión y ocurre cuando las gotas de lluvia impactan directamente sobre un suelo desnudo (Figura 1). Estas gotas, al caer sobre la superficie del suelo, se combinan con la fuerza de la gravedad, provocando que las partículas del suelo se separen y se desprendan, lo que facilita su transporte por el agua. (Telkar S.G., 2015)

Figura 1

Proceso de Erosión Hídrica: Etapas de Separación, Transporte y Deposición del Suelo por Salpicadura de Gota de Lluvia.



Fuente: modificado de Stitcher 2010.

2.2.3.2. Erosión por surcos o regueros.

(Anita, K. 2020), la erosión es causada por la formación de surcos es una etapa progresiva en la erosión de laminar del suelo. Este tipo de erosión, el agua acumulada en pequeños canales acelera la remoción el suelo, creando grietas en el suelo o canales más profundos a medida que avanza el proceso. (Telkar S.G., 2015)

Entre los factores claves que causan la erosión de surcos o regueros son la agresividad del suelo, la pendiente del terreno, la capacidad del agua para transportar sedimentos y la conductividad hidráulica del flujo de agua (USDA, 2006). Según (Anita, K. 2020), los canales o arroyos generados por erosión pueden ser manejados a través de prácticas agrícolas, aunque las lluvias intensas pueden provocar una mayor pérdida de suelo. En la siguiente figura se puede apreciar la erosión por surcos o regueros.

Figura 2

Erosión por surcos y regueros sobre una ladera y a escala de paisaje.



Fuente: modificado de Stitche 2010.

2.2.3.3. Erosión en barrancos o cárcavas.

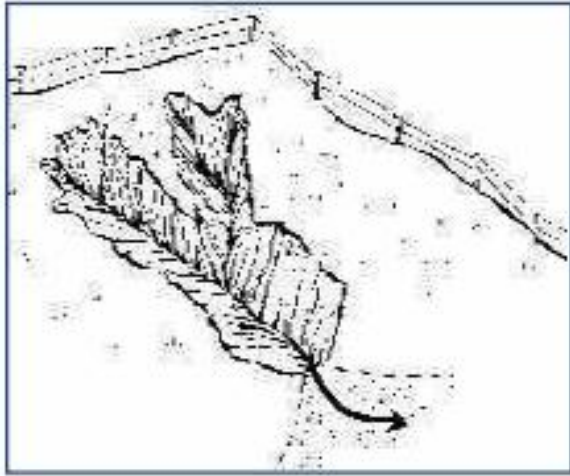
La aparición de cárcavas en un terreno es señal de niveles elevados de erosión, y esto inicia cuando la mayor parte de la capa superficial del suelo es removida y ha sido arrastrada por la erosión. Este proceso da origen a canales, huellas en los caminos y acequias y otras depresiones donde el agua tiende a concentrarse.

En las primeras etapas de este fenómeno, se forma una zanja incipiente, comenzándose a notarse en el terreno la acumulación del agua en pequeños canales. El flujo de agua en movimiento va arrastrando materiales lavados o caídos del fondo la cárcava, lo que genera una profundización progresiva.

Dentro de una cárcava, se puede observar diversos tipos de erosión: erosión superficial, interna y desmoronamiento. Estos procesos afectan las zonas cercanas, afectando áreas de producción agrícola, obras públicas y otros terrenos. (Colegio de Postgraduados, 1991)

Figura 3

Formación de una cárcava.



Fuente: Colegio de Postgraduados, 1991.

2.2.3.4. Erosión en bancos aluviales.

La erosión en bancos aluviales ocurre principalmente por la acción del agua de escorrentía que desciende desde las zonas altas, generando el desprendimiento del suelo o derrumbe de las orillas en quebradas, canales o ríos. Factores como la agricultura, el pastoreo intensivo y el tránsito constante de personas o animales en las márgenes, sumados a la ausencia de cobertura vegetal, aceleran este proceso. Estos efectos se pueden mitigar, implementando prácticas de protección como la siembra de pastos y árboles, la construcción de obras de ingeniería, la colocación de materiales rocosos o maderables en riberas, el uso de geotextiles y el redireccionamiento de la escorrentía hacia zonas menos vulnerables (USDA, 2006).

2.2.4. Causas de la erosión.

2.2.4.1. La deforestación.

La deforestación y la expansión urbana ocasionan la pérdida de la cobertura vegetal que cumple un papel importante en la protección del suelo. Las prácticas como la quema de pastizales y el

desbroce indiscriminado dejan la superficie expuesta, favoreciendo así al aumento de pérdida de suelo. Los árboles y demás vegetación cumplen la función de mantener unidas las partículas del suelo, y reducir el impacto de las lluvias y avenidas; sin embargo, al eliminar esta cobertura, el suelo queda desprotegido y se intensifica su degradación. (Cisneros, J. 2012)

2.2.4.2. Prácticas agrarias incorrectas.

La conversión de los ecosistemas naturales en zonas de pastoreo y sobrepoblación, reduce significativamente la cobertura vegetal y acelera el deterioro de la capa fértil del suelo. Esto provoca pérdida de nutrientes, disminución de la productividad agrícola y un mayor riesgo de erosión tanto hídrica como eólica. Asimismo, la labranza excesiva fragmenta las partículas del suelo y crea canales que facilitan la escorrentía superficial, intensificando el arrastre de materiales y aumentando la vulnerabilidad del terreno frente a procesos erosivos (Cisneros, J. 2012).

2.2.4.3. Las sequías.

Las sequías se producen cuando la disponibilidad de agua se mantiene por debajo de los niveles promedios durante un periodo prolongado, afectando así una región específica. Esto suele suceder cuando las precipitaciones son bajas de manera persistente, provocando una disminución de la humedad del suelo y una reducción de la cantidad del agua disponible. Esta escasez de agua, en comparación con los niveles normales, puede generar una situación en la que las comunidades locales no están preparadas para enfrentarla. (Tallaksen & Van Lanen, 2004)

Las sequías pueden ser clasificadas según Tallaksen & Van Lanen:

a) Meteorológica.

Se refiere al déficit de precipitaciones sobre un área extensa durante un periodo de tiempo considerable; Este déficit se mide comparando los valores de precipitación con los niveles climáticos habituales para esa zona.

b) Hidrológica.

Se refiere a la falta de escorrentía o flujo de agua en los ríos o fuentes naturales debido al déficit de lluvia durante un tiempo prolongado. Afectando las aguas superficiales como las subterráneas, que presentan niveles inferiores a los normales.

c) Agrícola.

Se habla de sequía agrícola cuando la cantidad de humedad del suelo es insuficiente para el desarrollo de los cultivos, afectando directamente a la producción de alimentos y la agricultura.

d) El cambio climático.

El cambio climático está causando una serie de alteraciones tanto a nivel global como regional y local. Estas alteraciones tienen efectos significativos sobre la agricultura, ya que los cultivos son altamente sensibles a los cambios en la temperatura y en la distribución e intensidad de la lluvia. Frente a esto se debe tomar acciones de adaptación que los países deben apegarse a ello; se debe dejar a un lado, las tradiciones y costumbres, el miedo al cambio; para obtener un costo beneficio además se debe dar asesoría técnica y apoyo económico por parte de los gobiernos. (Bárbara, Martínez & Francisco, 2017)

2.2.5. Modelos de evaluación de la erosión hídrica.

Existe diversos métodos para evaluar la degradación del suelo, ya sea desde una perspectiva cualitativa o cuantitativa, la distinción entre ambos enfoques no es tan clara, ya que para realizar las evaluaciones de degradación de suelos cualitativamente, a menudo se requieren el uso de herramientas cuantitativamente. (Almorox, J. 1994)

Tabla 1

Métodos de evaluación de la degradación del suelo.

Métodos	Aplicación
Cualitativos	Evaluación de formas de degradación
	Evaluación del grado de degradación
	Evaluación directa (medición)
Cuantitativos	Evaluación indirecta (modelos)

Fuente: (Almorox, D.L. 1994)

2.2.5.1. Método de evaluación directa.

a) Parcelas experimentales de clavos de erosión.

Es un sistema sencillo y económico que permite muestrear un gran número de puntos y obtener estimaciones eficientes.

Esto implica insertar una varilla medidora en el suelo para que los cambios en el nivel del suelo puedan "leerse" desde su parte superior (Figura 4). Las varillas pueden estar hechas de materiales como madera, hierro o cualquier otro material no destructivo, que sea accesible y económico. Estas varillas deben ser lo suficientemente largas para clavarse en el suelo y obtener datos específicos. Normalmente, se utiliza varillas de 30 cm es la longitud, aunque pueden ser más cortas si el suelo es poco profundo o más largo si el suelo es suelto. Se recomienda que el diámetro no supere los 5 mm, porque un espesor mayor interferiría con la escorrentía y afectaría la precisión de las lecturas. (Hudson, N. 1997)

(Cuitiño, P. 2002) explica que estos procesos pueden resumirse mediante la siguiente formula:

$$X=Y *Da.....(1)$$

Donde:

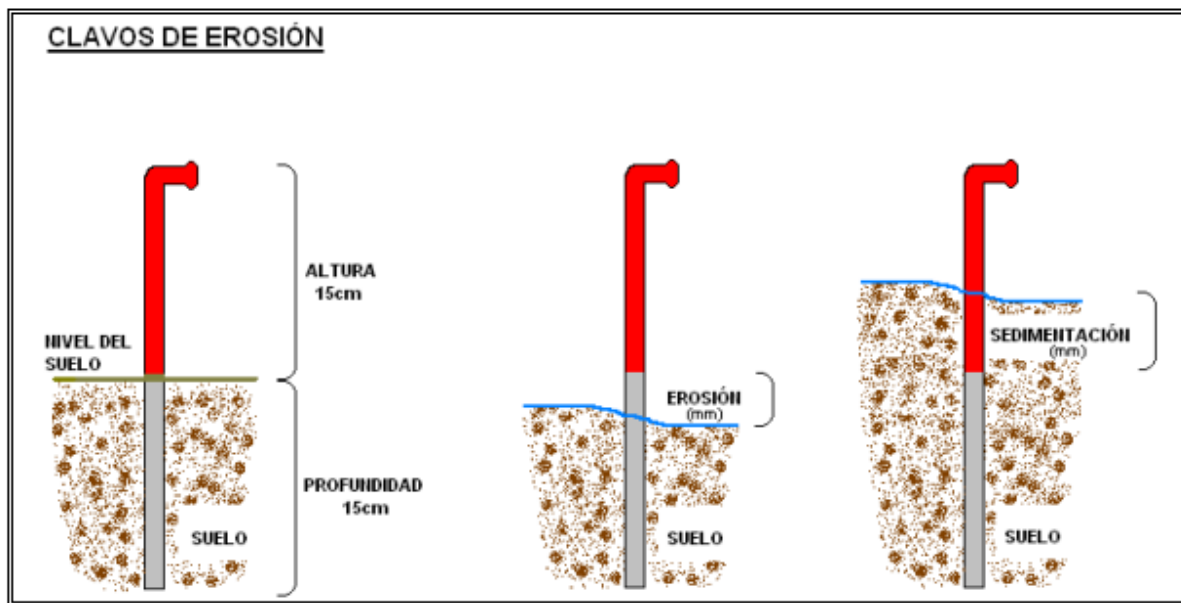
X: suelo erosionado o sedimentado (t/ha)

Y: altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

Da: densidad aparente del suelo (t/m^3 o gr/cm^3)

Figura 4

Esquema de las varillas en el suelo, representando los procesos de erosión y sedimentación.



Fuente: (Pino, 2008)

b) Dimensión de las parcelas experimentales de clavos de erosión.

No existen reglas fijas para la relación de dimensiones para estas parcelas. Las parcelas con dimensiones reducidas se consideran inadecuadas, ya que dificultan la formación de los surcos. (Hudson, N. 1997)

2.2.6. Fuente de datos edafoclimáticos para el estudio de la degradación de los suelos por erosión hídrica.

La degradación de suelos esta influenciada por factores como la cantidad de precipitación, características del suelo, pendiente y la cobertura vegetal. Generalmente, la erosión es más severa cuando la intensidad de las precipitaciones es alta y la duración es corta. En estos casos, si el

suelo no puede absorber toda el agua que cae, se produce una escorrentía superficial significativa, lo que contribuye a la pérdida de suelo. (Robins, P. 2016)

De manera similar, (Falcón, R. 2002) señala que la mayoría de las evaluaciones realizadas en parcelas, cuencas, regionales y globales, se basan en ecuaciones y modelos predictivos que vinculan las tasas de degradación del suelo con variables climáticas, topográficas y propiedades del suelo y del uso y manejo de la tierra. En áreas pequeñas, la información detallada sobre el suelo, topografía, clima, puede ser obtenida directamente en el sitio para llevar a cabo una evaluación más precisa

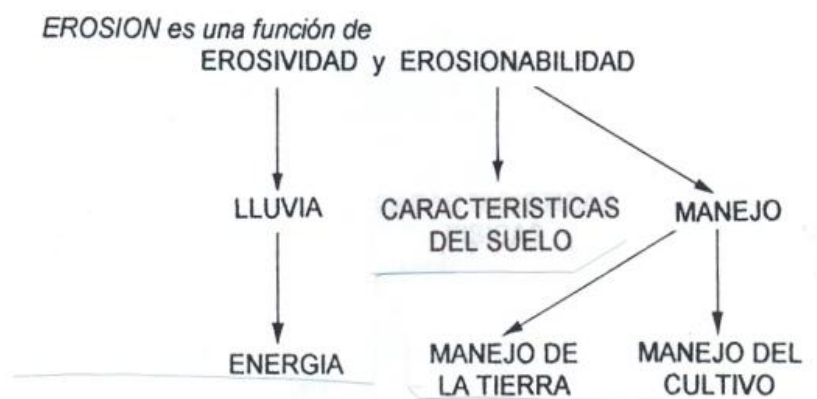
Por otro lado, (Hudson, N. 1982) explica que, en términos matemáticos, la erosión hídrica depende de dos factores claves erosividad de la lluvia y de la erosionabilidad del suelo.

$$\text{Erosión} = f(\text{Erosividad})(\text{Erosionabilidad})$$

La erosividad se refiere al potencial de la precipitación para generar erosión, mientras que la erosibilidad que tan susceptible es el suelo a la erosión. Este último, esta influenciada por tres factores: (i) características del suelo, (ii) características topográficas, como la pendiente del terreno, y (iii) el manejo del suelo, cuando se trata de tierras cultivables.

Figura 5

Factores que afectan la erosión hídrica.



Fuente: Hudson, 1982.

2.2.6.1. Precipitación.

La precipitación a cualquier forma de humedad que, generándose en las nubes, descendiendo hasta la superficie terrestre. Según esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación.

Para que se forme la precipitación, se necesita de nucleolos, óxidos de nitrógeno y minúsculas partículas de sal, para mezclarse con el aire saturado o casi saturado. Este aire debe ascender hasta alcanzar altitudes donde se enfríe lo suficiente, lo que lleva a que se forme la neblina o gotas de agua y cristales de hielo. (Morán, W. 1980)

a) Medición de la precipitación.

Para medir la precipitación, se utilizan pluviómetros o fluviógrafos, es importante que estos dispositivos se instalen en lugares que no estén expuestos a vientos fuertes, como tejados o laderas. El lugar ideal para colocar un pluviómetro es sobre una superficie plana, rodeada de arbustos o árboles que sirvan de protección contra el viento, aunque no deben estar demasiado cerca del dispositivo, ya que esto podría obstruir su funcionamiento. (Morán, W. 1980)

b) Características de la Precipitación.

Según (Alva, E. 2011), las propiedades de la precipitación se consideran los siguientes factores:

- **Tamaño y forma:** El diámetro de una gota de lluvia puede variar entre de 0,1 mm a 9 mm, mayores a este tamaño tienden a romperse debido a la resistencia del aire. Las gotas de agua más pequeñas son llamadas gotas de nube y tienen forma esférica. A medida que el tamaño de las gotas aumenta, estas se vuelven más redondeadas.

- **Intensidad y duración:** La intensidad de la precipitación y su duración están inversamente relacionadas. Las tormentas de alta intensidad suelen durar menos tiempo, mientras que las de baja intensidad pueden prolongarse más.
- **Área e Intensidad:** Generalmente, la precipitación en áreas grandes es menos intensa que en áreas pequeñas.
- **Tamaño e intensidad de las gotas:** En tormentas con alta intensidad, las gotas de lluvia son más grandes, mientras que, en tormentas de baja intensidad, las gotas son más pequeñas.

Cantidad

La precipitación se mide como la cantidad de agua recolectada en el suelo o cerca de él, expresada en mm o $l\ m^{-2}$. Las precipitaciones se miden diariamente y estos resultados se agrupan por mes o año. La precipitación se considera insignificante si cae por debajo de 0,1 mm, ya que es demasiado pequeña para medirla con un pluviómetro. (Alva, E. 2011)

Intensidad, duración y frecuencia.

La intensidad de la precipitación se refiere a la cantidad de lluvia que cae por unidad de tiempo, y se puede medir en intervalos diarios, horarios o incluso más cortos. Usualmente se expresa en milímetros por hora (mm/h), pero es importante distinguir entre la cantidad de agua recolectada durante la temporada de lluvias y la cantidad de agua recolectada en una hora. También existen diferencias significativas entre intensidad y tiempo; la intensidad promedio registrada durante períodos cortos es mucho mayor que la intensidad promedio observada durante intervalos de tiempo largos. Por ejemplo, los registros muestran que la intensidad de la precipitación en 10 minutos puede ser casi tres veces mayor que en 100 minutos, y mucho más que en 1,000 minutos. Existe también una relación entre el tamaño de las gotas de lluvia y la intensidad de la

precipitación: en lluvias más intensas, las gotas tienden a ser más grandes, alcanzando diámetros de 80-100 mm/h, aunque a partir de esa intensidad, el tamaño de las gotas comienza a disminuir (Alva, E. 2011)

Por otro lado, (Kohnke, 1954), establece que la lluvia se considera erosiva con una intensidad mínima de 25 mm/h; la siguiente tabla define la clasificación por dicho autor.

Tabla 2

Clasificación de las intensidades de lluvia, según Kohnke (1954).

Intensidad de lluvia mm/h	Denominación
Menos de 6,5	Ligera
6,5 – 13.0	Moderada
13.0 – 52.0	Fuerte
52.0 – a mas	Severa

Fuente: Kohnke 1954.

2.2.6.2. Propiedades físicas del suelo.

a) Estructura.

La estructura del suelo se refiere a cómo se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas individuales se juntan, forman lo que llamamos agregados, que son como partículas más grandes. Para describir la estructura del suelo, podemos hablar del grado (el grado de agregación), la clase (tamaño mediano) y el tipo de agregados (forma). En algunos suelos, se pueden encontrar diferentes tipos de agregados que se describen por separado. (FAO, 2021)

Además, las labores de cultivo que mueven el suelo de un lugar a otro, así como la incorporación de materia orgánica, y los cambios climáticos entre épocas secas y húmedas, hacen que la

estructura del suelo varíe constantemente. Esto sucede debido a la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y antrópicos que están presentes.

Por otro lado, hay ciertos factores que pueden dañar la estructura del suelo; por ejemplo, el agua de lluvia o el riego puede erosionar la estructura porque su acción hidráulica disuelve las sales minerales solubles. (Carrillo & Negrete, 2022)

b) Textura.

La textura se relaciona con la facilidad de trabajar el suelo y también determina cómo se distribuyen el agua y el aire, así como la velocidad con que el agua atraviesa el suelo. Las propiedades físicas del suelo, como la textura, la estructura, la porosidad y el color, dependen del tamaño de las partículas que lo componen. Existen tres tipos principales de suelos según su textura: arena, arcilla y limo.

La textura del suelo se refiere al porcentaje de diferentes tamaños de partículas, como la arena, el limo y la arcilla. Si hay más partículas del tamaño de arena, se le llama suelo arenoso; si predominan las partículas de limo, se denomina suelo limoso, y si hay más arcillas, se clasifica como suelo arcilloso. Cuando hay una mezcla equilibrada de estos tres componentes, se le llama textura franca. (Carrillo & Negrete, 2022)

c) Densidad aparente.

La densidad de un material se entiende como el peso por unidad de volumen. En el caso del suelo, que es un material poroso, se presentan dos situaciones distintas en cuanto a la densidad: si solo consideramos la masa de las partículas sólidas sin tener en cuenta el volumen ocupado por los poros, estamos hablando de densidad real. En cambio, si medimos el volumen de la muestra de suelo incluyendo el espacio de los poros, se trata de densidad aparente, que depende de cómo esté organizada la parte sólida del suelo y también se ve afectada por su textura, estructura, cantidad

de materia orgánica, humedad (especialmente en suelos con materiales expansivos) y su compactación. (Jaramillo, D. 2002)

Además, la densidad aparente se calcula para entender cuánto peso de suelo se pierde a causa de la erosión hídrica. Se expresa como $D_a = M_s / V_{\text{total}}$. (Maycotte, C. 2011)

(Castillo, 2005) clasifica la densidad aparente de los suelos:

$<1,0 \text{ g cm}^{-3}$, Muy bajo

$1,0\text{-}1,2 \text{ g cm}^{-3}$, Bajo

$1,2\text{-}1,45 \text{ g cm}^{-3}$, Medio

$1,45\text{-}1,60 \text{ g cm}^{-3}$, Alta

$>1,60 \text{ g cm}^{-3}$, Muy alta

2.2.6.3. Relieve.

Como se mencionó, al hablar de relieve, uno de los aspectos más importantes en los procesos de erosión hídrica es el grado o inclinación de la pendiente. Esto se puede expresar en porcentaje o en grados. La pendiente en porcentaje equivale a la tangente del ángulo de inclinación (por ejemplo, una pendiente del 5% corresponde a un ángulo de aproximadamente 3° ; mientras que una pendiente del 100% indica 45°).

La longitud de la pendiente también es crucial, ya que influye en cuánto se erosiona una ladera y en la velocidad de la escorrentía. La exposición solar de la pendiente es otro aspecto importante, especialmente en zonas montañosas, ya que afecta la insolación, la temperatura y la humedad del suelo. Todo esto, a su vez, influye en la capacidad para que crezca la vegetación y la susceptibilidad a la erosión. Finalmente, la complejidad de la pendiente se refiere a cuán uniforme es la gradiente, así como sus direcciones y longitudes. Este es un parámetro clave a considerar al planear técnicas de manejo para controlar la erosión. (Cisneros, C. 2012)

2.2.6.4. Cobertura vegetal.

La protección que brinda la vegetación en la superficie es fundamental, ya que evita que las gotas de lluvia impacten directamente en el suelo. Esto previene la fragmentación de los agregados del suelo, lo que podría desestabilizar partículas pequeñas y bloquear los poros. Así se evita la formación de sellos superficiales que son típicos en suelos desnudos con agregados poco consolidados (como materia orgánica y arcilla). (Cisneros, C. 2012)

Además, la cobertura de rastrojo también actúa como un amortiguador frente a las presiones en el área de contacto entre la rueda y el suelo, así como en el caso del pisoteo animal en el contacto entre la pezuña y el suelo. (Torbert y Reeves, 1995)

CAPITULO III.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló desde noviembre del 2023 a mayo del 2024, en la microcuenca del río Porcón, caseríos Coñor, Manzanas Capellania y el centro Poblado Porcón Bajo, en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

3.1.2. Caracterización geológica y geomorfológica de la microcuenca.

Para seleccionar la muestra de estudio, se realizó una caracterización de la microcuenca del río Porcón en función de las variables edafoclimáticas. La geomorfología de la zona se caracteriza por terrenos con pendientes variables, que oscilan entre el 0 - 4 % como mínimas y mayoreas al 75%, lo que influye en la susceptibilidad a la erosión hídrica. Los suelos predominantes en la zona son de tipo franco - arcilloso arenoso (FrArA), franco arenoso (FrA) y franco (Fr), clasificados como suelos de capacidad de uso mayor (CUM), aptos para pastizales y producción forestal.

Desde el punto de vista geológico, la microcuenca del río Porcón se caracteriza por la presencia de unidades volcánicas, sedimentarias y depósitos recientes, que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. La estratigrafía refleja la evolución geológica regional de la sierra norte del Perú.

- **Paleozoico**

Grupo Salas–Pongo (P-superior, Pérmico superior)

Representa la unidad más antigua aflorante en la microcuenca. Conformada por secuencias volcánico–sedimentarias (tobas, areniscas y lutitas).

- **Mesozoico**

Formación Pucará (Ks-pu, Triásico superior - Jurásico inferior)

Integrada por calizas, dolomías y margas, propias de ambientes marinos carbonatados de plataforma. Estas rocas suelen constituir relieves resistentes y han tenido importancia hidrogeológica por su carácter carbonatado.

Formación Quilcapampa/Morro Solar (Ks-qu.m, Jurásico inferior - medio)

Secuencia clástica con lutitas, areniscas y limolitas, interpretadas como depósitos de ambientes marino marginales. Su disposición sobre la Formación Pucará marca una transición a ambientes más clásticos.

Formación Farrat (Ki-f, Cretácico inferior Neocomiano)

Compuesta por lutitas y limolitas intercaladas con areniscas, que reflejan ambientes marinos–litorales transicionales.

Formación Chimú (Ki-chu, Cretácico inferior Neocomiano–Aptiano)

Conformada por areniscas cuarzosas y feldespáticas de grano medio a fino, depositadas en ambientes marinos someros (playa–plataforma). Constituye una de las unidades más resistentes y con relevancia geomorfológica en la región.

Formación Inca (Ki-i, Cretácico inferior)

Predominantemente de calizas grises y margosas, vinculadas a una plataforma carbonatada marina.

Formación Cajamarca (Ki-ca, Cretácico inferior Albiano)

Unidad volcánica integrada por andesitas, basaltos y tobas, asociadas a ambientes volcánicos continentales. Su desarrollo marca un episodio de intensa actividad volcánica en la región.

Formación Pariatambo (Ki-pt, Cretácico inferior - Albiano)

Secuencia de lutitas, limolitas y margas intercaladas con areniscas, características de ambientes marino marginales y de plataforma.

- **Cenozoico**

Formación Porcón (Po-po, Paleógeno – Eoceno)

De amplia distribución en la microcuenca, conformada por andesitas, brechas volcánicas y tobas, depositadas en un ambiente de vulcanismo continental. Esta formación cubre gran parte del área de estudio, condicionando la geomorfología actual.

- **Cuaternario**

Depósitos aluviales recientes (Q-fl, Holoceno)

Conformados por gravas, arenas y limos, vinculados a los ríos, quebradas y planicies de inundación actuales. Estos depósitos son de gran importancia geomorfológica, pues representan los materiales más jóvenes y activos de la cuenca.

- **Clasificación Estratigráfica (orden de antigüedad a juventud)**

Paleozoico (Pérmico sup.):

Grupo Salas–Pongo (P-sp).

Mesozoico:

Triásico superior - Jurásico inferior: Formación Pucará (Ks-pu).

Jurásico inferior - medio: Formación Quilcapampa/Morro Solar (Ks-qu.m).

Cretácico inferior (Neocomiano – Aptiano): Formaciones Farrat (Ki-f), Chimú (Ki-chu), Inca (Ki-i).

Cretácico inferior - Albiano: Formaciones Cajamarca (Ki-ca), Pariatambo (Ki-pt).

Cenozoico:

Paleógeno (Eoceno) → Formación Porcón (Po-po).

Cuaternario:

Holoceno → Depósitos aluviales (Q-fl).

Se presenta los siguientes mapas:

- a) Mapa geológico de la microcuenca
- b) Mapa de pendientes de la microcuenca
- c) Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca

Figura 6

Mapa geológico de la microcuenca del río Porcón.

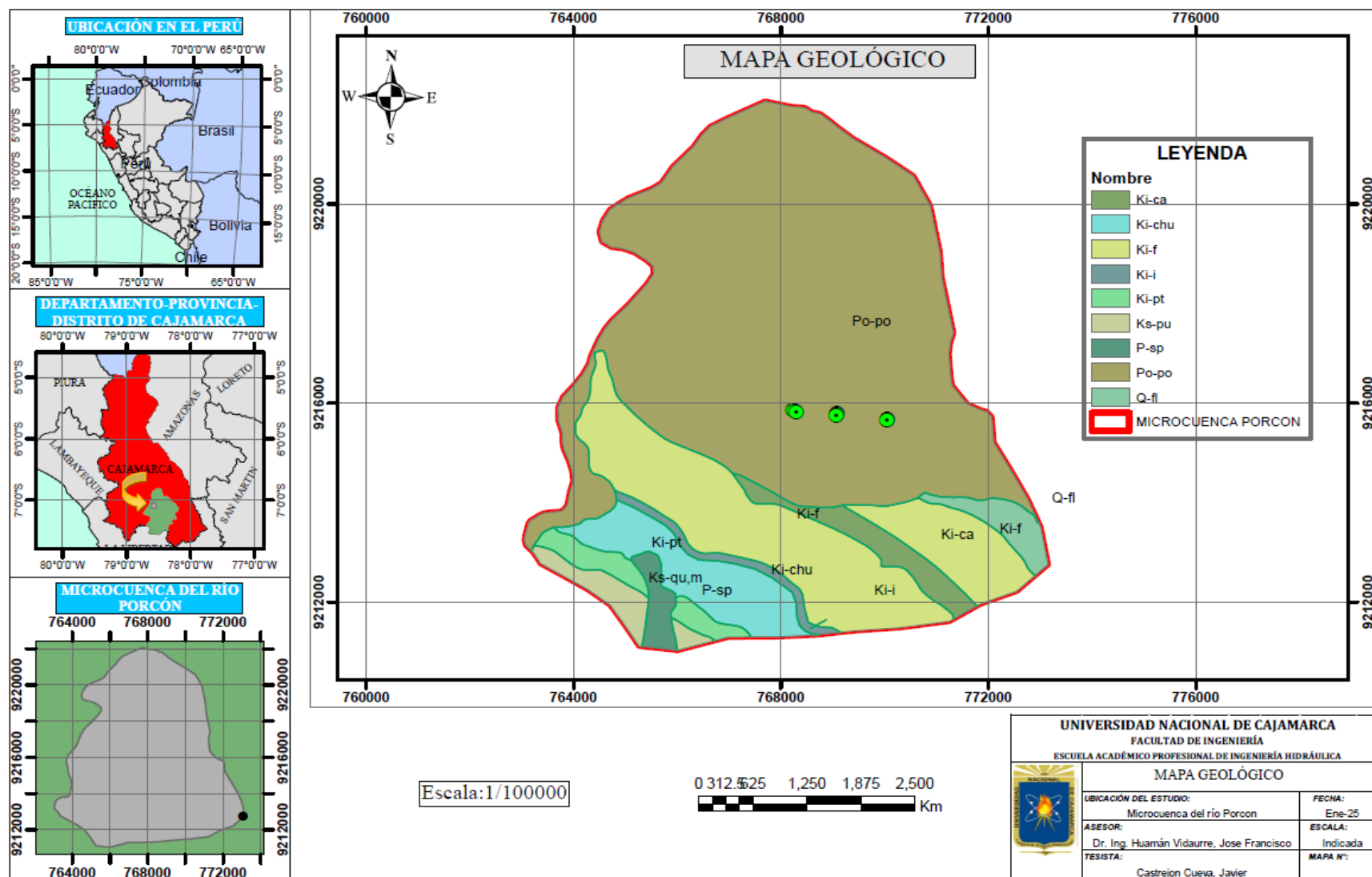


Figura 7

Mapa de pendientes de la microcuenca del rio Porcón

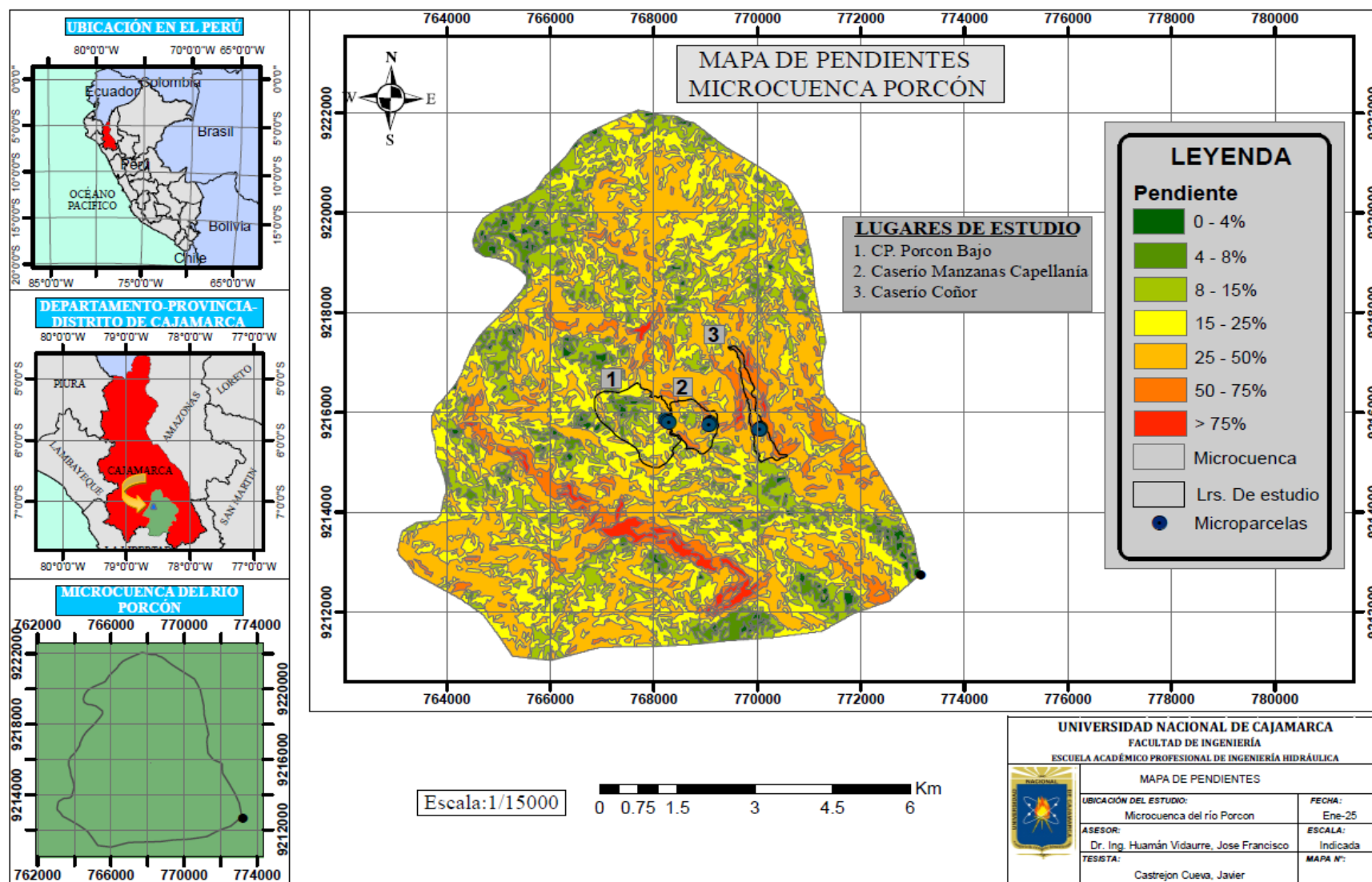
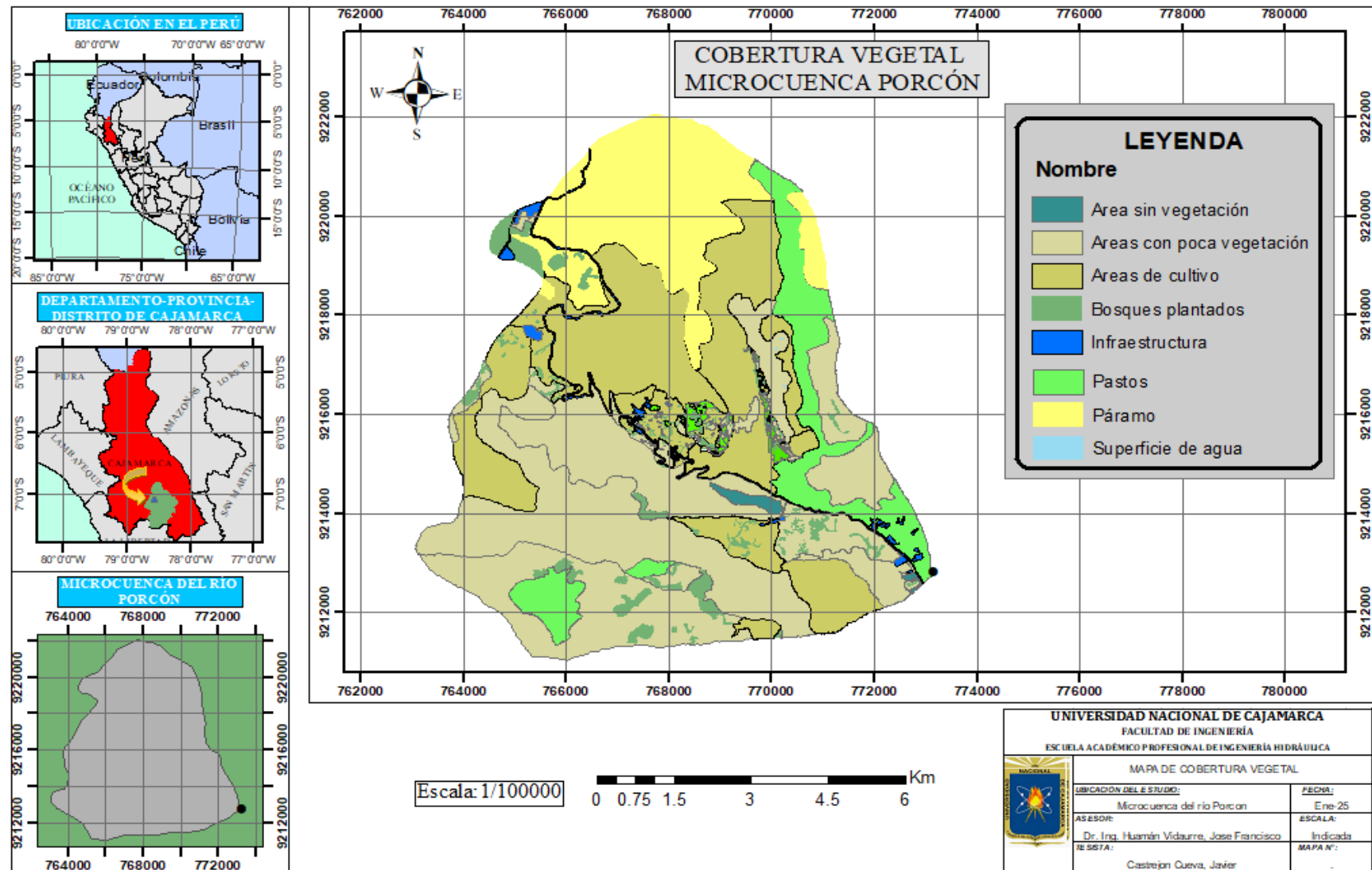


Figura 8

Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Porcón.



3.1.3. Caracterización de las zonas de estudio.

Para la caracterización de las zonas de estudio se procedió de la siguiente manera:

Obtención de las pendientes se empleó un Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR con una resolución espacial de 12.5 metros. La cobertura vegetal fue determinada a partir de imágenes satelitales ALOS AVNIR-2, con una resolución de 10 m por pixel. Los resultados se detallan en los mapas procesados en el programa ArcGIS 10.5.

Se presenta los siguientes mapas:

- a) Mapa de pendientes del centro poblado Porcón Bajo
- b) Mapa de pendientes del caserío Manzanas Capellanía
- c) Mapa de pendientes del caserío Coñor
- d) Mapa de cobertura vegetal del centro poblado Porcón Bajo
- e) Mapa de cobertura vegetal del caserío Manzanas Capellanía
- f) Mapa de cobertura vegetal del caserío Coñor

Figura 9

Mapa de pendientes del centro poblado Porcón Bajo

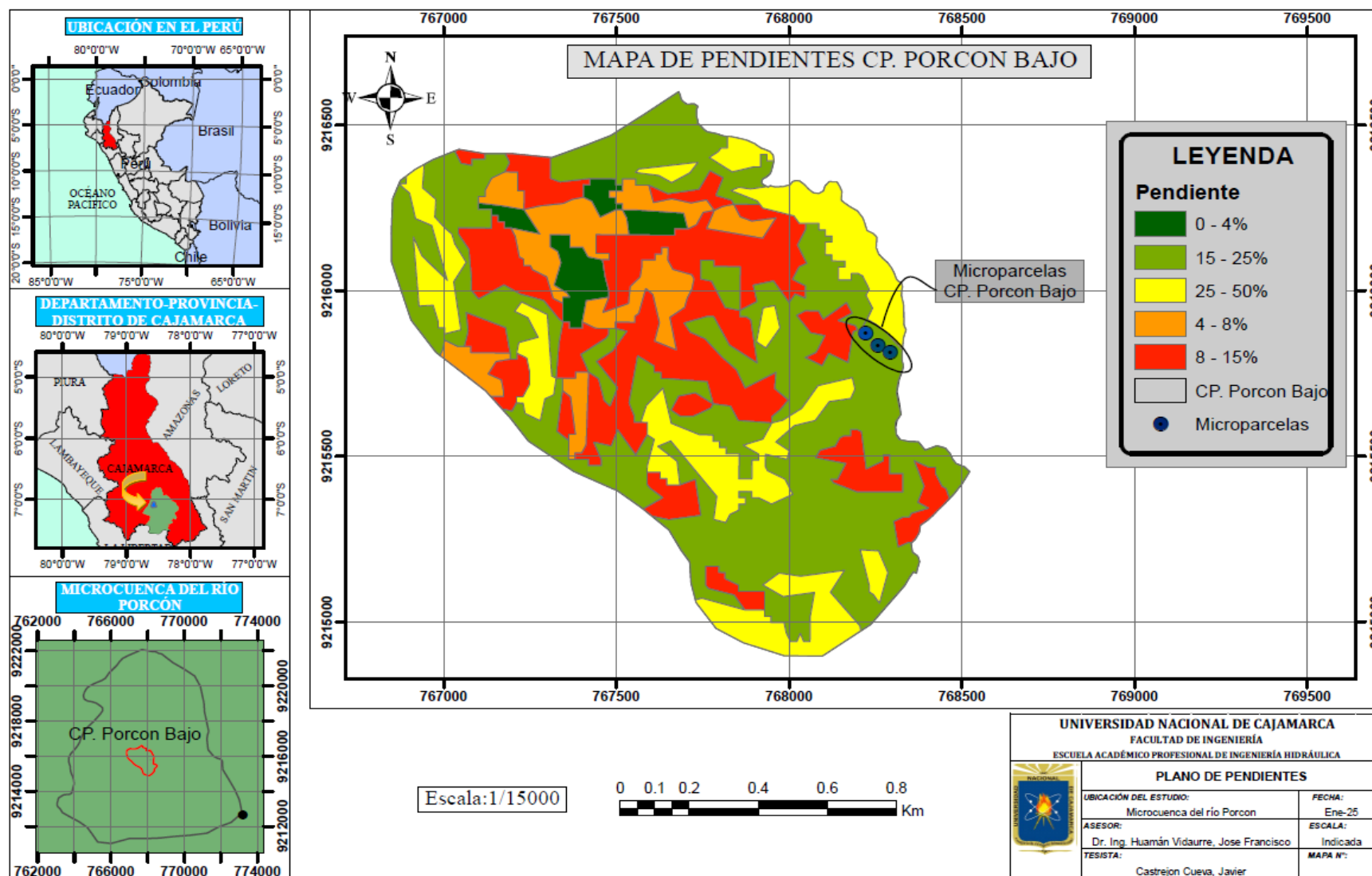


Figura 10

Mapa de pendientes del caserío Manzanas Capellania

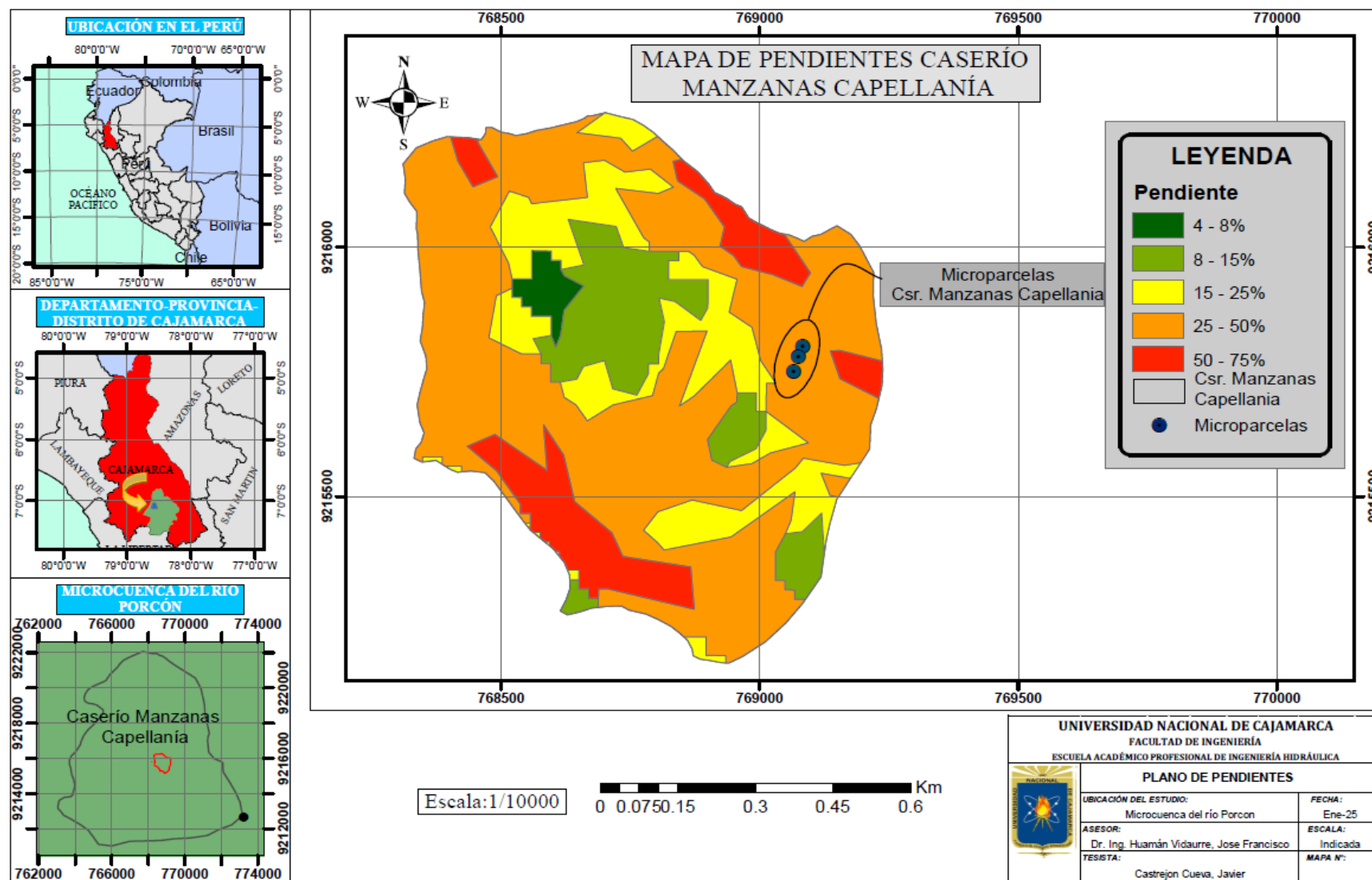


Figura 11

Mapa de pendientes del caserío Coñor

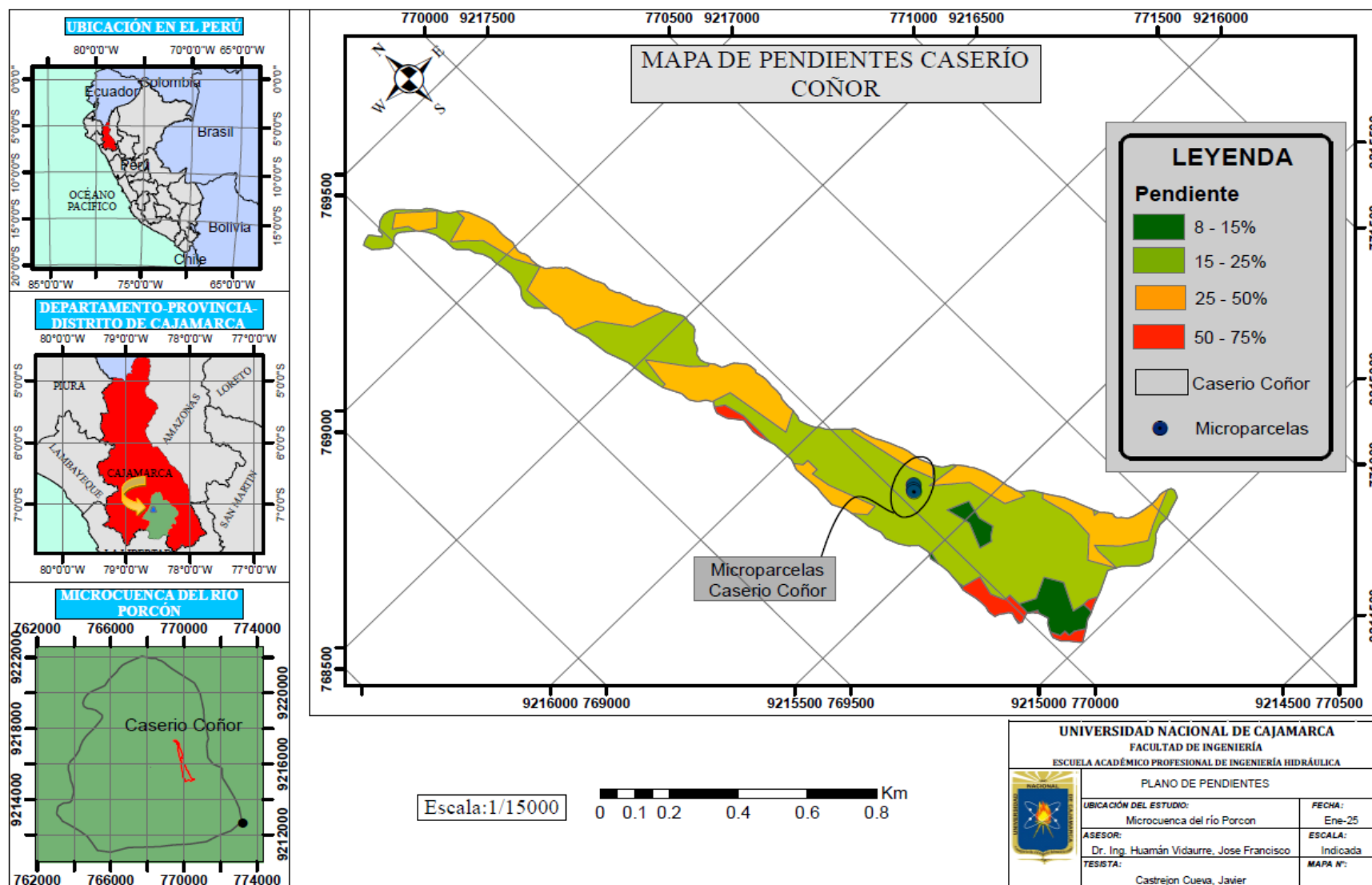


Figura 12

Mapa de cobertura vegetal del centro poblado Porcón Bajo

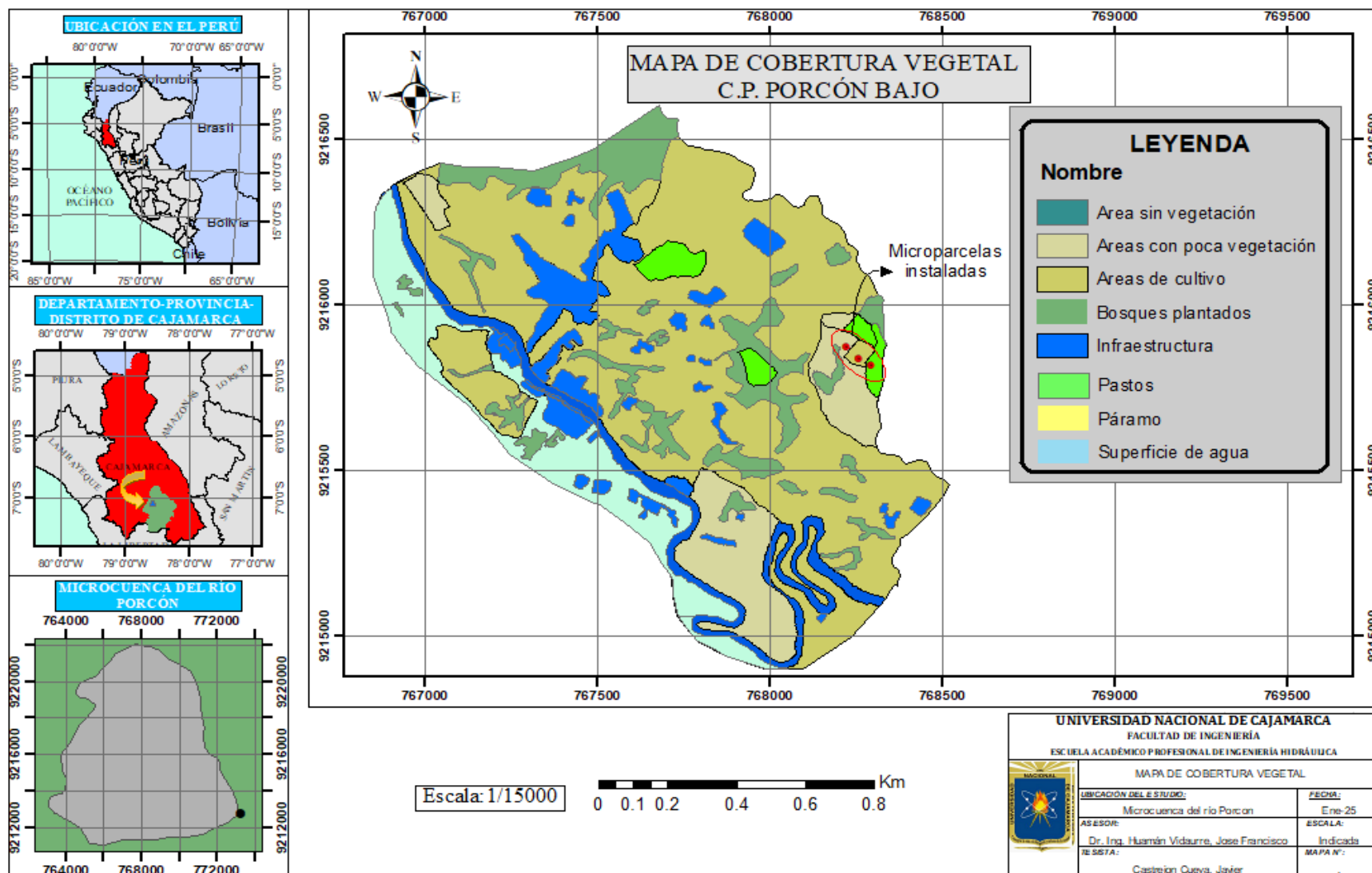


Figura 13

Mapa de cobertura vegetal del caserío Manzanas Capellania

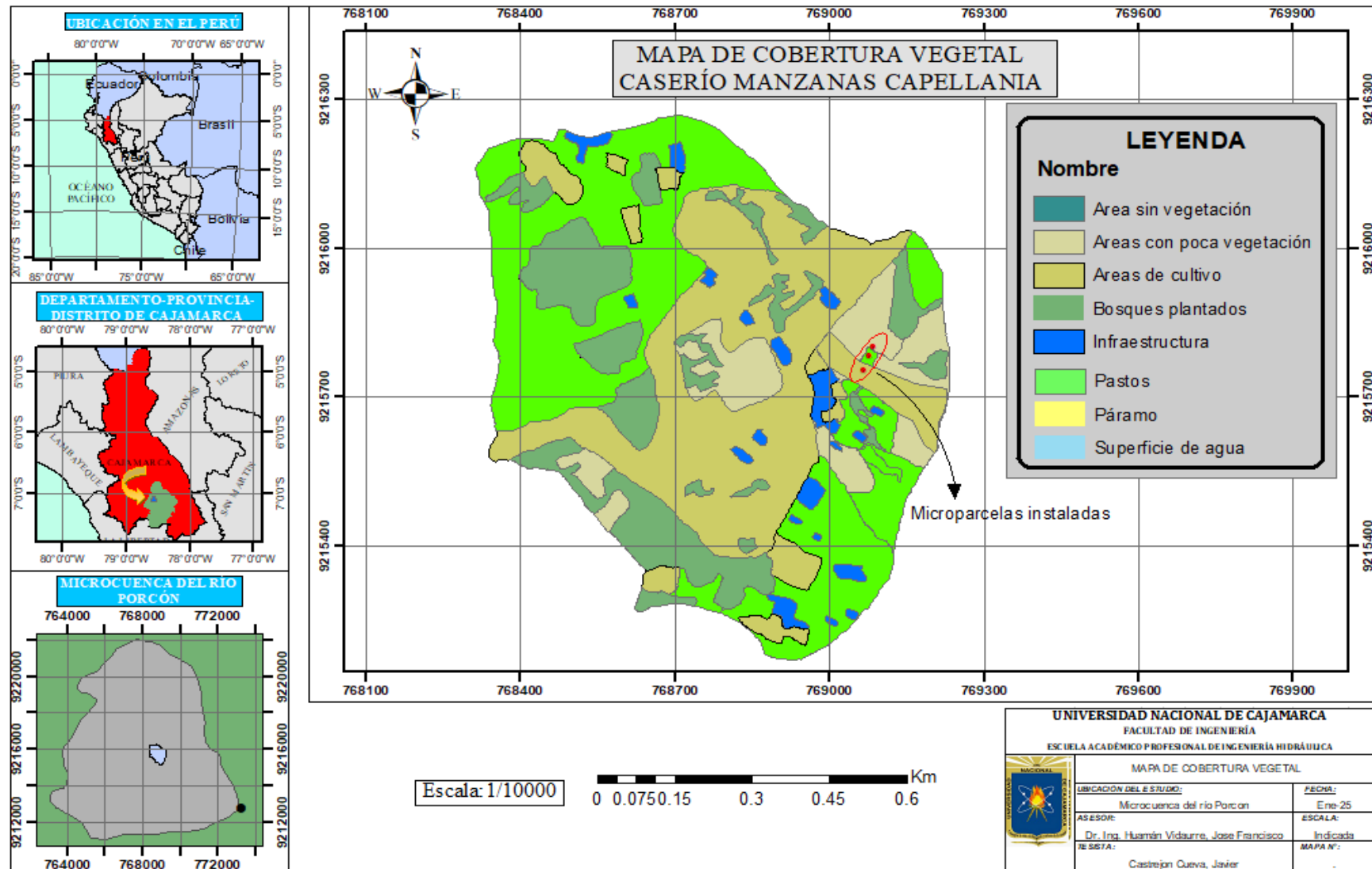
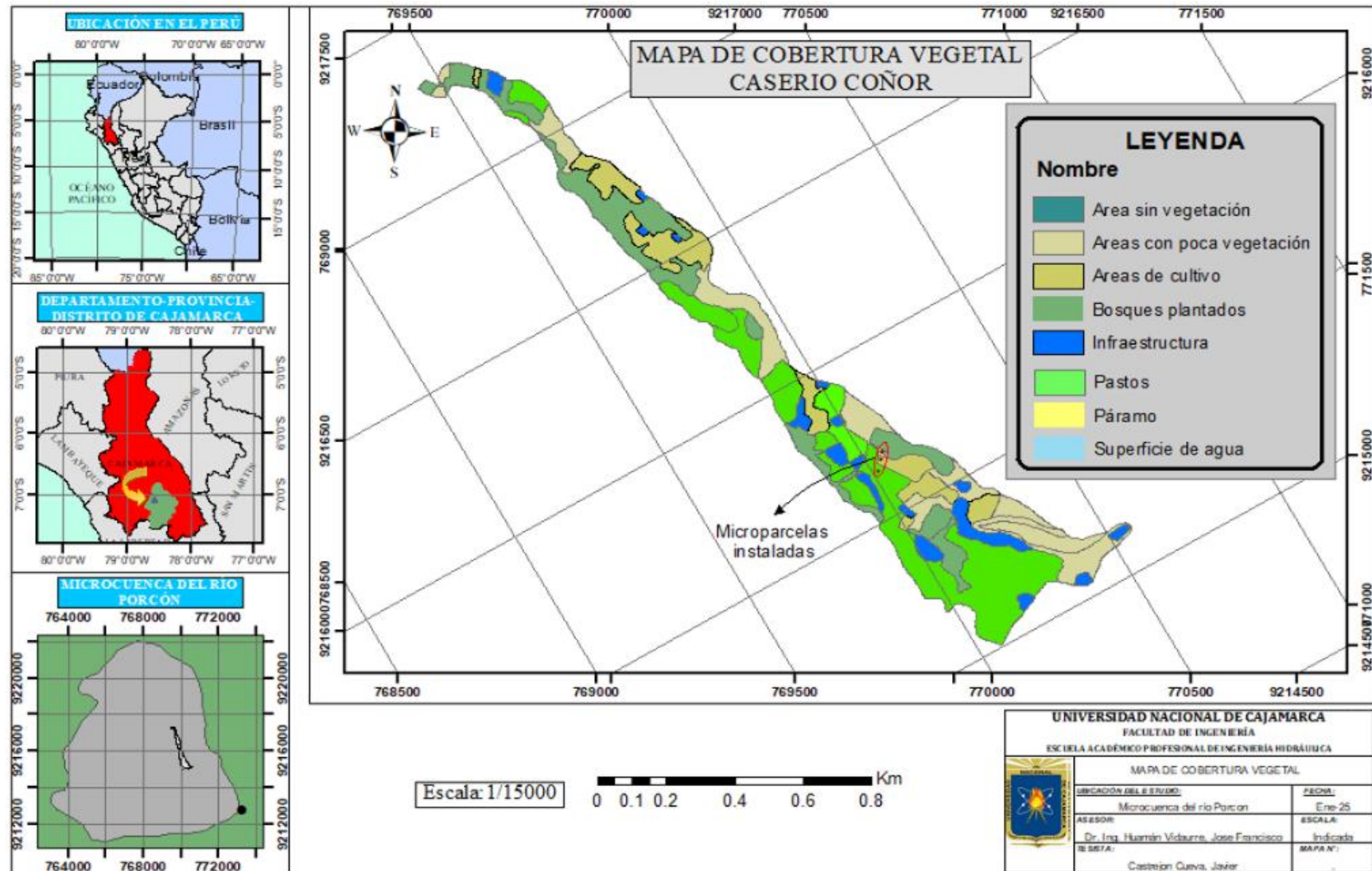


Figura 14

Mapa de cobertura vegetal del caserío Coñor



3.2. Ubicación del experimento.

La zona de estudio se desarrolló en los siguientes predios caserío Coñor, caserío Manzanas capellanía, centro poblado Porcón Bajo localizado entre las coordenadas UTM WGS 84:

Tabla 3

Ubicación de microparcels.

CASERÍO COÑOR				
MICROPARCELA	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m.s.n.m)	PENDIENTE (%)
Microparcelsa - I	770039.06	9215667.38	3046	17.69
Microparcelsa -II	770042.74	9215671.92	3050	
Microparcelsa -III	770051.83	9215682.04	3056	

Tabla 4

Ubicación de microparcels.

CASERÍO MANZANAS CAPELLANÍA				
MICROPARCELA	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m.s.n.m)	PENDIENTE (%)
Microparcelsa - I	769065.49	9215751.62	3129	26
Microparcelsa -II	769075	9215782	3140	
Microparcelsa -III	769083.34	9215801.19	3147	

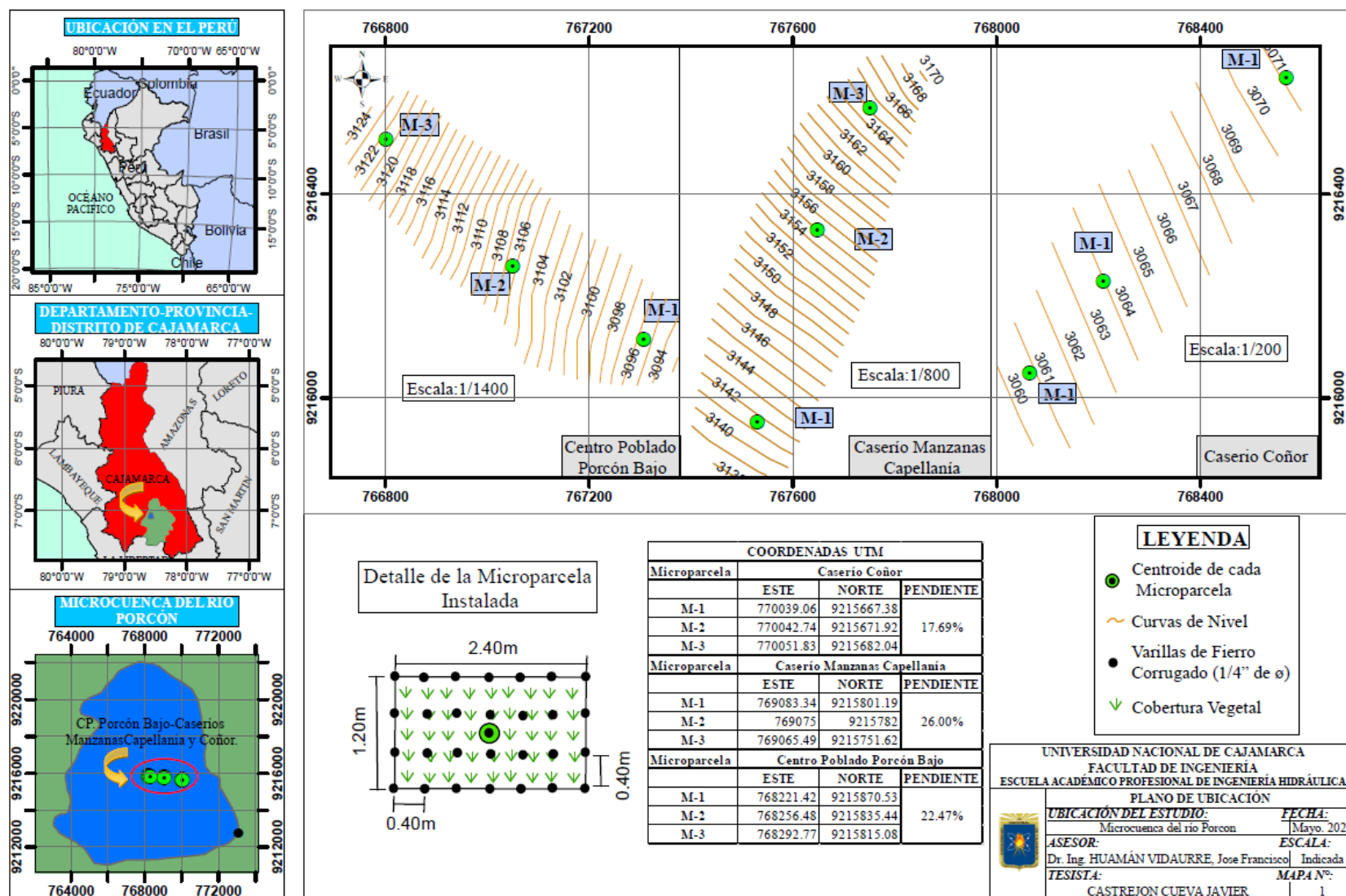
Tabla 5

Ubicación de microparcels.

CENTRO POBLADO PORCÓN BAJO				
MICROPARCELA	ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m.s.n.m)	PENDIENTE (%)
Microparcelsa - I	768292.77	9215815.08	3086	22.47
Microparcelsa -II	768256.48	9215835.44	3094	
Microparcelsa -III	768221.42	9215870.53	3104	

Figura 15

Plano de ubicación del experimento.



3.3. Factores y niveles.

Se consideró como uno de los factores la pendiente, con tres niveles: 26, 22.47 y 17.69 %. Otro factor de estudio fue el tipo de cobertura vegetal, cuyos niveles, pasto natural, áreas de cultivo y áreas con poca vegetación.

3.4. Diseño experimental.

Se empleó el diseño experimental de campo, de carácter observacional, orientado a cuantificar la variación de la erosión hídrica en función de las variables edafoclimáticas de cada unidad experimental.

El experimento consistió en la instalación de microparcels con clavos de erosión con dimensiones de 1.20m x 2.40m (2.88 m²) en áreas seleccionadas y diferentes condiciones como la pendiente y cobertura vegetal. Las mediciones se realizaron cada 15 días, dependiendo de la intensidad de las precipitaciones.

Figura 16

Plano de ubicación y distribución de las microparcels.

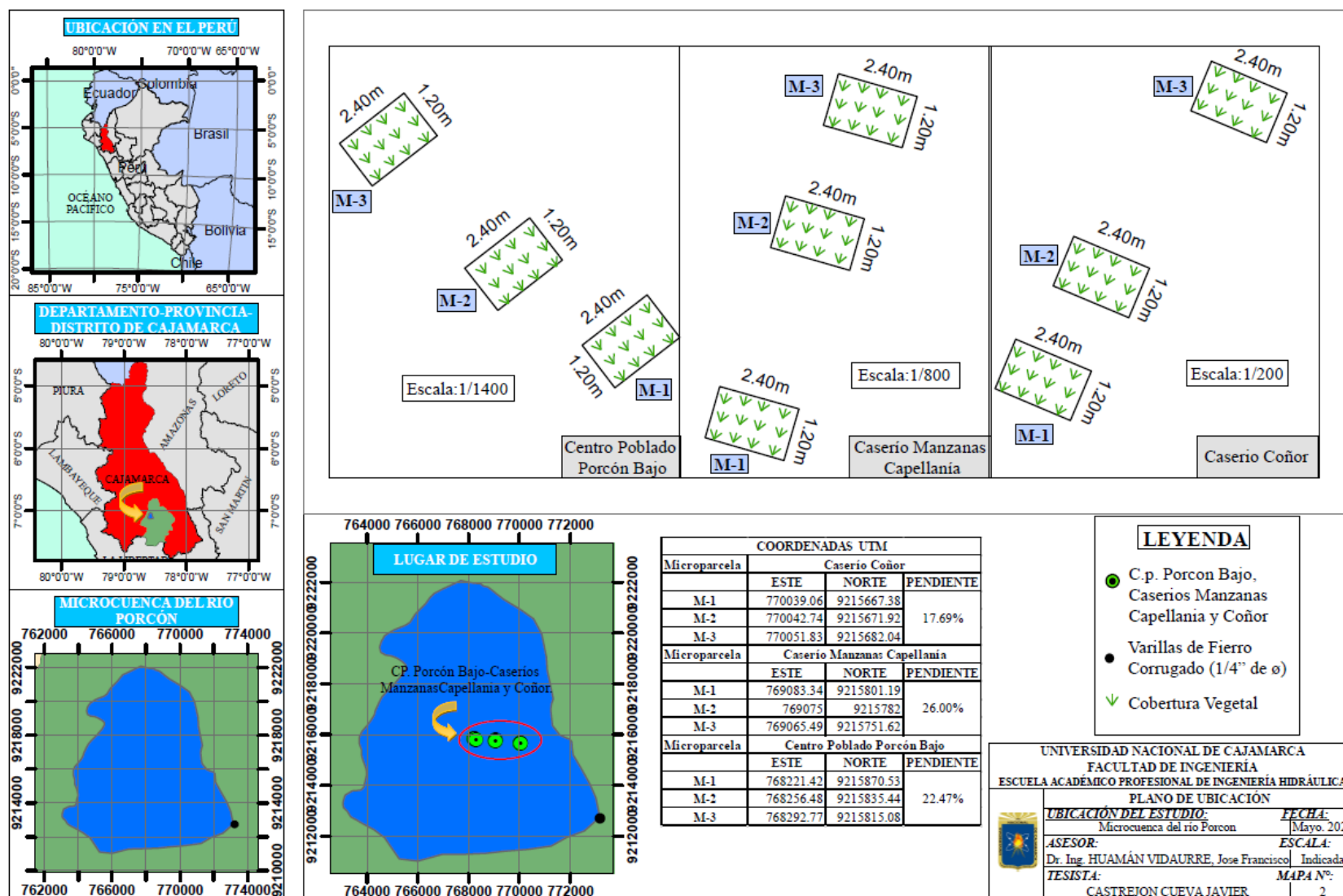
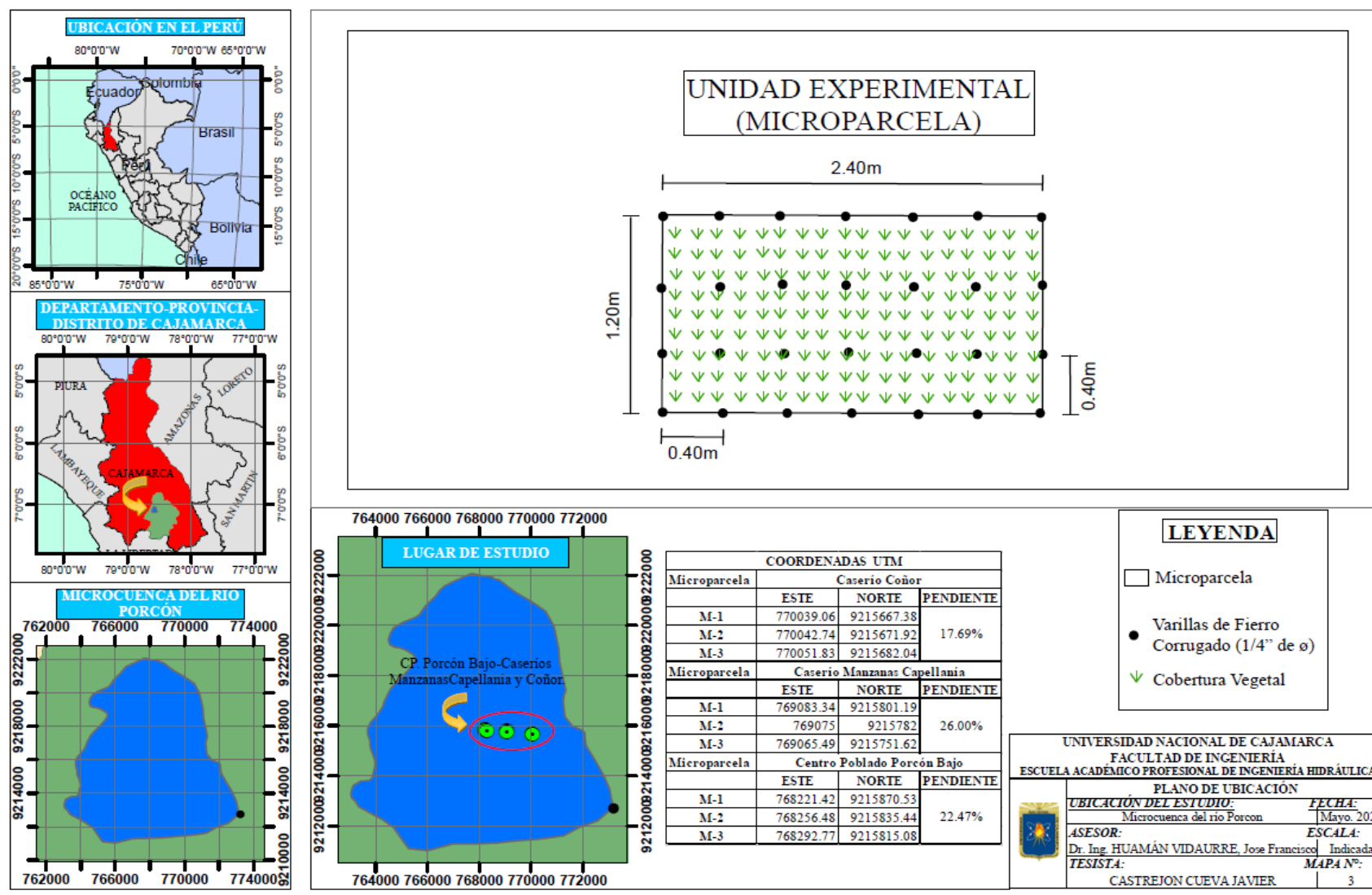


Figura 17

Plano de ubicación y distribución de las microparcels.



3.5. Equipos y materiales.

3.5.1. Equipos

- Brújula.
- GPS
- Pluviómetro.
- Vernier.
- Fotografías.
- Cuaderno de apuntes.

3.5.2. Materiales

- Microparcels experimentales

3.6. Metodología.

- Se ubicó los lugares de las microparcels con cobertura vegetal pasto natural, según la pendiente.
- Se realizó el levantamiento topográfico con GPS, para la estimación de las pendientes.
- La instalación de las tres microparcels en el caserío Manzanas Capellanía se realizó en una parcela de 2,094.36 m². Para las otras tres microparcels instaladas en el caserío Coñor, se utilizó una parcela de 1,168.30 m². Las tres últimas microparcels se ubicaron en una parcela de 8,923.30 m² en el centro poblado Porcón Bajo. Estas microparcels fueron instaladas en cobertura vegetal (pasto natural), y cada unidad experimental abarcó un área de 2.88 m² (Figura 17).
- Se recogieron muestras de las nueve unidades experimentales para analizar la densidad aparente y la textura del suelo, que estaba cubierta de pasto natural.
- La figura 17 muestra una de las unidades experimentales, la cual tiene un área de 2.88 m² y contiene 28 varillas de hierro de 1/4 de pulgada, colocadas a 0,40 m de distancia entre sí.

- Se utilizaron varillas de fierro corrugado de 1/4 de pulgada, con un diámetro de 6 mm y una longitud de 0,30 m. Estas varillas fueron pintadas y marcadas, y se incrustaron en el suelo a 0,20 m, dejando 0,10 m expuestas sobre la superficie, como se muestra en la Figura 18.
- Las mediciones de las varillas de acero se llevaron a cabo en dirección al punto más bajo de la pendiente y se hizo mediante el método de clavos de erosión, con el objetivo de determinar la cantidad de suelo perdido. Las mediciones se hicieron en intervalos de aproximadamente 15 días, ajustándose a las precipitaciones de la zona, durante un periodo de seis meses. Figura 18.
- Las varillas de fierro se posicionaron siguiendo la pendiente del terreno.
- Las microparcels con clavos de erosión se instalaron en la última semana de octubre de 2023, y la evaluación comenzó en noviembre. Esta evaluación se realizó cada 15 días, en función de las precipitaciones, durante seis meses. Para medir las varillas de erosión, se utilizó un instrumento de precisión llamado vernier.
- También se construyó un pluviómetro estándar, de forma cilíndrica, con una altura de 0,50 m y un embudo con un diámetro interior de 0,20 m. Este instrumento sirve para medir la cantidad de agua caída en forma de lluvia, nieve o granizo, expresada en litros o milímetros por metro cuadrado.
- Para medir el agua recolectada en el pluviómetro, se utilizó una probeta de plástico graduada, que permite obtener la lectura directamente en milímetros. La probeta tiene divisiones largas para los milímetros y divisiones cortas para las décimas de milímetro. La medición de la lluvia se realizó diariamente, después de cada precipitación, y los resultados se agruparon mensualmente.
- En cuanto al cálculo de las intensidades de lluvia, se aplicó la transposición de las intensidades máximas diarias, tomando como referencia la estación meteorológica automática Weberbauer, que está ubicada en la Universidad Nacional de Cajamarca (latitud:

7°10'2.9", longitud: 78°29'35.04", altitud: 2673 m s.n.m.). Los datos de intensidades se incluyen en los anexos.

- El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

Datos de referencia: Se registraron los valores de precipitación del pluviómetro instalado en el caserío Manzanas Capellanía, que estuvo operativo desde noviembre de 2023 hasta abril de 2024. Al mismo tiempo, se obtuvieron los datos de intensidad de la estación automática Weberbauer.

Ajuste de valores: Se aplicó una regla de tres simple para correlacionar los datos de precipitación obtenidos en el pluviómetro local con los valores de intensidad reportados en la estación meteorológica de referencia.

Ejemplo de cálculo:

El 2 de marzo de 2024, el pluviómetro instalado en Manzanas Capellanía registró una precipitación de 2.40 mm. En la misma fecha, la estación automática indicó una intensidad de $I(1h) = 2.35 \text{ mm/h}$. Aplicando la definición de intensidad ($I = P/t$), se estimaron los valores para diferentes duraciones:

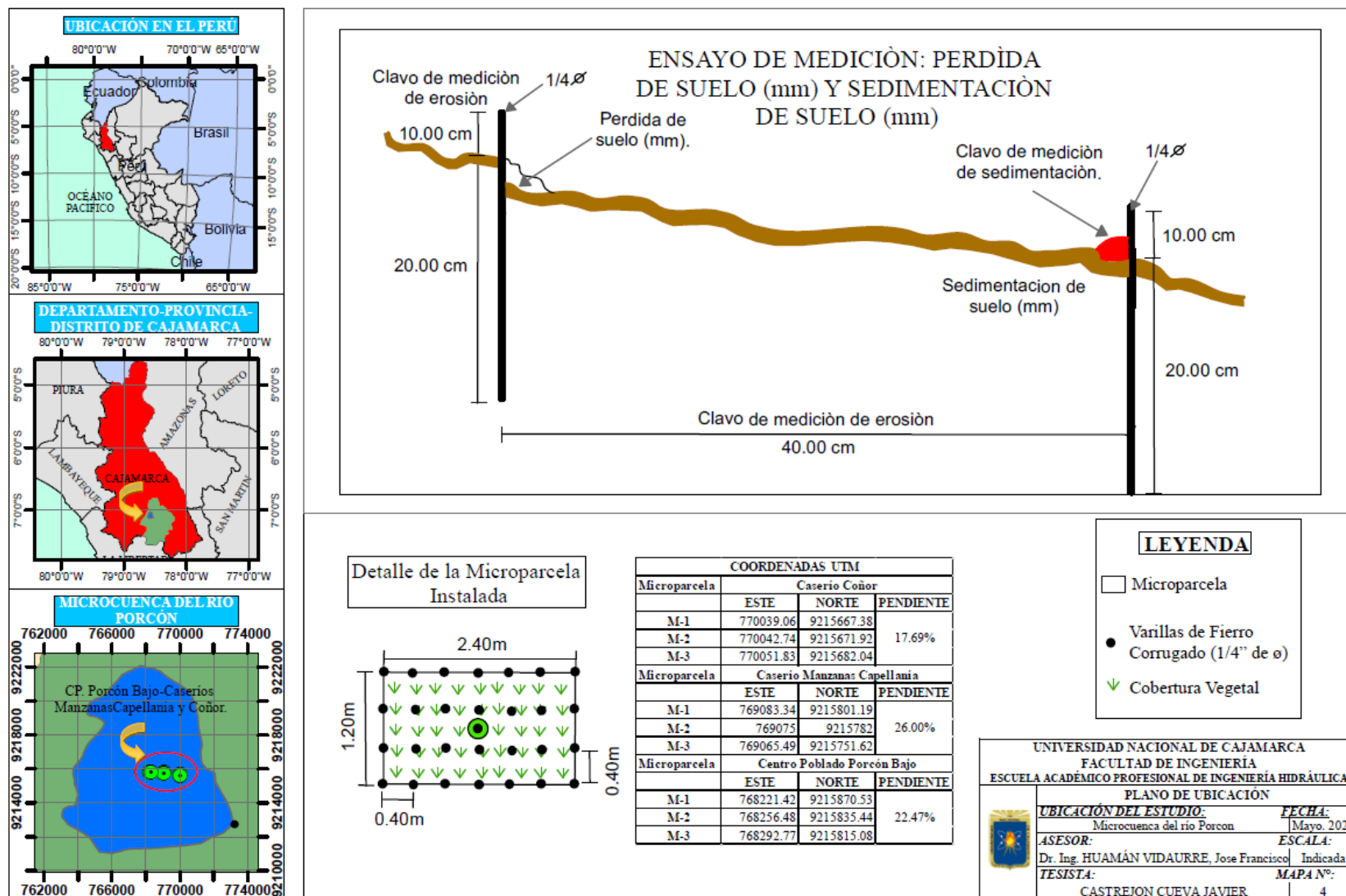
$$I(1h) = 2.40 \text{ mm/h}, I(2h) = 1.20 \text{ mm/h}, I(3h) = 0.80 \text{ mm/h}$$

Conclusión del evento: Para este caso, la precipitación registrada corresponde a una intensidad de $I(1h) = 2.40 \text{ mm/h}$, lo que indica que la lluvia tuvo una duración aproximada de una hora, coincidiendo con la magnitud reportada por la estación automática.

Este procedimiento permitió obtener intensidades horarias ajustadas a las condiciones locales de la microcuenca, lo cual resultó esencial para analizar su relación con los procesos de erosión hídrica.

Figura 18

Mediciones a realizar en los clavos de medición de erosión.



3.7. Estudio de campo

3.7.1. Vegetación herbácea

3.7.1.1. Equipos y materiales

Equipo

- Marco de 1m² de madera

Materiales

- Cuaderno de campo
- Lapicero.

3.7.2. Metodología

Para este estudio las unidades experimentales tuvieron la forma de un rectángulo con dimensiones de 1.20 x 2.40 m, dentro de ella fueron estudiadas tres unidades experimentales instaladas en cada lugar. Utilizando un marco de madera 1 m² para realizar el muestreo, a su vez fue subdividida en cuadrantes de 10 cm para registrar la cobertura vegetal y pedregosidad.

3.8. Laboratorio

3.8.1. Densidad aparente.

3.8.1.1. Equipos y materiales

Equipos

- Cubo metálico.
- Balanza de precisión de 0,01gr.
- Cuchillo.
- Estufa eléctrica de temperatura.
- Regla.

Materiales

- Suelo en estado natural.

3.8.1.2. Metodología

- Se midieron las dimensiones del cubo (alto, ancho y profundidad), además se pesó dicho equipo.
- Se preparo el área de muestreo.
- El cubo fue golpeado utilizando una madera y comba para extraer la muestra de suelo.
- El suelo fue nivelado alrededor del cubo con un cuchillo para asegurar una superficie uniforme.
- Se peso el cubo con el suelo extraído.
- El cubo fue colocado en una estufa a 105°C por 24 horas para secar la muestra.
- El suelo seco fue pesado tras el secado.
- La densidad aparente fue calculada utilizando la formula $\rho_{aparente} = W_{seco} / V_{cubo}$

3.8.2. Textura del suelo por método de Bouyoucos

3.8.2.1. Equipos y materiales.

Equipos

- Cronómetro.
- Hidrómetro.
- Agitador manual.
- Vasos precipitados.
- Probeta de 1000 ml.
- Termómetro,
- Pipeta de 10 ml.

- Agente dispersante (goma sintética).

Material

- Suelo tamizado.

3.8.2.2. Metodología Método de Bouyoucos

- Primero se pesó 40 gramos de suelo tamizados, de las microparcels de 1,2 y 3 de cada lugar de estudio.
- Se colocó la muestra de suelo en un vaso precipitado con 250 ml de agua destilada y se agrega 10 ml de goma sintética; a las muestras de suelos de las microparcels.
- Se agita la mezcla por 10 minutos para tener una mezcla homogenizada y tomar la lectura.
- Seguidamente se vierte la solución en una probeta con agua del grifo hasta llegar a 1000 ml.
- Se introduce el termómetro para medir la temperatura y realizar los factores de corrección.
- A continuación, agitamos de nuevo y usamos el densímetro para registrar las lecturas de Bouyoucos después de 40 segundos.
- Pasadas dos horas, sin agitar, se introduce el densímetro en la probeta y anotamos la lectura nuevamente, además de tomar la temperatura otra vez.
- Con los datos que se obtuvieron del laboratorio y usando algunas ecuaciones se calculó el porcentaje de arena, limo y arcilla. Finalmente, consultamos el triángulo textural para determinar el tipo de textura del suelo.

- $$\text{Material suspendido (\%)} = \frac{\text{Lectura del hidrometro coregida a 40 seg. (g/L)}}{\text{Peso de la muestra de suelo (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

- $$\text{Arena (\%)} = \frac{\text{Lectura del hidrometro coregida a 40 seg. (g/L)}}{\text{Peso de la muestra de suelo (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

- $$\text{Limo (\%)} = \frac{\text{Lectura del hidrometro corregido (40 seg (g/L) - 2 hrs. (g/L))}}{\text{Peso de la muestra de suelo (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

- $$\text{Arcilla (\%)} = \frac{\text{Lectura del hidrometro coregida a 2hrs. (g/L)}}{\text{Peso de la muestra de suelo (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

- Material suspendido (%) = $\frac{\text{Lectura del hidrometro coregida a 2 hrs. (g/L)}}{\text{Peso de la muestra de suelo (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (6)$

- $LC = L \pm (T - T_{cal}) \dots \dots \dots (7)$

- LC: Lectura corregida del hidrómetro (g/L).

- L: Lectura del hidrómetro inicial (g/L).

- T: Temperatura observada del agua en grados Fahrenheit (°F).

- Tcal : Temperatura calibrada del agua (°F).

3.9. Estimación del suelo erosionado

Para calcular el suelo erosionado en toneladas por hectárea durante el periodo de estudio, se multiplicaron los promedios de las alturas en milímetros por la densidad aparente del suelo en gramos por centímetro cúbico. Esto se hizo en las microparcels I, II y III que se establecieron en cada uno de los lugares de estudio.

$$X(\text{tha}^{-1}) = D_a * Y \dots \dots \dots (8)$$

X: Suelo erosionado (tha⁻¹).

Y: Altura promedio de suelo erosionado (mm).

Da: Densidad aparente (g/cm³).

CAPÍTULO IV.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Densidad aparente.

Tabla 6

Valores de la densidad aparente.

Microparcela	Pendiente (%)	Cobertura vegetal	D Ap. (g cm-3)	Lugar
M-I M-II M-III	22.47	Pasto natural	1.56	Centro Poblado Porcón Bajo
M-I M-II M-III	26.00	Pasto natural	1.88	caserío Manzanas Capellanía
M-I M-II M-III	17.69	Pasto natural	1.65	caserío Coñor

En la Tabla 6, la densidad aparente de 1.56 g/cm³ es el más bajo generalmente, este valor indica que el suelo es más suelto o tiene una mayor porosidad, lo cual facilita la infiltración del agua, para el desarrollo radicular. Y en las densidades de 1.65 – 1.88 g/cm³ el suelo presenta una mayor compactación lo que dificulta la penetración de las raíces y el movimiento del agua, lo que podría incrementar el riesgo de erosión, especialmente en periodos de lluvias intensas. Estos resultados se corroboran con las investigaciones de: Ignacio (2018), en su investigación determino valores de 1,20 – 1,45 g/cm³, lo cual estos resultados son cruciales para comprender cómo la estructura del suelo afecta la erosión. En términos generales, una mayor densidad aparente se asocia con una menor porosidad y una menor capacidad de retención de agua, lo que puede provocar un aumento de la escorrentía superficial y, por tanto, un mayor riesgo de erosión.

Villanueva (2018), encontró valores significativos de la densidad aparente que están relacionados a distintos niveles de degradación en los suelos agrícolas, Suelos Saludables: la densidad aparente

promedio fue de 1.20 g/cm³, suelo con suficiente porosidad que permite la infiltración de agua y aireación, Suelos Moderadamente Degradados con densidad aparente de 1.35 g/cm³, este resultado indica un proceso de compactación de suelo y puede estar asociado a malas prácticas agrícolas, además limita el crecimiento de plantas y la producción agrícola. Suelos Altamente Degradados, menciona que este nivel de 1.50 g/cm³, es crítico ya que reduce la porosidad y capacidad del suelo para absorber el agua, aumentado la escorrentía y la erosión.

Bada (2023) pudo determinar que en los tratamientos T2 (pasto natural) y T3 (trigo), las densidades aparentes fueron mayores al encontrarse en el rango de 1.45-1.60 g/cm³ en los tratamientos T1 (trigo), T4; (césped natural), T5 (trigo) y T6 (césped natural), la densidad aparente es muy alta, oscilando entre más de 1,60 g/cm³. Esto quiere decir que tiene un grano de arena granular y no brinda resistencia a la penetración de las raíces por lo que las plantas no tendrán dificultades para crecer y absorberán los nutrientes que necesitan para crecer.

4.2. Textura del suelo.

Tabla 7

Valores de la textura de suelo.

Pendiente (%)	Lugar	Microparcela	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	Textura
22.47	Centro poblado Porcón	M-I	44.6	11.5	43.9	Arcilloso limoso (ArL)
		M-II	36.7	16.6	46.7	
		M-III	41.0	13.4	45.6	
17.69	Caserío Coñor	M-I	28.0	43.0	29.0	Franco arcilloso arenoso (FrArA)
		M-II	28.8	45.5	25.7	
		M-III	30.5	41.0	28.5	
26	Caserío Manzanas Capellanía	M-I	36.7	12.5	50.8	Franco arcilloso Limoso (FrArL)
		M-II	26.3	16.0	57.7	
		M-III	27.8	21.0	51.2	

Como se puede observar en la tabla 7, la textura del suelo arcillosa limosa (ArL), en el centro poblado Porcón, con pendiente del 22.47%, donde se instaló las microparcelas de erosión, estos suelos tienen alta capacidad de retención de agua y nutrientes, los cuales son propicios para el crecimiento de pastos, arbustos y árboles naturales. Pueden crecer plantas de raíces profundas, lo que favorece la estabilidad del suelo en zonas de pendiente. otras muestran una pendiente del 17.69% muestra una textura de suelo arcilloso arenoso (FrArA) mientras que en la pendiente del 26% muestra una textura Franco arcilloso limoso (FrArL). Se afirma que las plantas suelen crecer mejor en el suelo franco arcilloso arenoso (FrArA), ya que proporciona un buen equilibrio entre la retención de agua, el drenaje y la aireación, lo que permite un desarrollo radicular saludable y evita problemas de encharcamiento o asfixia radicular. El suelo franco arcilloso limoso (FrArL) también es favorable para el crecimiento de plantas, aunque su capacidad de drenaje puede ser ligeramente menor. El suelo arcilloso limoso (ArL), aunque puede ser fértil, necesita mejoras en el drenaje y manejo de la compactación para optimizar el crecimiento de las plantas (Shukla, 2021).

Estos resultados pueden ser confirmados por los investigadores Sanhuesa (2008): el objetivo de su estudio fue instalar clavos de erosión en tres situaciones forestales post-tala en la finca Platanillo. Sanhuesa encontró que las estructuras del suelo, especialmente aquellas con un alto contenido de arcilla, como en el suelo Arcilloso Limoso son suelos fértiles y tienen una alta capacidad de retención de agua, lo que favorece el crecimiento de pastos y arbustos, pero tienden a ser más susceptibles a la erosión hídrica debido a su baja permeabilidad y alta retención de agua. En el caso, del centro poblado Porcón Bajo con suelos arcillosos limosos conteniendo el 45% arcilla tienen características similares a las observadas en el estudio de Sanhuesa, donde su capacidad de retención de agua provoca erosión superficial, especialmente en pendientes.

Bada (2023): En sus estudios sobre Lluñibamba, Cajamarca, determinó que la textura del suelo juega un papel crucial en la erosión hídrica, especialmente en terrenos inclinados. Sus resultados muestran que las arcillas, como las observadas en el centro poblado Porcon Bajo, son más susceptibles a la erosión debido a su menor permeabilidad. Este hallazgo se refleja en los resultados de la tabla 7, donde los suelos arcillosos limosos pueden ser más susceptible a la erosión hídrica, especialmente en combinación con la pendiente del 22.47%.

Roberto (2009): Su estudio en la región de Coquimbo de Chile se basó en un modelo de estimación de erosión hídrica que resaltaron que los suelos con un mayor contenido de arena (como el Franco Arcilloso Arenoso del Caserío Coñor) tienen menos probabilidades de retener agua y permitir una mayor infiltración.

Roberto destacó que los suelos arenosos como el Caserío Coñor (contenido de arena 43,07%) tienen menos erosión hídrica, lo que puede estar relacionado con un mayor drenaje y mayor resistencia al agua, que los suelos arcillosos, que se relacionan con una menor retención de agua.

Quispe (2018): Su investigación sobre la influencia de la cobertura vegetal en la erosión hídrica en San Mateo, Perú, destacó que los suelos con mayor contenido de limo y arcilla (como el franco arcilloso limoso) pueden ser susceptibles a la erosión si no se mantiene una cubierta vegetal adecuado y volverse erosionable. En este caso, los resultados de Manzanas Capellanía muestran una textura con mayor contenido de limo (50,8%), lo que puede permitir mayor escurrimiento superficial y erosión hídrica sin suficiente cobertura vegetal.

Villanueva (2018): En su tesis, Villanueva estudió la degradación de suelos agrícolas bajo las condiciones edafoclimáticas en la microcuenca de Río Blanco. Concluyó que los suelos con una textura equilibrada, como como los Franco Arcillosos Limosos, presentan un riesgo moderado de erosión hídrica, especialmente en áreas donde la cubierta vegetal es limitada. En su estudio, los

suelos Franco Arcillosos Limosos, como el del caserío Manzanas Capellanía, tenían un mayor contenido de limo y eran más susceptibles a la erosión hídrica si no se implementaban medidas adecuadas de conservación del suelo.

4.3. Evaluación de la erosión hídrica.

4.3.1. Primer análisis de la erosión hídrica

En base a los resultados del análisis de varianza, se evidencia que el efecto de los bloques fue altamente significativo ($p < 0.0001$), lo cual indica que el diseño en bloques fue apropiado para controlar la variabilidad espacial del terreno experimental.

En cuanto a los factores principales, se encontró que la pendiente del terreno tuvo un efecto significativo sobre la erosión del suelo ($p = 0.0122$), demostrando que los diferentes grados de inclinación (17.6 %, 22.47 % y 26 %) influyen de manera diferenciada en los procesos erosivos. De igual manera, el porcentaje de cobertura vegetal mostró un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$), evidenciando que los distintos niveles de cobertura por pasto natural (40 %, 60 % y 80 %) tienen una marcada influencia en el control de la erosión hídrica.

Sin embargo, la interacción entre pendiente y cobertura vegetal no resultó significativa ($p = 0.6942$), lo que indica que el efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión es independiente del grado de pendiente, y viceversa, es decir, ambos factores actúan de manera independiente sobre el proceso erosivo.

De acuerdo a los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 8), se observa que la erosión hídrica del suelo fue significativamente diferente entre las pendientes evaluadas. La mayor pérdida de suelo se registró en la pendiente de 26 %, con un valor promedio de 0.00932 tn/h, siendo estadísticamente similar a la erosión observada en la pendiente de 22.47 % que presentó una pérdida de 0.00883 t/ha. Por otro lado, la menor erosión se presentó en la pendiente

de 17.69 %, con un valor de 0.00828 t/ha, el cual es estadísticamente similar a la pérdida de suelo registrada en la pendiente de 22.47 %, pero significativamente menor a la erosión observada en la pendiente de 26%. Estos resultados demuestran que existe una tendencia al incremento de la erosión hídrica a medida que aumenta la pendiente del terreno, siendo más crítica la pérdida de suelo cuando la pendiente supera el 22.47 %.

Los resultados de la prueba de Tukey para la cobertura vegetal (Tabla 9) muestra diferencias significativas en la erosión hídrica del suelo entre todos los niveles de cobertura vegetal evaluados. Se observa que la mayor pérdida de suelo se registró con una cobertura del 40 %, alcanzando un valor promedio de 0.009839 t/ha. En la condición intermedia de 60 % de cobertura, la erosión disminuyó significativamente a 0.008713 t/ha. La menor pérdida de suelo se obtuvo con una cobertura vegetal del 80 %, registrando un valor de 0.007873 t/ha. Estos resultados demuestran claramente que existe una relación inversa entre el porcentaje de cobertura vegetal y la erosión hídrica, es decir, a medida que se incrementa la cobertura del suelo por pasto natural, la pérdida de suelo por erosión disminuye significativamente.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) para la erosión hídrica.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	0.0002921	5	0.0000584	59.570	<0.0001
Pendiente	0.0000097	2	0.0000048	4.928	0.0122
Cobertura	0.0000350	2	0.0000175	17.865	<0.0001
Pendiente*Cobertura	0.0000022	4	0.0000005	0.558	0.6942
Error	0.0000392	40	0.0000010		
Total	0.0003782	53			

Tabla 9

Prueba de Tukey para el efecto de la pendiente en la erosión hídrica del suelo.

Pendiente	Erosión (t/ha)	Agrupación
26	0.00932	A
22.47	0.00883	AB
17.69	0.00828	B

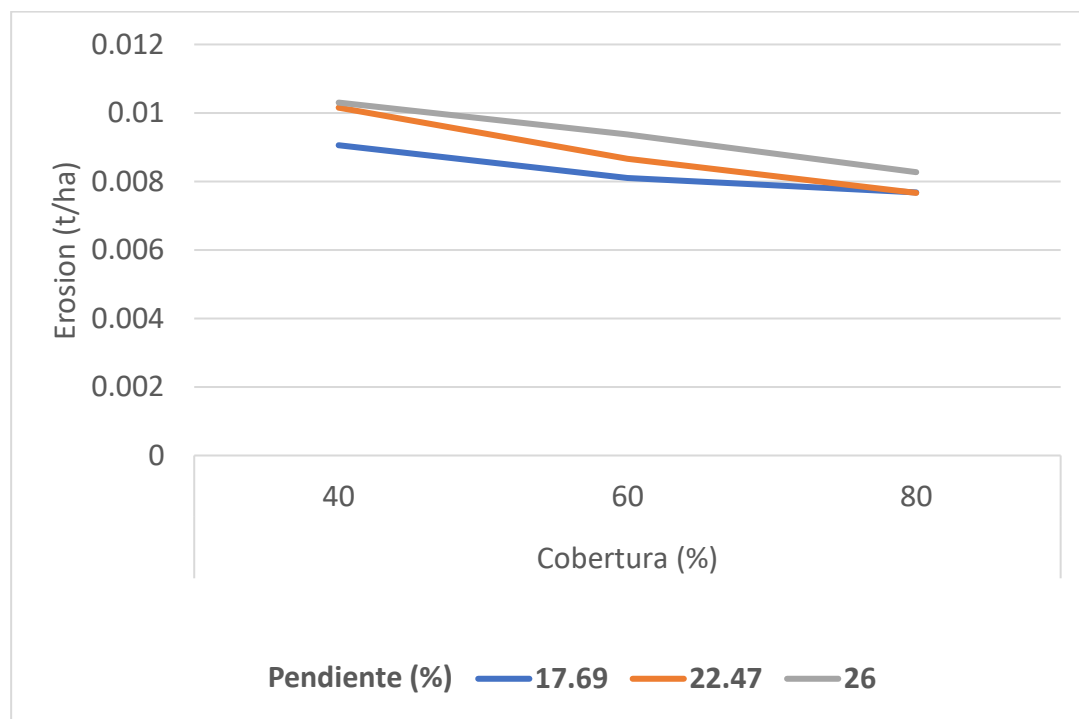
Tabla 10

Prueba de Tukey para el efecto de la cobertura en la erosión hídrica del suelo.

Cobertura	Erosión (t/ha)	Agrupación
40	0.009839	A
60	0.008713	B
80	0.007873	C

Figura 19

Erosión suelo (cm) en función de la pendiente y la cobertura.



Al analizar los resultados de la erosión hídrica en función de la pendiente y la cobertura vegetal, se observa que la pérdida de suelo más alta se registró en la pendiente de 26 % con una cobertura de 40 %, alcanzando un valor de 0.01030363 t/ha, seguido muy de cerca por la pendiente de 22.47% con la misma cobertura del 40 %, donde se obtuvo una erosión de 0.01015532 t/ha. En contraste, las menores pérdidas de suelo se registraron consistentemente en los tratamientos con 80 % de cobertura vegetal, independientemente de la pendiente, con valores que oscilaron entre 0.0076661 y 0.0082716 t/ha.

Se puede apreciar una tendencia clara donde, para cada nivel de pendiente, el incremento en la cobertura vegetal resulta en una reducción de la erosión hídrica. Esta tendencia es particularmente notable en las pendientes más pronunciadas (22.47% y 26%), donde la diferencia en la erosión entre 40 % y 80 % de cobertura es más marcada. En la pendiente de 26 %, la erosión se reduce de 0.01030363 t/ha con 40 % de cobertura a 0.0082716 t/ha con 80 % de cobertura, evidenciando el importante papel protector de la vegetación contra la erosión hídrica.

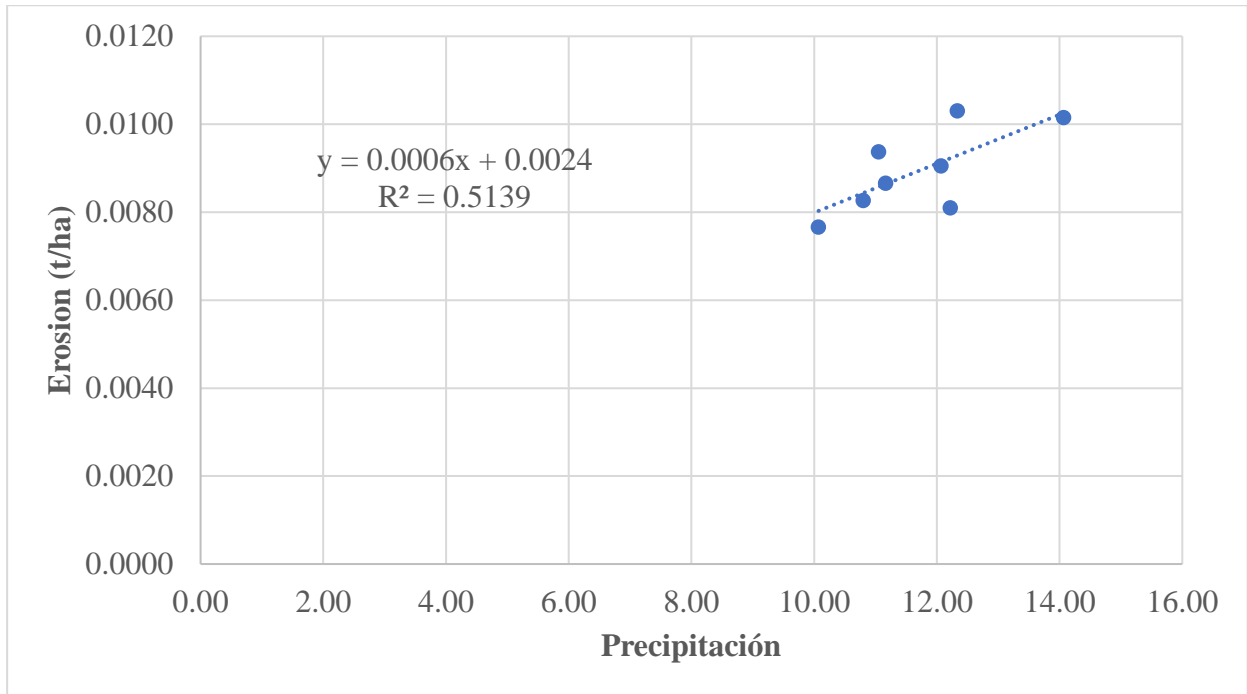
Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) para la regresión de la erosión hídrica y precipitación.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Regresión	0.0000044529	1	0.000004453	9.2680	0.0187319
Residuos	0.0000033632	7	0.000000480		
Total	0.0000078161	8			

Figura 20

Erosión suelo (cm) en función de la erosión y la precipitación.



El análisis de varianza para la regresión demuestra una relación significativa entre la precipitación y la erosión hídrica del suelo ($p=0.0187$). El coeficiente de determinación ($R^2=0.5139$) indica que el 51.39% de la variabilidad en la erosión del suelo es explicada por la precipitación, evidenciando una influencia considerable de las lluvias sobre los procesos erosivos. La relación entre ambas variables es directamente proporcional, lo que significa que el incremento en la precipitación conlleva a un aumento en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Esta relación indica la importancia de considerar la intensidad y frecuencia de las precipitaciones en el manejo y conservación de suelos para mitigar los efectos erosivos.

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) para la regresión de la erosión hídrica y precipitación.

Pendiente	17.69 %			22.47 %			26 %		
Cobertura	40%	60%	80%	40%	60%	80%	40%	60%	80%
Noviembre	0.0065410	0.0059370	0.0056718	0.0063792	0.0065325	0.0059335	0.0068653	0.0064960	0.0063282
Diciembre	0.0141133	0.0123455	0.0116089	0.0132126	0.0121401	0.0104185	0.01598	0.0143517	0.0123039
Enero	0.0089718	0.0086232	0.0083334	0.0083292	0.0074471	0.00598	0.01034	0.0100378	0.0095454
Febrero	0.0052446	0.0048910	0.0045964	0.0098614	0.00624	0.0059614	0.0073857	0.0057742	0.0039614
Marzo	0.0096642	0.0084267	0.0077982	0.0113378	0.0092392	0.0090535	0.0095342	0.0092097	0.0087621
Abril	0.0098116	0.0083973	0.0080732	0.0118114	0.0103628	0.0086496	0.0117164	0.0103735	0.0087285
Medias	0.0090578	0.0081035	0.0076803	0.0101553	0.0086603	0.0076661	0.0103036	0.0093738	0.0082716

4.3.2. Segundo análisis de la erosión hídrica

El análisis que se realiza en el periodo registrado entre noviembre de 2023 y abril de 2024 permite establecer la relación directa entre los parámetros de intensidad de lluvia y la pérdida de suelo medida en microparcels con distinta cobertura vegetal, aportando evidencia sobre los factores críticos que controlan la erosión hídrica en los lugares de estudio. Para esto se presenta las tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18 lo cual describe las intensidades de lluvia que se presentó hasta la medición de las varillas de acero.

4.3.2.1. Centro poblado Porcón Bajo

Para el mes de febrero, la medición registrada fue el 21/02/2024 obteniendo únicamente la intensidad de lluvia para tres horas $I(3h) = 17.5 \text{ mm/h}$, lo cual se clasifica como un evento de intensidad media. Este evento produjo una pérdida de suelo de 0.022 tn/h , lo que indica que, aunque la intensidad fue considerable, la magnitud de la erosión se mantuvo dentro de valores moderados. Por otro lado, en el mes de marzo se registró la mayor pérdida de suelo 0.089 tn/h , correspondiente a un evento extremo. Durante este mes se realizaron tres mediciones de lluvia:

Intensidades a 1 hora $I(1h)$: 2.4 mm/h y 2.6 mm/h , considerados intensidades de valores bajos, sin capacidad erosiva significativa por sí solos.

Intensidades a 3 horas $I(3h)$: 17.7 mm/h , 6.0 mm/h y 9.5 mm/h , una de ellas 17.7 mm/h se considera muy erosiva, ya que supera los umbrales típicos de infiltración en suelos arcilloso-limosos y genera escorrentía sostenida.

El evento con $I(3h) = 17.7 \text{ mm/h}$, fue determinante para explicar la fuerte pérdida de suelo registrada en marzo, puesto que la intensidad, combinada con la duración y la cobertura vegetal en las microparcels, ocasionó la pérdida de suelo.

Tabla 13

Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el centro poblado Porcón Bajo.

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medicion (mm)	Microparcela I CV: 80%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hidrica tn/ha
22.47	14/11/2023	0.0	0.0	9.3								
	15/11/2023	3.0	0.0	0.0								
	16/11/2023	13.0	0.0	0.0	63.980	19/11/2023	5.107	0.007967	6.286	0.009806	5.393	0.008413
	17/11/2023	0.0	0.0	5.3								
	18/11/2023	2.0	0.0	0.0								
	19/11/2023	18.0	0.0	14.6	...	...	...	...	...	...	...	...
	29/11/2023	0.2	0.0	0.0	18.800	30/11/2023	2.500	0.003900	2.089	0.003259	2.786	0.004346
	30/11/2023	0.0	0.0	4.0								
	30/11/2023	0.2	0.0	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	4/12/2023	2.4	0.0	0.0								
	5/12/2023	0.0	0.0	4.0								
	8/12/2023	0.0	0.3	0.0								
	10/12/2023	0.2	0.0	0.0	53.600	14/12/2023	5.339	0.008329	7.143	0.011143	6.214	0.009694
	11/12/2023	0.1	0.0	0.0								
	12/12/2023	0.0	0.0	0.3								
	13/12/2023	0.3	0.0	0.0								
	14/12/2023	3.0	0.3	4.3	...	...	...	...	...	...	...	...
	21/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	22/12/2023	1.5	0.0	0.0								
	23/12/2023	0.0	19.0	0.0								
	24/12/2023	2.0	0.0	0.0								
	25/12/2023	0.0	0.0	11.3								
	26/12/2023	0.0	0.0	8.0	132.500	31/12/2023	8.018	0.012508	8.421	0.013137	10.725	0.016731
	27/12/2023	0.0	0.0	2.0								
	28/12/2023	0.0	0.0	4.0								
	29/12/2023	0.0	0.0	3.3								
	30/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	3.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	8.5	19.0	28.6	...	...	...	...	...	...	...	...
	3/01/2024	0.0	0.0	6.7								
	4/01/2024	0.0	0.0	1.3	59.400	8/01/2024	5.857	0.009137	6.143	0.009583	8.143	0.012703
	6/01/2024	1.4	0.0	0.0								
	8/01/2024	1.4	0.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	10/01/2024	0.0	4.0	0.0	33.000	15/01/2024	3.000	0.004680	3.696	0.005766	4.089	0.006379
	11/01/2024	7.0	0.0	0.0								
	15/01/2024	7.0	4.0	0.0	...	...	...	...	...	...	...	...

Nota: CV: Cobertura vegetal.

Tabla 14

Continuación: Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el centro poblado Porcón Bajo.

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medición (mm)	Microparcela I CV: 80%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hídrica tn/ha
22.47	20/01/2024	0.0	0.0	2.0	29.200	31/01/2024	2.643	0.004123	4.482	0.006992	3.786	0.005906
	31//01/2024	0.0	0.0	3.7								
	31//01/2024	0.0	0.0	5.7								
	15/02/2024	0.0	0.0	0.7	64.50	12/02/2024	3.821	0.005961	4.000	0.006240	6.321	0.009861
	16/02/2024	0.0	0.0	7.7								
	18/02/2024	0.0	0.0	2.1								
	19/02/2024	0.0	0.0	6.3								
	20/02/2024	0.0	0.0	0.7								
	21/02/2024	0.0	0.0	17.5								
	2/03/2024	2.4	0.0	0.0	75.60	9/03/2024	7.321	0.011421	7.036	0.010976	10.929	0.017049
	3/03/2024	0.0	2.6	0.0								
	4/03/2024	0.0	0.0	3.0								
	6/03/2024	0.0	0.0	6.7								
	7/03/2024	0.0	0.0	8.0								
	9/03/2024	2.4	2.6	17.7								
	13/03/2024	0	0	3.3	42.00	16/03/2024	6.054	0.009444	6.161	0.009611	6.982	0.010892
	14/03/2024	0	0	2.7								
	16/03/2024	0.0	0.0	6.0								
	20/03/2024	0.0	0.0	5.0								
	21/03/2024	0.0	0.0	2.5								
	22/03/2024	0.0	0.0	2.0								
	26/03/2024	0.0	0.0	9.5	92.40	10/04/2024	6.232	0.009722	7.893	0.012313	8.679	0.013539
	2/04/2024	0.0	0.0	4.7								
	3/04/2024	0.0	0.0	7.5								
	5/04/2024	0.0	0.0	3.0								
	6/04/2024	16.0	0.0	0.0								
	8/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	10/04/2024	18.0	0.0	15.2	32.34	29/04/2024	4.86	0.007577	5.39	0.008413	6.46	0.010084
	21/04/2024	0.5	0.0	0.0								
	23/04/2024	0.0	0.0	0.7								
	24/04/2024	0.0	0.0	0.7								
	26/04/2024	0.0	0.0	1.3								
	27/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	28/04/2024	0.0	5.5	0.0
	29/04/2024	2.5	5.5	2.7								
Σ Total					672.740	...	59.679	0.093099	67.029	0.104565	79.011	0.123257

Nota: CV: Cobertura vegetal.

Tabla 15

Resumen de perdida de suelo para las microparcels I, II y III.

Mes	Microparcela I Erosión hídrica (tn/h)	Microparcela II Erosión hídrica (tn/h)	Microparcela III Erosión hídrica (tn/h)	Total, MI- MII y MIII (tn/h)
Noviembre	0.012	0.013	0.013	0.038
Diciembre	0.021	0.024	0.026	0.072
Enero	0.018	0.022	0.025	0.065
Febrero	0.006	0.006	0.010	0.022
Marzo	0.027	0.028	0.034	0.089
Abril	0.017	0.021	0.024	0.062
Total:				0.347

La tabla 15 muestra el resumen de las tablas 13 y 14, lo cual presenta las pérdidas de suelo total por cada mes y de cada microparcels, estos totales que se presenta en la tabla 15 suman el número de mediciones que se hizo por mes de las tablas 13 y 14, obteniendo así los resultados que se presenta, seguidamente se presenta en el gráfico de barras 21, 22 y 23, estos gráficos de barras se representan de la siguiente manera Erosión hídrica (tn/h) vs Mes para cada microparcels.

Para el grafico de barras de la figura 24, se presenta la perdida de suelo total de las tres microparcels la representación es: Total, MI, MII y MIII (tn/h) vs Mes.

Figura 21

Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela I, centro poblado Porcón Bajo.

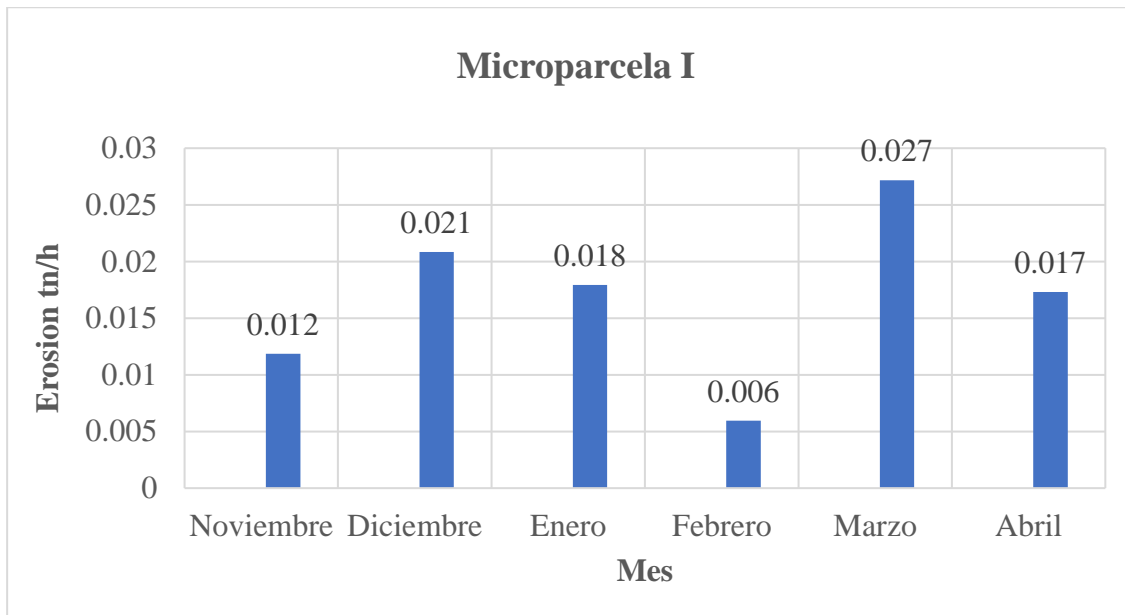


Figura 22

Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela II, centro poblado Porcón Bajo.

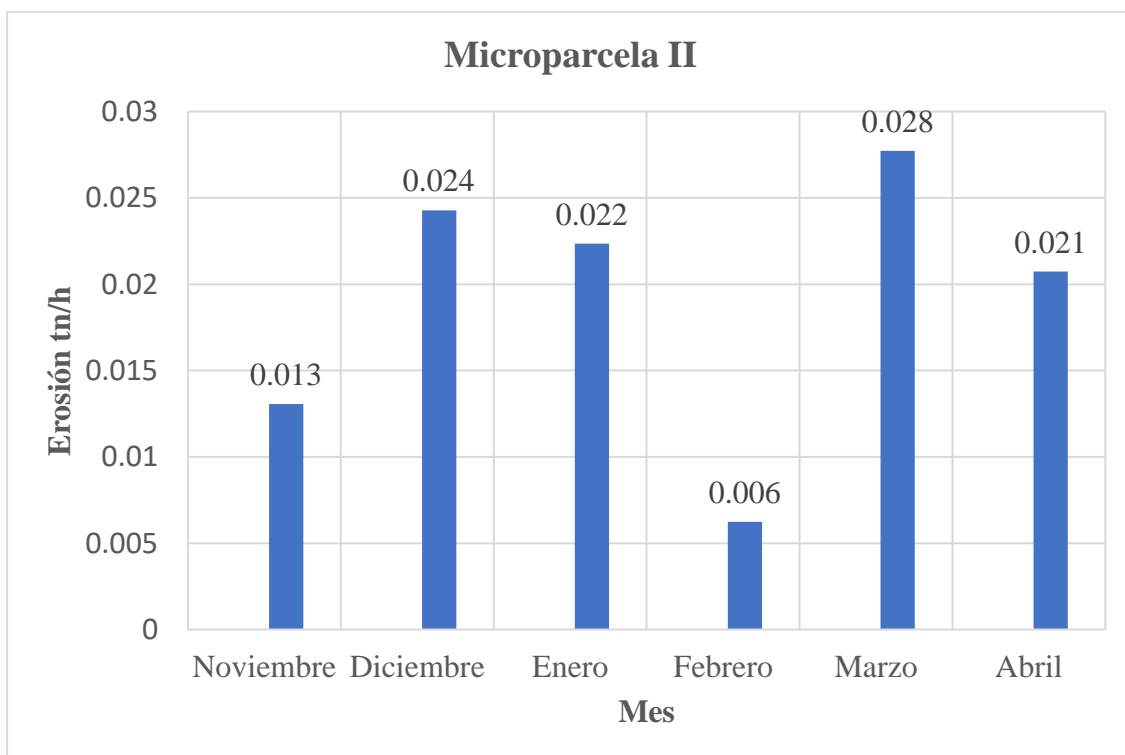


Figura 23

Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela III, centro poblado Porcón Bajo.

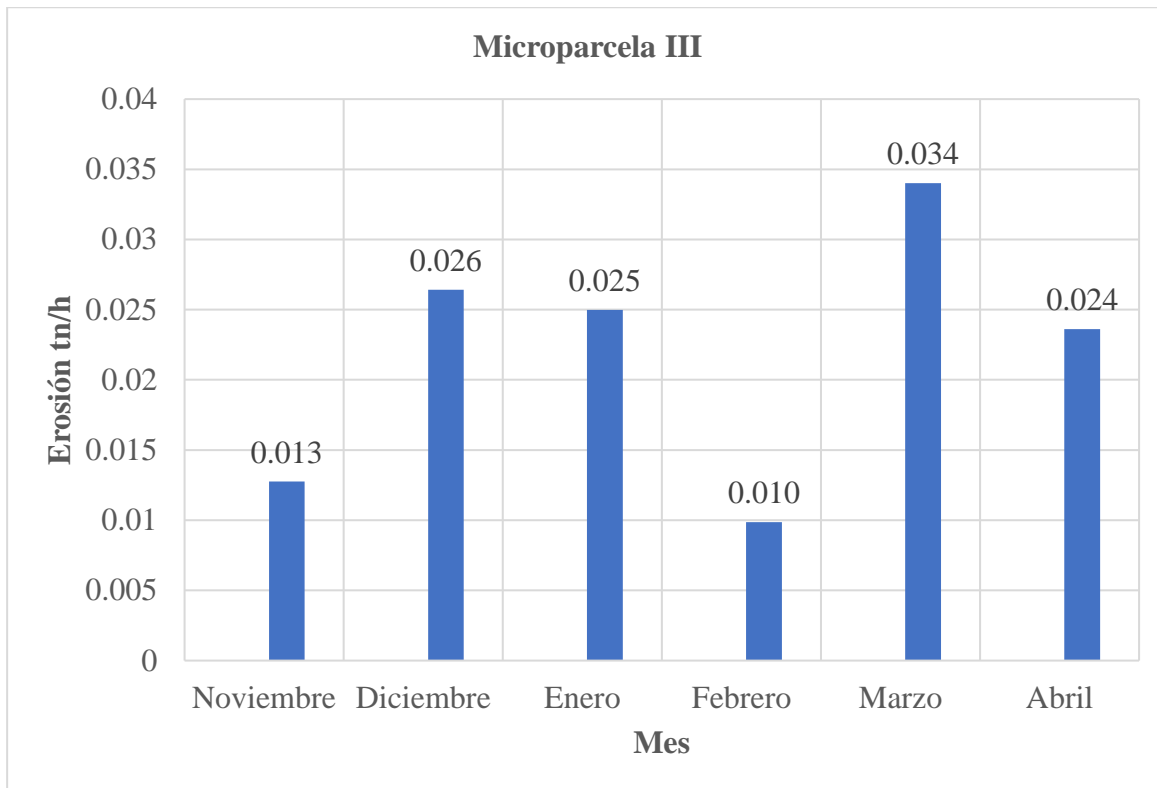
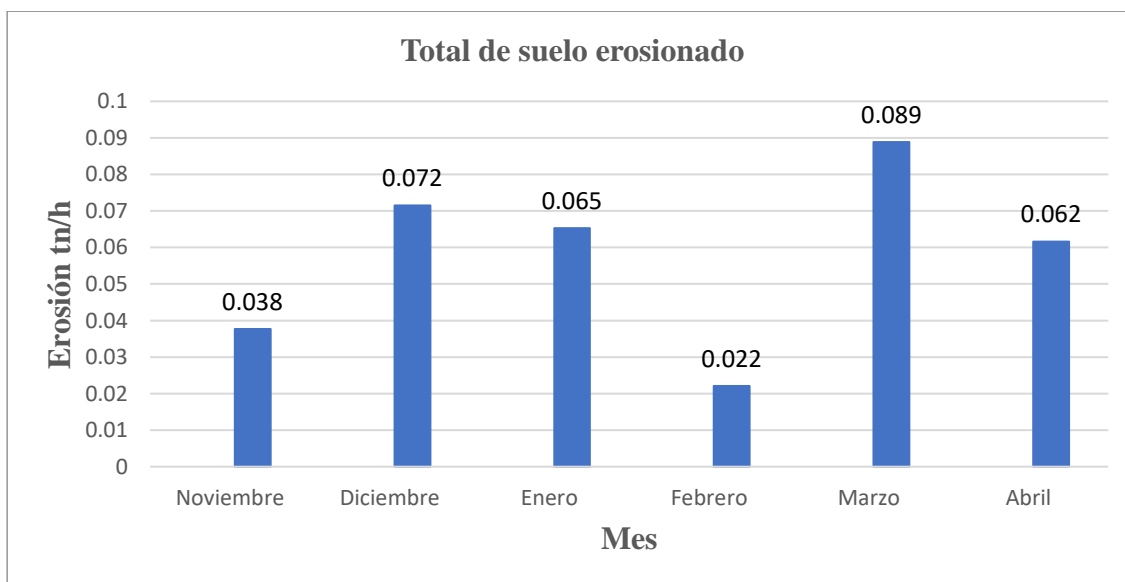


Figura 24

Total de suelo erosionado para cada mes del centro poblado Porcón Bajo.



4.3.2.2. Caserío Coñor

Para el mes de febrero, la medición registrada fue el 21/12/2024, la intensidad de lluvia para tres horas $I(3h) = 17.5 \text{ mm/h}$, lo cual se clasifica como un evento de intensidad media. Este evento produjo una pérdida de suelo de 0.015 tn/h , lo que indica que, aunque la intensidad fue considerable, la magnitud de la erosión se mantuvo dentro de valores moderados.

Por otro lado, la mayor pérdida de suelo se registró entre diciembre y marzo, en diciembre la erosión hídrica fue de 0.078 tn/h , el registro se realizó dos veces durante el mes, las intensidades de lluvia para una hora $I(1h) = 3.0, 8.0$; $I(2h) = 0.3, 19.0$; $I(3h) = 4.3, 28.6$, siendo un evento extremo lo cual provocó la pérdida de suelo, además para el mes de marzo también se registró la pérdida de suelo (0.078 t/ha), correspondiente a un evento extremo. Durante este mes se realizaron tres mediciones de lluvia:

Intensidades a 1 hora $I(1h)$: 2.4 mm/h y 2.6 mm/h , considerados intensidades de valores bajos, sin capacidad erosiva significativa por sí solos.

Intensidades a 3 horas $I(3h)$: 17.7 mm/h , 6.0 mm/h y 9.5 mm/h una de ellas 17.7 mm/h se considera muy erosiva, ya que supera los umbrales típicos de infiltración en suelos arcilloso-limosos y genera escorrentía sostenida.

El evento con $I(3h) = 17.7 \text{ mm/h}$, fue determinante para explicar la fuerte pérdida de suelo registrada en marzo, puesto que la intensidad, combinada con la duración y la cobertura vegetal en las microparcels, ocasionó la pérdida de suelo.

Tabla 16

Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Coñor

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medición	Microparcela I CV: 80%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hídrica tn/ha
26.00	14/11/2023	0.0	0.0	9.3								
	15/11/2023	3.0	0.0	0.0								
	16/11/2023	13.0	0.0	0.0	63.980	19/11/2023	4.679	0.008796	5.000	0.009400	4.357	0.008191
	17/11/2023	0.0	0.0	5.3								
	18/11/2023	2.0	0.0	0.0								
	19/11/2023	18.0	0.0	14.6	...	...	...	...	...	...	...	...
	29/11/2023	0.2	0.0	0.0								
	30/11/2023	0.0	0.0	4.0	18.800	30/11/2023	2.054	0.003861	2.304	0.004331	2.554	0.004801
	30/11/2023	0.2	0.0	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	4/12/2023	2.4	0.0	0.0								
	5/12/2023	0.0	0.0	4.0								
	8/12/2023	0.0	0.3	0.0								
	10/12/2023	0.2	0.0	0.0	53.600	14/12/2023	5.214	0.009803	6.375	0.011985	5.321	0.010004
	11/12/2023	0.1	0.0	0.0								
	12/12/2023	0.0	0.0	0.3								
	13/12/2023	0.3	0.0	0.0								
	14/12/2023	3.0	0.3	4.3	...	...	...	...	...	...	...	...
	21/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	22/12/2023	1.5	0.0	0.0								
	23/12/2023	0.0	19.0	0.0								
	24/12/2023	2.0	0.0	0.0								
	25/12/2023	0.0	0.0	11.3								
	26/12/2023	0.0	0.0	8.0	132.500	31/12/2023	7.875	0.014805	10.625	0.019975	9.946	0.018699
	27/12/2023	0.0	0.0	2.0								
	28/12/2023	0.0	0.0	4.0								
	29/12/2023	0.0	0.0	3.3								
	30/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	3.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	8.5	19.0	28.6	...	...	...	...	...	...	...	...
	3/01/2024	0.0	0.0	6.7								
	4/01/2024	0.0	0.0	1.3	59.400	8/01/2024	7.696	0.014469	8.393	0.015779	7.589	0.014268
	6/01/2024	1.4	0.0	0.0								
	8/01/2024	1.4	0.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	10/01/2024	0.0	4.0	0.0								
	11/01/2024	7.0	0.0	0.0	33.000	15/01/2024	4.536	0.008527	5.036	0.009467	4.286	0.008057
	15/01/2024	7.0	4.0	0.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	20/01/2024	0.0	0.0	2.0								
	31/01/2024	0.0	0.0	3.7	29.200	31/01/2024	3.000	0.005640	3.071	0.005774	4.143	0.007789
	31/01/2024	0.0	0.0	5.7	...	...	...	...	...	...	...	...

Nota: CV: Cobertura vegetal.

Tabla 17

Continuación: Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Coñor.

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medición (mm)	Microparcela I CV: 80%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hídrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hídrica tn/ha
26.00	15/02/2024	0.0	0.0	0.7								
	16/02/2024	0.0	0.0	7.7								
	18/02/2024	0.0	0.0	2.1	64.50	21/02/2024	2.107	0.003961	3.929	0.007386	3.071	0.005774
	19/02/2024	0.0	0.0	6.3								
	20/02/2024	0.0	0.0	0.7								
	21/02/2024	0.0	0.0	17.5	...	...	...	...	...	...	...	...
	2/03/2024	2.4	0.0	0.0								
	3/03/2024	0.0	2.6	0.0								
	4/03/2024	0.0	0.0	3.0	75.60	9/03/2024	5.429	0.010206	4.893	0.009199	6.071	0.011414
	6/03/2024	0.0	0.0	6.7								
	7/03/2024	0.0	0.0	8.0								
	9/03/2024	2.4	2.6	17.7	...	...	...	...	...	...	...	...
	13/03/2024	0	0	3.3	42.00	16/03/2024	4.732	0.008896	5.286	0.009937	5.232	0.009836
	14/03/2024	0	0	2.7								
	16/03/2024	0.0	0.0	6.0	...	...	...	...	...	...	...	...
	20/03/2024	0.0	0.0	5.0								
	21/03/2024	0.0	0.0	2.5	39.40	26/03/2024	3.821	0.007184	5.036	0.009467	3.393	0.006379
	22/03/2024	0.0	0.0	2.0								
	26/03/2024	0.0	0.0	9.5	...	...	...	...	...	...	...	...
	2/04/2024	0.0	0.0	4.7								
	3/04/2024	0.0	0.0	7.5								
	5/04/2024	0.0	0.0	3.0	92.40	10/04/2024	5.393	0.010139	7.821	0.014704	6.857	0.012891
	6/04/2024	16.0	0.0	0.0								
	8/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	10/04/2024	18.0	0.0	15.2	...	...	...	...	...	...	...	...
	21/04/2024	0.5	0.0	0.0								
	23/04/2024	0.0	0.0	0.7								
	24/04/2024	0.0	0.0	0.7	32.34	29/04/2024	3.89	0.007319	4.64	0.008729	4.18	0.007856
	26/04/2024	0.0	0.0	1.3								
	27/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	28/04/2024	0.0	5.5	0.0								
	29/04/2024	2.5	5.5	2.7	...	...	...	...	...	...	...	...
Σ Total					672.740	...	55.750	0.104810	67.411	0.126732	62.643	0.117769

Nota: CV: Cobertura vegetal.

Tabla 18

Resumen de perdida de suelo para las microparcels I, II y III.

Mes	Microparcela I Erosion hidrica (tn/h)	Microparcela II Erosion hidrica (tn/h)	Microparcela III Erosion hidrica (tn/h)	Total, MI- MII y MIII (tn/h)
Noviembre	0.011	0.012	0.013	0.036
Diciembre	0.023	0.025	0.028	0.076
Enero	0.025	0.026	0.027	0.078
Febrero	0.005	0.005	0.005	0.015
Marzo	0.023	0.025	0.029	0.078
Abril	0.016	0.017	0.020	0.053
Total:				0.335

La tabla 18 muestra el resumen de las tablas 16 y 17, lo cual presenta las pérdidas de suelo total por cada mes y de cada microparcels, estos totales que se presenta en la tabla 18 suman el número de mediciones que se hizo por mes de las tablas 16 y 17, obteniendo así los resultados que se presenta, seguidamente se representa en el gráfico de barras 25, 26 y 27, estos gráficos de barras se representan de la siguiente manera Erosión hídrica (tn/h) vs Mes para cada microparcels.

Para el grafico de barras de la figura 28, se presenta la perdida de suelo total de las tres microparcels la representación es: Total, MI, MII y MIII (tn/h) vs Mes.

Figura 25

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela I, caserío Coñor.

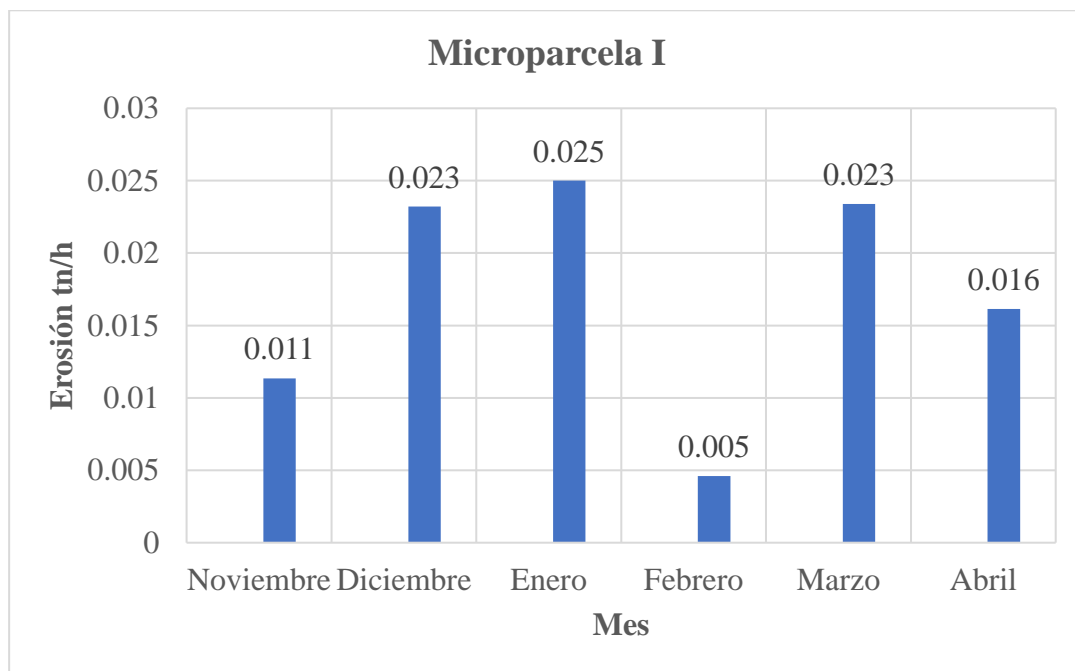


Figura 26

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela II, caserío Coñor.

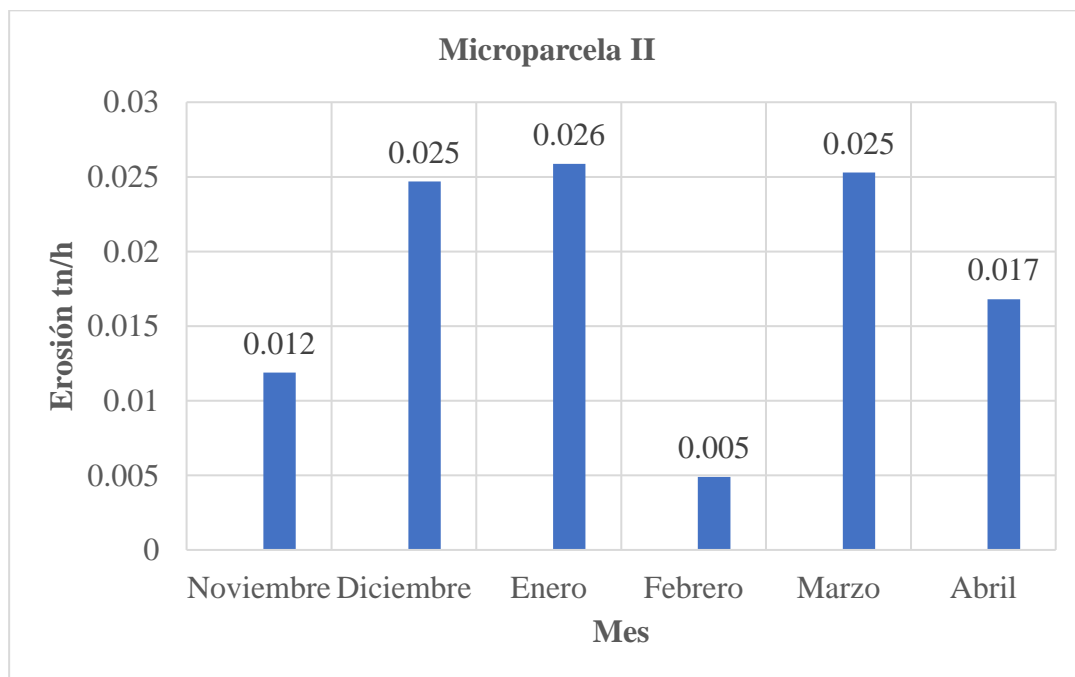


Figura 27

Erosión del suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Coñor.

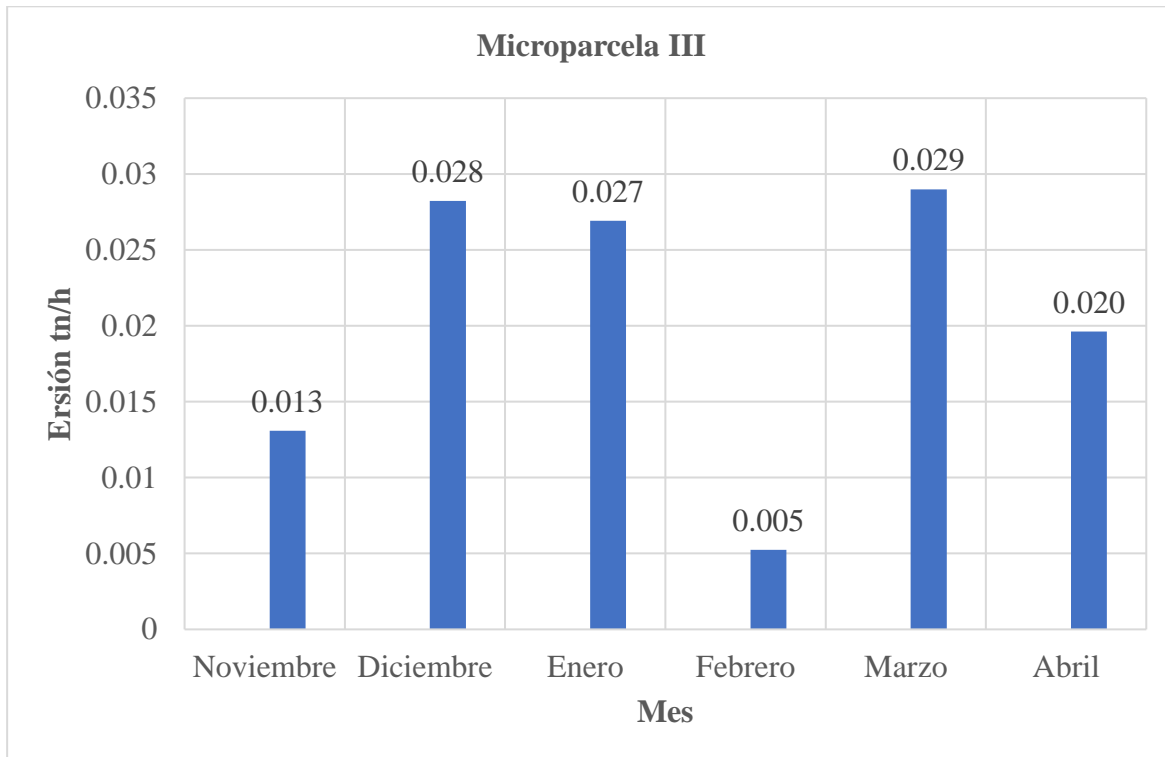
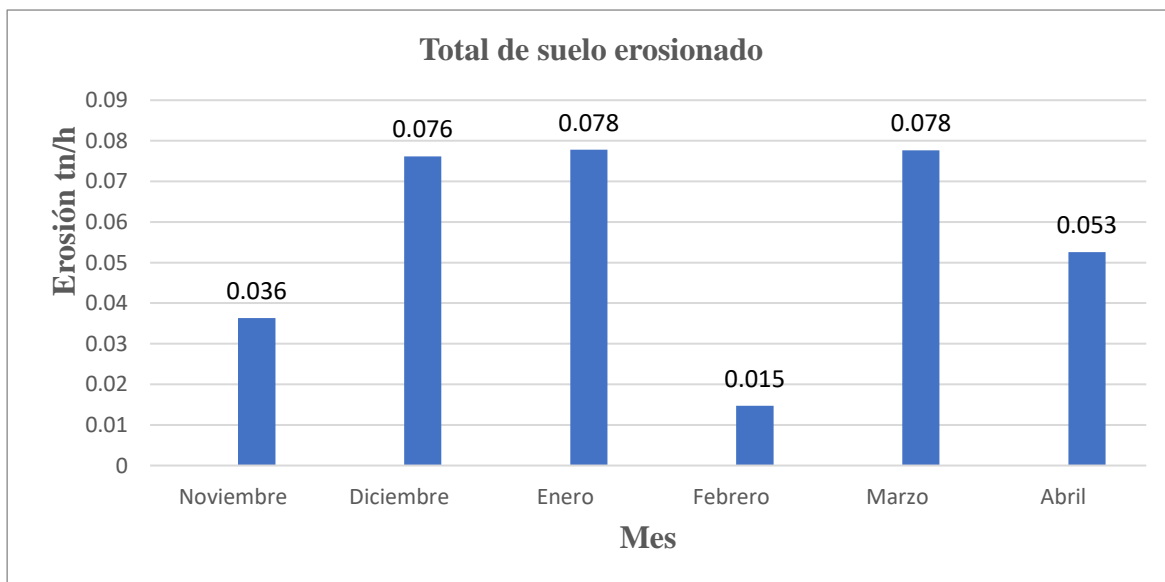


Figura 28

Total de suelo erosionado para cada mes - caserío Coñor.



4.3.2.3. Caserío Manzanas Capellanía

Para el mes de febrero, la medición registrada del 21/12/2024, la intensidad de lluvia para tres horas $I(3h) = 17.5 \text{ mm/h}$, lo cual se clasifica como un evento de intensidad media. Este evento produjo una pérdida de suelo de 0.015 tn/ha , lo que indica que, aunque la intensidad fue considerable, la magnitud de la erosión se mantuvo dentro de valores moderados.

Por otro lado, en los meses de diciembre, enero y marzo se registró la mayor pérdida de suelo, en diciembre la erosión hídrica fue de 0.085 tn/h , el registro se realizó en dos veces durante el mes con intensidades de lluvia para una hora $I(1h) = 3.0, 8.0$; $I(2h) = 0.3, 19.0$; $I(3h) = 4.3, 28.6$, siendo un evento extremo lo cual provoco la perdida de suelo, además en enero la perdida de suelo fue 0.090 tn/h , con intensidades de lluvia para una hora $I(1h) = 1.4, 7.0$; $I(2h) = 4.0$; $I(3h) = 8.0, 5.7$, siendo un evento extremo lo cual provoco la perdida de suelo, además en el mes de marzo la pérdida de suelo fue de 0.083 t/ha , correspondiente a un evento extremo. Durante este mes se realizaron tres mediciones de lluvia.

Para el mes de marzo las intensidades de lluvia para uan hora $I(1h)$: 2.4 mm/h y 2.6 mm/h , considerados intensidades de valores bajos, sin capacidad erosiva significativa por sí solos.

Intensidades a 3 horas $I(3h)$: 17.7 mm/h , 6.0 mm/h y 9.5 mm/h una de ellas 17.7 mm/h se considera muy erosiva, ya que supera los umbrales típicos de infiltración en suelos arcilloso–limosos y genera escorrentía sostenida.

El evento con $I(3h) = 17.7 \text{ mm/h}$, fue determinante para explicar la fuerte pérdida de suelo registrada en marzo, puesto que la intensidad, combinada con la duración y la cobertura vegetal en las microparcels, ocasionó la perdida de suelo.

Tabla 19

Resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Manzanas Capellanía.

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medicion	Microparcela I CV: 80%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hidrica tn/ha
17.69	14/11/2023	0.0	0.0	9.3	63.980	19/11/2023	3.929	0.006482	4.821	0.007955	5.393	0.008898
	15/11/2023	3.0	0.0	0.0								
	16/11/2023	13.0	0.0	0.0								
	17/11/2023	0.0	0.0	5.3								
	18/11/2023	2.0	0.0	0.0	18.800	30/11/2023	2.946	0.004862	2.375	0.003919	2.536	0.004184
	19/11/2023	18.0	0.0	14.6								
	29/11/2023	0.2	0.0	0.0								
	30/11/2023	0.0	0.0	4.0								
	30/11/2023	0.2	0.0	4.0	53.600	14/12/2023	5.250	0.008663	5.571	0.009193	6.321	0.010430
	4/12/2023	2.4	0.0	0.0								
	5/12/2023	0.0	0.0	4.0								
	8/12/2023	0.0	0.3	0.0								
	10/12/2023	0.2	0.0	0.0	132.500	31/12/2023	8.821	0.014555	9.393	0.015498	10.786	0.017796
	11/12/2023	0.1	0.0	0.0								
	12/12/2023	0.0	0.0	0.3								
	13/12/2023	0.3	0.0	0.0								
	14/12/2023	3.0	0.3	4.3	---	---	---	---	---	---	---	---
	21/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	22/12/2023	1.5	0.0	0.0								
	23/12/2023	0.0	19.0	0.0								
	24/12/2023	2.0	0.0	0.0	---	---	---	---	---	---	---	---
	25/12/2023	0.0	0.0	11.3								
	26/12/2023	0.0	0.0	8.0								
	27/12/2023	0.0	0.0	2.0								
	28/12/2023	0.0	0.0	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---
	29/12/2023	0.0	0.0	3.3								
	30/12/2023	1.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	3.0	0.0	0.0								
	31/12/2023	8.5	19.0	28.6	---	---	---	---	---	---	---	---
	3/01/2024	0.0	0.0	6.7								
	4/01/2024	0.0	0.0	1.3								
	6/01/2024	1.4	0.0	0.0								
	8/01/2024	1.4	0.0	8.0	33.000	15/01/2024	5.214	0.008604	5.804	0.009576	5.041	0.008318
	10/01/2024	0.0	4.0	0.0								
	11/01/2024	7.0	0.0	0.0								
	15/01/2024	7.0	4.0	0.0								
	20/01/2024	0.0	0.0	2.0	29.200	31/01/2024	2.420	0.003992	3.036	0.005009	2.977	0.004912
	31/01/2024	0.0	0.0	3.7								
	31/01/2024	0.0	0.0	5.7								
	15/02/2024	0.0	0.0	0.7								
	16/02/2024	0.0	0.0	7.7	64.50	21/02/2024	2.786	0.004596	2.964	0.004891	3.179	0.005245
	18/02/2024	0.0	0.0	2.1								
	19/02/2024	0.0	0.0	6.3								
	20/02/2024	0.0	0.0	0.7								
	21/02/2024	0.0	0.0	17.5	---	---	---	---	---	---	---	---
	2/03/2024	2.4	0.0	0.0								
	3/03/2024	0.0	2.6	0.0								

Nota: CV: Cobertura vegetal

Tabla 20

Continuación de resultados de las evaluaciones de la erosión hídrica del suelo durante el período de experimentación en el caserío Manzanas Capellanía.

Pendiente (%)	Fecha de evento de Precipitación (mm)	I (mm/h) 60 min	I (mm/h) 120 min	I (mm/h) 180 min	Precipitación total del evento (mm)	Fecha de medicion (mm)	Microparcela I CV: 80%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela II CV: 60%	Erosion hidrica tn/ha	Microparcela III CV: 40%	Erosion hidrica tn/ha
17.69	4/03/2024	0.0	0.0	3.0	75.60	9/03/2024	5.214	0.008604	6.143	0.010136	7.929	0.013082
	6/03/2024	0.0	0.0	6.7								
	7/03/2024	0.0	0.0	8.0								
	9/03/2024	2.4	2.6	17.7	---	---	---	---	---	---	---	---
	13/03/2024	0	0	3.3	42.00	16/03/2024	4.714	0.007779	4.464	0.007366	5.964	0.009841
	14/03/2024	0	0	2.7								
	16/03/2024	0.0	0.0	6.0	---	---	---	---	---	---	---	---
	20/03/2024	0.0	0.0	5.0								
	21/03/2024	0.0	0.0	2.5	39.40	26/03/2024	4.250	0.007013	4.714	0.007779	3.679	0.006070
	22/03/2024	0.0	0.0	2.0								
	26/03/2024	0.0	0.0	9.5	---	---	---	---	---	---	---	---
	2/04/2024	0.0	0.0	4.7								
	3/04/2024	0.0	0.0	7.5								
	5/04/2024	0.0	0.0	3.0	92.40	10/04/2024	5.857	0.009664	6.214	0.010254	7.286	0.012021
	6/04/2024	16.0	0.0	0.0								
	8/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	10/04/2024	18.0	0.0	15.2	---	---	---	---	---	---	---	---
	21/04/2024	0.5	0.0	0.0								
	23/04/2024	0.0	0.0	0.7								
	24/04/2024	0.0	0.0	0.7	32.34	29/04/2024	3.93	0.006482	3.96	0.006541	4.61	0.007602
	26/04/2024	0.0	0.0	1.3								
	27/04/2024	2.0	0.0	0.0								
	28/04/2024	0.0	5.5	0.0								
	29/04/2024	2.5	5.5	2.7	---	---	---	---	---	---	---	---
Σ Total					672.740	---	62.848	0.103700	66.304	0.109401	73.991	0.122085

Nota: CV: Cobertura vegetal

Tabla 21

Resumen de perdida de suelo para las microparcels I, II y III.

Mes	Microparcela I Erosion hidrica (tn/h)	Microparcela II Erosion hidrica (tn/h)	Microparcela III Erosion hidrica (tn/h)	Total, MI- MII y MIII (tn/h)
Noviembre	0.013	0.014	0.013	0.039
Diciembre	0.025	0.032	0.029	0.085
Enero	0.029	0.031	0.030	0.090
Febrero	0.004	0.007	0.006	0.017
Marzo	0.026	0.029	0.028	0.083
Abril	0.017	0.023	0.021	0.062
Total:				0.376

La tabla 21 muestra el resumen de las tablas 19 y 20, lo cual presenta las pérdidas de suelo total por cada mes y de cada microparcels, estos totales que se presenta en la tabla 21 suman el número de mediciones que se hizo por mes de las tablas 19 y 20, obteniendo así los resultados que se presenta, seguidamente se presenta en el gráfico de barras 29, 30 y 31, estos gráficos de barras se representan de la siguiente manera Erosión hídrica (tn/h) vs Mes para cada microparcels.

Para el grafico de barras de la figura 32, se presenta la perdida de suelo total de las tres microparcels la representación es: Total, MI, MII y MIII (tn/h) vs Mes.

Figura 29

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela I, caserío Manzanas Capellanía.

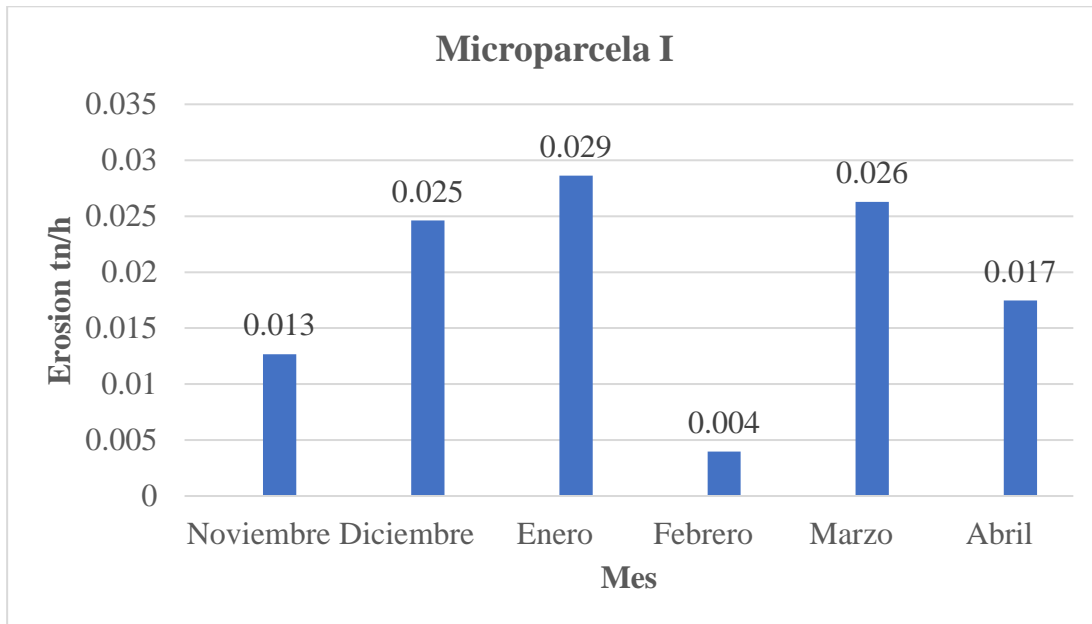


Figura 30

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela II, caserío Manzanas Capellanía.

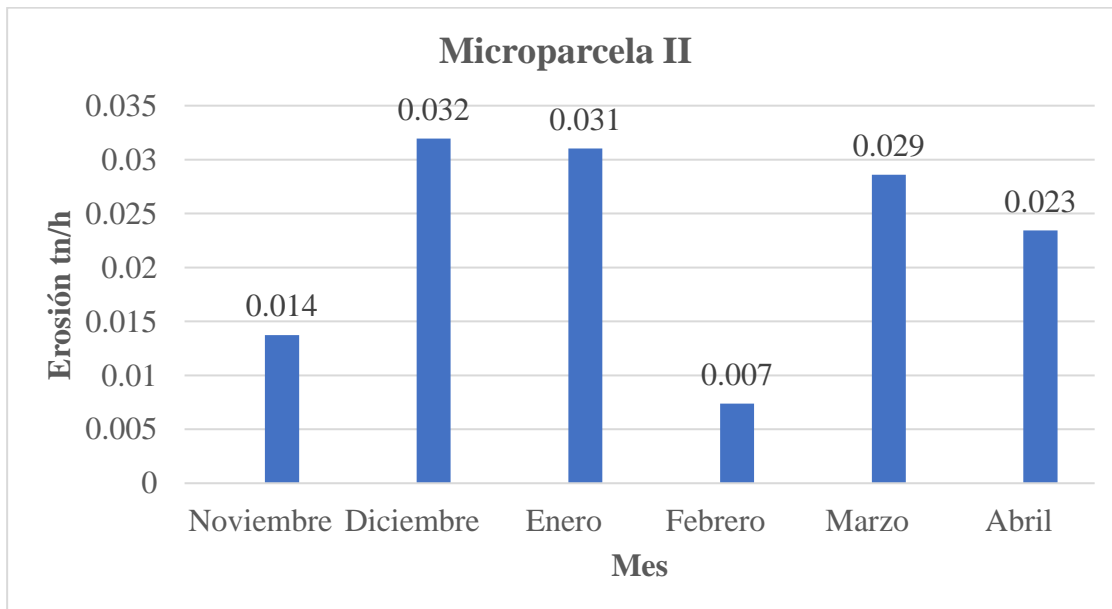


Figura 31

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Manzanas Capellanía.

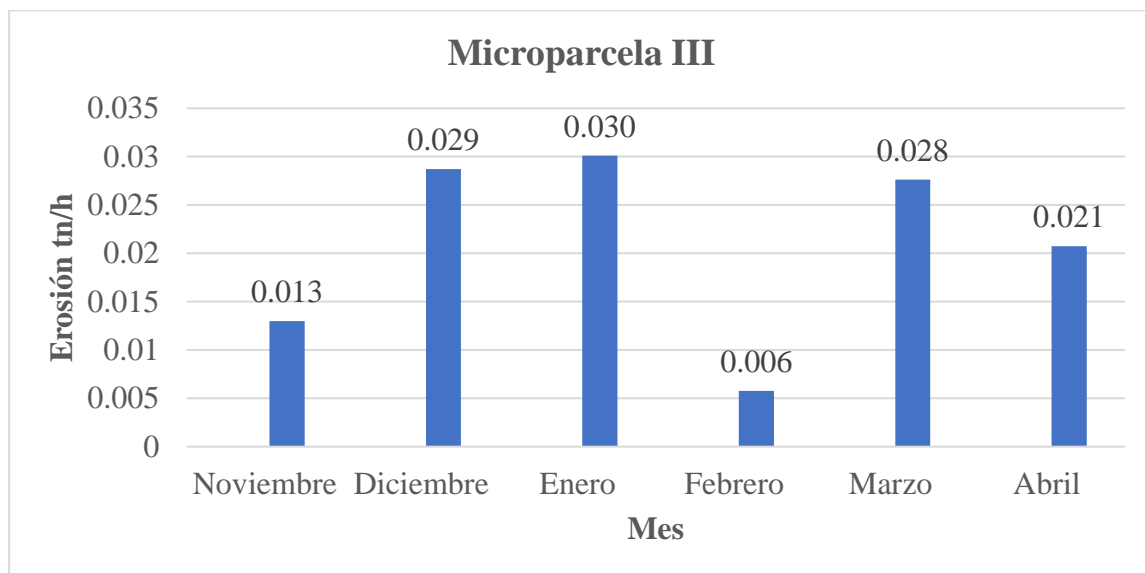


Figura 32

Erosión suelo (tn/h) en la Microparcela III, caserío Manzanas Capellanía.

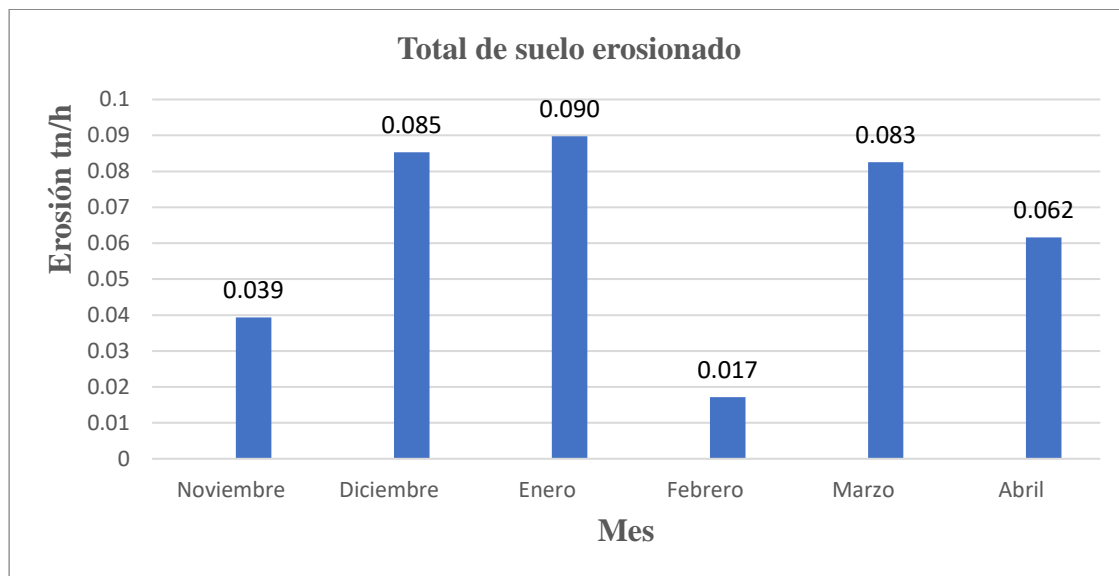
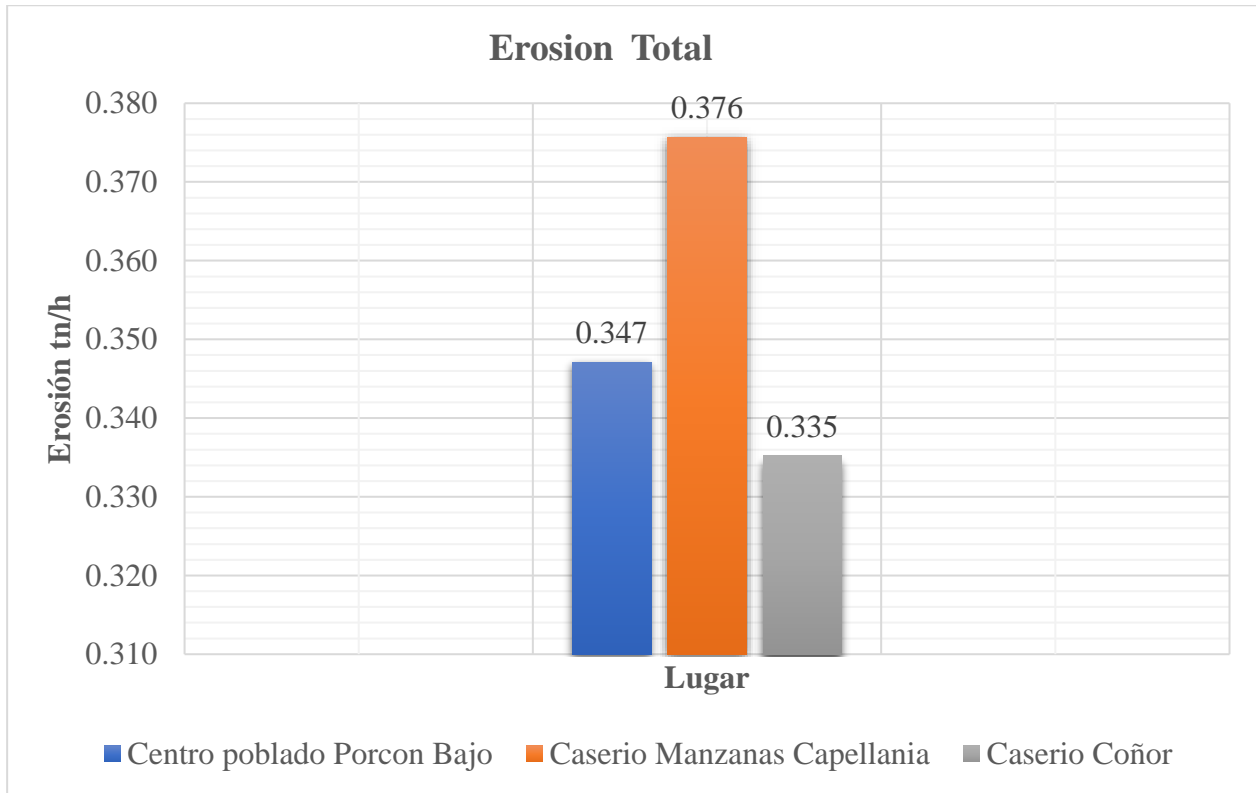


Figura 33

Erosión Total (tn/h), centro poblado Porcón Bajo, caserío Manzanas Capellanía y Coñor.



De la figura 33, se aprecia la pérdida total de suelo por erosión hídrica, datos que fueron obtenidos de los cuadros resumen tablas 15, 18 y 21; gráfico de barras que se representa los totales de erosión hídrica por mes (tn/h) vs Mes.

Por otro lado, de las tablas 13, 14, 16, 17, 19 y 20 muestran la precipitación total acumulada durante el periodo de evaluación (noviembre 2023 – abril 2024) fue de 736,72 mm, y la precipitación máxima registrada en el mes de diciembre fue de 132,5 mm y en marzo con 75,6 mm, lo que permitió registrar también lluvias de alta intensidad, por ejemplo: una I (3h) de 17,5 mm/h el 21 de febrero de 2024 y 17,7 mm/h el 9 de marzo de 2024.

Se ha observado que cuando se registra lluvias de alta intensidad, también cambia la cantidad de pérdida de suelo, por lo tanto, la erosión hídrica del suelo aumenta o disminuye dependiendo de la intensidad de lluvia en. Esto se debe a que no toda el agua de lluvia se infiltra, es decir, parte permanece en la

superficie y forma escorrentía, lo que provoca erosión al fluir sobre la superficie del suelo, además en la figura 33 se representa la pérdida de suelo total en cada lugar de estudio Centro poblado Porcón Bajo 0.347 (tn/h), Caserío Manzanas Capellanía 0.376 (tn/h) y caserío Coñor 0.335 (tn/h), esto equivale a una pérdida total de suelo en los tres lugares de estudio de 1.058 (tn/h), para la precipitación total de 736.720 mm en los seis meses de estudio. Esto se confirma con las investigaciones de Flores (2017) utilizando los métodos USLE y Varillas de erosión: Encontró que durante los meses de lluvias moderadas (80-120 mm de enero a marzo), las parcelas con menos cobertura vegetal perdían hasta 3 toneladas de suelo por hectárea en un solo mes el uso de varillas permitió determinar la pérdida de suelo según la pendiente y la cobertura, además Villanueva (2018), estudió la erosión hídrica en suelos agrícolas de una microcuenca y determino que en los meses de mayor precipitación (de diciembre a febrero con un máximo de 160 mm), la pérdida de suelo alcanza las 4,5 toneladas por año. El estudio también concluyó que la combinación de pendientes pronunciadas y elevadas precipitaciones aumenta la erosión.

CAPITULO V.

V. CONCLUSIONES.

- Se logró estimar de manera precisa la pérdida de suelos por erosión hídrica en las tres localidades estudiadas (Porcón Bajo, Manzanas Capellanía y Coñor), determinándose un total de 1.058 t/ha entre noviembre de 2023 y abril de 2024. Manzanas Capellanía presentó las cifras más altas (0.376 t/ha), seguido de Porcón Bajo (0.347 t/ha) y Coñor (0.335 t/ha). Esto indica que la erosión hídrica varía según la intensidad de lluvia y la combinación de la pendiente, la densidad aparente y la cobertura vegetal en cada lugar.
- Las zonas de estudio se caracterizan por presentar pendientes variadas: 26% en Manzanas Capellanía, 22.47% en Porcón Bajo y 17.69% en Coñor. En cuanto a los suelos, predominan franco arcilloso limoso (caserío Manzanas Capellanía), arcilloso limoso (centro poblado Porcón Bajo) y franco arcilloso arenoso (caserío Coñor). La cobertura vegetal incluye pastos, cultivos y áreas de baja vegetación, lo que afecta directamente el nivel de erosión calculada.
- El muestreo realizado mediante la instalación de microparcels de 1.20×2.40 m, cada una con 28 varillas de acero bien distribuidas, facilitó medir con precisión la variabilidad espacial de la pérdida de suelo en las tres localidades estudiadas. La metodología aplicada, con mediciones periódicas durante seis meses de lluvias, permitió un registro representativo de eventos tanto moderados como intensidades fuertes. Esto confirmó que el diseño experimental fue adecuado para estimar de manera confiable la pérdida de suelo en diferentes combinaciones de pendiente y cobertura vegetal, asegurando resultados objetivos y comparables entre los sitios.

- Las densidades aparentes oscilan entre 1.56 g/cm³ (Porcón Bajo) y 1.88 g/cm³ (Manzanas Capellanía), siendo esta última la más compactada, lo que afecta la infiltración y aumenta la escorrentía superficial. En términos de texturas, predominan los suelos arcillosos-limosos y francos, que retienen bien el agua, pero son vulnerables a la erosión durante lluvias fuertes. La combinación de pendientes pronunciadas y escasa cobertura vegetal incrementa notablemente las pérdidas de suelo.
- Las mediciones indican que la erosión hídrica sigue un patrón espacial claro: Manzanas Capellanía > Porcón Bajo > Coñor, relacionado principalmente con la pendiente y la densidad del suelo en cada lugar. También se notó que los eventos de lluvia intensa para (1180 min), por ejemplo, 17.5 mm/h (21/02/2024), 17.7 mm/h (09/03/2024) y 15.2 mm/h (10/04/2024, coincidieron con picos de descensos medidos en las varillas y con registros de Pmax elevadas (por ejemplo, 92.4 mm el 10/04/2024), reforzando que la energía cinética de la lluvia intensifica el desprendimiento y transporte de partículas, sobre todo en pendientes altas y suelos más densos como en Manzanas.
- Es recomendable implementar prácticas de conservación de suelos que se ajusten a las condiciones locales. Algunas sugerencias incluyen mantener una cobertura vegetal mínima del 70 - 80% con pastos de alto macollaje, cultivos de cobertura o rastrojo; construir zanjas de infiltración y terrazas en las laderas; promover la reforestación en áreas con pendientes pronunciadas y limitar el pastoreo en zonas con poca vegetación. Estas prácticas ayudarán a reducir la escorrentía, mejorar la infiltración y disminuir la pérdida de suelos en la microcuenca del río Porcón.

CAPITULO VI.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

6.1.1. Bibliografía

- Alatorre, L. C. (2012). *Erosión del suelo y sedimentación en una cuenca montañosa bajo escenarios de cambio de uso del suelo utilizando un modelo numérico distribuido espacialmente*.
- Alegre, J. (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Roma - Italia: Cori Keene.
- Almorox, J. (D.L. 1994). *Métodos de evaluación de la degradación del suelo*. España: Madrid Agrícola Española.
- Alonso, & Alcázar. (2011). *Erosion y Manejo del Suelo, y Manejo del Suelo. Importancia del Laboreo ante los Procesos Erosivos Naturales y Antropicos*.
- Alva, E. (2011). Variaciones Térmicas y Pluviométricas como Indicadoras del Cambio Climático en el Valle de Cajamarca. *Tesis de Doctor Gestión Ambiental y Recursos Naturales*. Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca.
- Bada, A. (2023). Evaluacion de la Erosion Hidrica, Mediante Parcelas con Clavos de Erosion, en Funcion de la Pendiente, la Cobertura Vegetal y Precipitacion, en Lluñibamba, Jesus, Cajamarca. *Tesis Doctor en Ciencias*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Bárbara, Martínez & Francisco. (2017). *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. Turrialba, Costa Rica.: Proyecto CASCADA.
- Carrillo & Negrete. (2022). *Suelos: Caracterizacion e Importancia*. La plata - Argentina: PUERTO MADERO.
- Colegio de Postgraduados. (1991). *Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales*. Zapopan, Jalisco, México.: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

- Cuitiño, & Pizarro. (2002). Metodo de Evaluacion de la Erosion Hidrica Superficial en Suelos Desnudos en Chile. *Escuela de Ingenieria Forestal*. Universidad de Talca, Chile.
- Falcón, R. L. (2002). *Degradacion del Suelo: causas, procesos, evaluacion e investigacion*. Mèrida Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigacion Ambiental y Territorial Universidad de los Andes.
- Flores, O. (2017). Análisis Comparativo de la erosión hídrica por los métodos de USLE y varillas en la Subcuenca del rio Pusmalca - Piura. *Tesis de Pregrado - Ingenieria Ambiental*. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima.
- Gardini, M. A. (2017). *Libro Blanco Tratamiento del Suelo en los Libros del Texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato en España*. España: Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.
- Hudson, N. (1982). *Soil Conservation*. Barcelona-España: Editorial Revertè, S.A.
- Hudson, N. (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía*. Roma: Boletín de Suelos de la FAO - 68.
- Ignacio, R. Z. (2018). *Erosión hídrica bajo tres estadios de sucesión de bosque dentro del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica*. Costa Rica: Tesis pregrado.
- Morán, W. C. (1980). *Hidrologia para Estudiantes de Ingenieria Civil*. Lima - Perú: CONCYTEC.
- Ocaña, A. Z. (Diciembre de 2005). Programa de Prevencion y Medidas de Mitigacion Ante Desastres Ciudad de Cajamarca. 31. Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca.
- Pino, S. (2008). Estimacion de Perdidas de Suelo en Tres Situaciones de Manejo de Residuos Post-Cosecha, Usando el Modelo RUSLE, en el Predio Platanillos, VII Region. *Tesis*

- Pregrado - Ingeniero Forestal*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ciencias Forestales, Santiago, Chile.
- Pizarro, & Cuitiño. (2002). Método de Evaluación de la Erosión, Hídrica Superficial en Suelos Desnudos en Chile. *Tesis de Pregrado - Ingenieria Forestal*. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca, Ingeniero Forestal., Chile.
- Pizarro, R. (2009). *Propuesta de un Modelo de Estimacion Hidrica para la Region de Coquimbo, Chile*. Coquimbo -Chile: Programa Hidrológico Internacional para America Latina y Caribe (PHI y ALC).
- Puicón, J. (2012). *ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA: BASE PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*. Cajamarca -Perú: Athenea, Comunicación y Cultura.
- Quispe, O. (2018). Influencia de la Cobertura Vegetal en la Erosion Hidrica del Suelo en la Comunidad de san Mateo, Peru. (*Tesis de Maestria en Ciencias Ambientales*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Robins, P. &. (2016). *Guia De Prácticas Para El Manejo De La Erosion Y Escorrentia En Laderas y Escorrentía Agrícola en Laderas*. Monterey. Salinas California: Oficina del Comisionado de Agricultura de Monterey.
- Rojas, E. S. (2017). *Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú*. Lima-Perú.
- Rojas, P. W. (2019). Compatibilidad de los Sistemas de Clasificacion de Tierras por Uso Mayor y Uso Potencial en los Suelos de la Cuenca del Rio Cajamarca. *Tesis Doctorado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

- Sanhuesa Pino, S. C. (2008). Estimación de Pérdidas de Suelo en Tres Situaciones de Manejo de Residuos Post-Cosecha, Usando el Modelo RUSLE, en el Predio Platanillos, VII Region. *Tesis Pregrado*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales, Chile.
- Senamhi. (2017). *Atlas de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú*. Lima - Perú. Obtenido de https://idesepe.senamhi.gob.pe/portalidesepe/files/tematica/atlas/erosi%C3%B3n_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf
- Tallaksen & Van Lanen. (2004). *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. Amsterdam: ELSEVIER.
- USDA. (2006). *Erosion Control Treatment Selection Guide*. United States Department of Agriculture.Forest Service,National Technology & Development Program 7700 Transportation Management. 0677 1203—SDTDC. 64 pp.
- Villanueva, J. (2018). La Erosión hídrica y la Degradacion de Suelos Agricolas en las Condiciones Edafoclimaticas de Ocucalla - Ambo - Huanuco -2016. *Tesis de pregrado - ingeniero agronomo*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan - Huanuco, Huanuco.

6.1.2. Linkografía

- Anita Kumawat, D. Y. (2020). *Soil and Water Conservation Measures for Agricultural Sustainability*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92895>.
- Castillo, M. (2005). SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA - LA DALIA MATAGALPA, 2005. *Trabajo de diploma*. Universidad Nacional Agraria - Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente., Managua, Nicaragua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>

Cisneros, J. (2012). *Erosion Hidrica Principios y Tècnicas de Manejo*. Argentina: UniRio

Editora. Obtenido de

https://www.todoagro.com.ar/documentos/2013/Erosion_Hidrica.pdf

FAO. (21 de marzo de 2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#top

Gobierno Regional de cajamarca. (2012). *Zonificación Ecológica y Económica: base para el ordenamiento territorial del departamento de Cajamarca*. Cajamarca: Hecho en el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-13498. Obtenido de <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/ResumenZEE2daEdicion.pdf>

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence>

Maycotte, C. (2011). *EDAFOLOGIA I*. Caldas - Colombia. Obtenido de

<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

MINAGRI. (2015). *La erosion del suelo*. Lima. Obtenido de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1716071/Resoluci%C3%B3n%20de%20Direcci%C3%B3n%20Ejecutiva.PDF>

Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. (05 de 12 de 2015).

Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. Obtenido de
FAO en Argentina: <https://www.fao.org/argentina/noticias/detail-events/es/c/271225/>

Organizacion Meteorològica Mundial. (2006). *El Clima y la Degracion de las Tierras*. Ginebra.

Obtenido de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5098

Shukla, R. L. (2021). *Principles of soil physics* . New York: Editorial Board. Obtenido de

<https://dewagumay.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/12/principles-of-soil-physics.pdf>

Telkar S.G., S. S. (2015). *Soil Erosion: Types and Their Mechanism*. Obtenido de

<https://www.pphouse.org/ijep-article-details.php?art=47>

USDA. (2006). Erosion Control Treatment Selection Guide. Obtenido de

<https://www.fs.usda.gov/t-d/pubs/pdf/35dpi/06771203.pdf>

CAPITULO VII.

VII. ANEXOS

7.1. Densidad aparente.

Tabla 22

Densidad aparente en la microparcels.

Pendiente (%)	Cobertura vegetal	Lugar	D AP. (g cm-3)	Promedio D AP. (g cm-3)
22.47	Pasto natural	Centro	1.55	1.56
		Poblado	1.65	
		Porcón	1.49	
26.00		Bajo	1.86	1.88
		caserío	1.90	
		Manzanas	1.87	
17.69		Capellanía	1.86	1.65
		caserío	1.59	
		Coñor	1.50	

7.2. Cobertura vegetal.

Tabla 23

Consolidado de cobertura vegetal en las microparcels.

Pendiente (%)	Lugar	Microparcelsa	Pedregosidad (%)	Zona sin Vegetación (%)	Cobertura Vegetal (%)
22.47	Centro poblado	M-I	5	15	80
		M-II	10	30	60
		M-III	10	60	40
17.69	Caserío Coñor	M-I	4	16	80
		M-II	26	34	40
		M-III	8	32	60
26.00	Caserío Manzanas Capellanía	M-I	12	8	80
		M-II	22	18	60
		M-III	15	45	40

7.3. Textura del suelo.

Tabla 24

Textura de suelo en los lugares donde fue instalada las microparcels.

Pendiente (%)	Lugar	Microparcels	Peso muestra (g)	Lectura	Hidrómetro (g/L)	Termómetro calibrado (°C)	Termómetro Observado (°C)	Termómetro calibrado (°F)	Termómetro Observado (°F)	T Obs. °F - T Cal. °F	Relación Densidad - Temperatura. 0.2g/l -0.5°C	Lectura corregida (g/L)	Lectura corregida (g/L)	Material suspendido (%)	Arena (%)	Limo (%)
22.47	Centro poblado Porcón	M-I	40	40 seg	35.0	20.0	21.0	68.0	68.0	1.0	0.4	35.4	35.4	88.5	11.5	0.0
			40	2 hr	17.0	20.0	22.0	68.0	71.6	2.0	0.8	17.8	17.8	44.6	44.6	43.9
		M-II	40	40 seg	33.0	20.0	21.0	68.0	68.0	1.0	0.4	33.4	33.4	83.4	16.6	0.0
			40	2 hr	14.0	20.0	21.8	68.0	71.2	1.8	0.7	14.7	14.7	36.7	36.7	46.7
		M-III	40	40 seg	34.0	20.0	21.6	68.0	68.0	1.6	0.6	34.6	34.6	86.6	13.4	0.0
			40	2 hr	16.0	20.0	19.5	68.0	67.1	0.5	0.2	16.2	16.4	41.0	41.0	45.6
17.69	Caserío Coñor	M-I	40	40 seg	22.0	20.0	21.9	68.0	68.0	1.9	0.8	22.8	22.8	57.0	43.0	0.0
			40	2 hr	11.0	20.0	19.5	68.0	67.1	0.5	0.2	11.2	11.2	28.0	28.0	29.0
		M-II	40	40 seg	21.0	20.0	20.0	68.0	68.0	0.0	0.0	21.0	21.8	54.5	45.5	0.0
			40	2 hr	11.0	20.0	21.2	68.0	70.2	1.2	0.5	11.5	11.5	28.8	28.8	25.7
		M-III	40	40 seg	23.0	20.0	21.4	68.0	70.5	1.4	0.6	23.6	23.6	59.0	41.0	0.0
			40	2 hr	12.0	20.0	19.5	68.0	67.1	0.5	0.2	12.2	12.2	30.5	20.5	28.5
26	Caserío Manzanas Capellanía	M-I	40	40 seg	35.0	20.0	20.0	68.0	68.0	0.0	0.0	35.0	35.0	87.5	12.5	0.0
			40	2 hr	14.0	20.0	21.7	68.0	71.1	1.7	0.7	14.7	14.7	36.7	36.7	50.8
		M-II	40	40 seg	33.0	20.0	21.4	68.0	70.5	1.4	0.6	33.6	33.6	84.0	16.0	0.0
			40	2 hr	10.0	20.0	19.5	68.0	67.1	0.5	0.2	10.2	10.5	26.3	26.3	57.7
		M-III	40	40 seg	31.0	20.0	21.4	68.0	70.5	1.4	0.6	31.6	31.6	79.0	21.0	0.0
			40	2 hr	11.0	20.0	19.8	68.0	67.6	0.2	0.1	11.1	11.1	27.8	17.8	51.2

7.4. Datos de Intensidad y precipitación.

Tabla 25

Datos de intensidades máximas por hora, noviembre 2023.



LORENZA VALENCIA LÓPEZ
Especialista Administrativo
Contable
SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616
E: lvalencia@senamhi.gob.pe
W: www.senamhi.gob.pe

Noviembre	
Año / Mes / Día	Intensidad (mm/hora)
1/11/2023	0
2/11/2023	0
3/11/2023	0
4/11/2023	0
5/11/2023	13.8
6/11/2023	1.8
7/11/2023	0
8/11/2023	0
9/11/2023	0
10/11/2023	0
11/11/2023	0
12/11/2023	0
13/11/2023	0
14/11/2023	7.2
15/11/2023	2.2
16/11/2023	9
17/11/2023	4
18/11/2023	43.8
19/11/2023	2
20/11/2023	0
21/11/2023	0
22/11/2023	0
23/11/2023	0
24/11/2023	0
25/11/2023	0
26/11/2023	0
27/11/2023	0
28/11/2023	0
29/11/2023	0.6
30/11/2023	1.9

Tabla 26

Datos de intensidades máximas por hora, diciembre 2023.



LORENZA VALENCIA LÓPEZ

Especialista Administrativo

Contable

SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616

E: lvalencia@senamhi.gob.pe

W: www.senamhi.gob.pe

Diciembre	
Año / Mes / Día	Intensidad (mm/hora)
1/12/2023	0
2/12/2023	0
3/12/2023	0
4/12/2023	1.8
5/12/2023	0.7
6/12/2023	0
7/12/2023	0
8/12/2023	0.2
9/12/2023	0
10/12/2023	0.5
11/12/2023	0.7
12/12/2023	0.1
13/12/2023	0.2
14/12/2023	3
15/12/2023	0.9
16/12/2023	15
17/12/2023	0
18/12/2023	0
19/12/2023	1.6
20/12/2023	0
21/12/2023	49.8
22/12/2023	4.1
23/12/2023	12
24/12/2023	1.4
25/12/2023	4.2
26/12/2023	1.5
27/12/2023	1
28/12/2023	3
29/12/2023	3.3
30/12/2023	1.3
31/12/2023	1.8

Tabla 27*Datos de intensidades máximas por hora, enero 2024.***LORENZA VALENCIA LÓPEZ**

Especialista Administrativo

Contable

SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616

E: lvalencia@senamhi.gob.peW: www.senamhi.gob.pe

Enero	
Año / Mes / Día	Intensidad (mm/hora)
1/01/2024	0
2/01/2024	0
3/01/2024	0.1
4/01/2024	0.4
5/01/2024	0
6/01/2024	34.8
7/01/2024	0
8/01/2024	0
9/01/2024	0
10/01/2024	2.5
11/01/2024	7.8
12/01/2024	0
13/01/2024	0
14/01/2024	0
15/01/2024	0
16/01/2024	0.9
17/01/2024	0.1
18/01/2024	0.1
19/01/2024	0.4
20/01/2024	0.8
21/01/2024	0
22/01/2024	0
23/01/2024	0
24/01/2024	0
25/01/2024	0
26/01/2024	0
27/01/2024	0
28/01/2024	0
29/01/2024	0
30/01/2024	0.5
31/01/2024	0

Tabla 28

Datos de intensidades máximas por hora, febrero 2024.



LORENZA VALENCIA LÓPEZ
Especialista Administrativo
Contable
SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616
E: lvalencia@senamhi.gob.pe
W: www.senamhi.gob.pe

Febrero	
Año / Mes / Día	Intensidad (mm/hora)
1/02/2024	0
2/02/2024	0
3/02/2024	0
4/02/2024	0
5/02/2024	0
6/02/2024	0
7/02/2024	0
8/02/2024	0
9/02/2024	0
10/02/2024	0
11/02/2024	0
12/02/2024	0
13/02/2024	0
14/02/2024	0
15/02/2024	0.2
16/02/2024	2.2
17/02/2024	0
18/02/2024	1.2
19/02/2024	1.7
20/02/2024	1.5
21/02/2024	0.2
22/02/2024	4
23/02/2024	0
24/02/2024	0
25/02/2024	0
26/02/2024	0
27/02/2024	0
28/02/2024	0
29/02/2024	18

Tabla 29

Datos de intensidades máximas por hora, marzo 2024.



LORENZA VALENCIA LÓPEZ

Especialista Administrativo

Contable

SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616

E: lvalencia@senamhi.gob.pe

W: www.senamhi.gob.pe

Marzo	
Año / Mes / Día	Intensidad (mm/hora)
1/03/2024	2.7
2/03/2024	2
3/03/2024	2.7
4/03/2024	3
5/03/2024	0
6/03/2024	5.3
7/03/2024	5
8/03/2024	0
9/03/2024	0
10/03/2024	6.3
11/03/2024	0.2
12/03/2024	0
13/03/2024	2.7
14/03/2024	0.5
15/03/2024	0
16/03/2024	0
17/03/2024	0
18/03/2024	0
19/03/2024	10.1
20/03/2024	0.7
21/03/2024	0.2
22/03/2024	0.2
23/03/2024	0
24/03/2024	0
25/03/2024	0
26/03/2024	0
27/03/2024	0
28/03/2024	0
29/03/2024	0
30/03/2024	0
31/03/2024	0.2

Tabla 30

Datos de intensidades máximas por hora, abril 2024.

**LORENZA VALENCIA LÓPEZ**

Especialista Administrativo

Contable

SENAMHI - PERÚ

C: 976-681-616

E: lvalencia@senamhi.gob.peW: www.senamhi.gob.pe

Abril	
AÑO / MES / DÍA	Intensidad (mm/hora)
1/04/2024	0.5
2/04/2024	2.2
3/04/2024	4
4/04/2024	0
5/04/2024	0.5
6/04/2024	10.6
7/04/2024	0
8/04/2024	3
9/04/2024	0
10/04/2024	0
11/04/2024	1.7
12/04/2024	0
13/04/2024	0
14/04/2024	0
15/04/2024	0
16/04/2024	0
17/04/2024	0
18/04/2024	0
19/04/2024	0
20/04/2024	0
21/04/2024	3.8
22/04/2024	0
23/04/2024	0.5
24/04/2024	0.2
25/04/2024	0
26/04/2024	0.2
27/04/2024	4.8
28/04/2024	4
29/04/2024	0
30/04/2024	0.7

Tabla 31*Datos de precipitación, noviembre 2023.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Miércoles	0.00
2	Jueves	0.00
3	Viernes	0.00
4	Sábado	0.00
5	Domingo	0.00
6	Lunes	0.00
7	Martes	0.00
8	Miércoles	0.00
9	Jueves	0.00
10	Viernes	0.00
11	Sábado	1.00
12	Domingo	0.50
13	Lunes	0.50
14	Martes	28.00
15	Miércoles	3.00
16	Jueves	13.00
17	Viernes	16.00
18	Sábado	1.98
19	Domingo	63.98
20	Lunes	0.00
21	Martes	0.50
22	Miércoles	2.00
23	Jueves	2.00
24	Viernes	0.30
25	Sábado	0.70
26	Domingo	0.40
27	Lunes	0.30
28	Martes	0.40
29	Miércoles	0.20
30	Jueves	12.00
Total		146.76

Tabla 32*Datos de precipitación, diciembre 2023.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Viernes	0.00
2	Sábado	22.00
3	Domingo	1.50
4	Lunes	2.40
5	Martes	12.00
6	Miércoles	1.00
7	Jueves	0.60
8	Viernes	0.50
9	Sábado	12.00
10	Domingo	0.20
11	Lunes	0.10
12	Martes	1.00
13	Miércoles	0.30
14	Jueves	53.60
15	Viernes	0.00
16	Sábado	0.00
17	Domingo	0.00
18	Lunes	0.00
19	Martes	0.00
20	Miércoles	0.00
21	Jueves	1.00
22	Viernes	1.50
23	Sábado	38.00
24	Domingo	2.00
25	Lunes	34.00
26	Martes	24.00
27	Miércoles	6.00
28	Jueves	12.00
29	Viernes	10.00
30	Sábado	1.00
31	Domingo	3.00
Total		236.70

Tabla 33*Datos de precipitación, enero 2024.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Lunes	0.00
2	Martes	30.00
3	Miércoles	20.00
4	Jueves	4.00
5	Viernes	2.00
6	Sábado	1.40
7	Domingo	2.00
8	Lunes	59.40
9	Martes	6.00
10	Miércoles	8.00
11	Jueves	7.00
12	Viernes	5.00
13	Sábado	6.00
14	Domingo	1.00
15	Lunes	33.00
16	Martes	0.00
17	Miércoles	0.00
18	Jueves	0.00
19	Viernes	0.00
20	Sábado	6.00
21	Domingo	2.00
22	Lunes	1.00
23	Martes	0.60
24	Miércoles	1.40
25	Jueves	0.60
26	Viernes	3.00
27	Sábado	0.20
28	Domingo	0.40
29	Lunes	2.40
30	Martes	0.60
31	Miércoles	11.00
Total		203.00

Tabla 34*Datos de precipitación, febrero 2024.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Lunes	0.00
2	Martes	4.00
3	Miércoles	23.00
4	Jueves	4.40
5	Viernes	1.00
6	Sábado	1.50
7	Domingo	2.00
8	Lunes	1.20
9	Martes	6.40
10	Miércoles	19.00
11	Jueves	2.00
12	Viernes	64.50
13	Sábado	0.00
14	Domingo	0.00
15	Lunes	0.00
16	Martes	0.00
17	Miércoles	0.00
18	Jueves	0.00
19	Viernes	0.00
20	Sábado	0.00
21	Domingo	0.00
22	Lunes	0.00
23	Martes	0.00
24	Miércoles	0.00
25	Jueves	0.00
26	Viernes	0.00
27	Sábado	0.00
28	Domingo	0.00
29	Lunes	0.00
Total		129.00

Tabla 35*Datos de precipitación, marzo 2024.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Lunes	0.00
2	Martes	2.40
3	Miércoles	5.20
4	Jueves	9.00
5	Viernes	12.00
6	Sábado	20.00
7	Domingo	24.00
8	Lunes	3.00
9	Martes	75.60
10	Miércoles	0.00
11	Jueves	0.00
12	Viernes	0.00
13	Sábado	10.00
14	Domingo	8.00
15	Lunes	24.00
16	Martes	42.00
17	Miércoles	0.00
18	Jueves	0.00
19	Viernes	0.00
20	Sábado	15.00
21	Domingo	7.40
22	Lunes	6.00
23	Martes	4.00
24	Miércoles	5.00
25	Jueves	2.00
26	Viernes	39.40
27	Sábado	0.00
28	Domingo	0.00
29	Lunes	0.00
30	Martes	0.00
31	Miércoles	0.00
Total		314.00

Tabla 36*Datos de precipitación, abril 2024.*

Fecha	Día	Precipitación (24h) (mm)
1	Lunes	0.00
2	Martes	14.00
3	Miércoles	22.40
4	Jueves	23.00
5	Viernes	2.00
6	Sábado	9.00
7	Domingo	16.00
8	Lunes	2.00
9	Martes	4.00
10	Miércoles	92.40
11	Jueves	0.00
12	Viernes	0.00
13	Sábado	0.00
14	Domingo	0.00
15	Lunes	0.00
16	Martes	0.00
17	Miércoles	0.00
18	Jueves	0.00
19	Viernes	0.00
20	Sábado	1.00
21	Domingo	0.50
22	Lunes	4.80
23	Martes	2.00
24	Miércoles	2.04
25	Jueves	5.00
26	Viernes	4.00
27	Sábado	2.00
28	Domingo	11.00
29	Lunes	32.34
30	Martes	0.00
Total		249.48

7.5. Medición de la erosión.

Tabla 37

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 19/11/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	7.0	6.0	5.0	5.0	5.0	7.0	6.0	5.0	5.0	7.0	6.0	6.0	5.0	6.0
Fila 2	6.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.5	6.5	6.0	7.5	8.5	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0
Fila 3	5.0	7.0	5.0	6.0	5.0	4.0	5.0	6.0	6.0	7.0	6.0	7.0	6.0	7.0	5.0	6.0	5.0	5.0	6.0	7.0	5.0
Fila 4	4.0	5.0	7.0	5.0	7.0	6.0	7.0	6.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0
Promedio (mm)	5.11							6.29							5.39						

Tabla 38

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 30/11/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.0	3.0	4.5	3.5	2.5	1.5	3.0	3.5	1.0	3.5	2.5	1.5	2.5	1.0	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	2.5	2.0
Fila 2	3.0	2.5	3.0	2.0	2.5	2.5	1.5	1.5	3.0	3.0	1.5	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0
Fila 3	1.5	3.5	4.0	1.0	3.0	2.0	4.0	1.5	3.5	1.5	2.0	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.0	1.5
Fila 4	1.5	1.0	1.0	1.5	2.0	4.5	2.5	1.0	2.0	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	3.0	5.0	3.5	2.0	2.0	3.0	1.5
Promedio (mm)	2.50							2.09							2.79						

Tabla 39

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 14/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	5.0	4.0	4.0	6.0	7.0	4.0	6.0	9.0	6.0	7.5	7.5	6.0	5.5	7.5	5.0	7.0	6.5	6.5	6.0	5.5	8.5
Fila 2	6.0	8.0	6.0	6.0	4.0	7.0	5.5	7.0	10.5	8.0	6.5	7.5	6.0	9.0	6.5	5.5	7.5	5.0	5.0	6.5	8.5
Fila 3	3.0	7.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	6.0	9.0	6.0	5.0	11.0	7.0	6.0	5.0	7.0	6.0	7.5	6.0	6.0	7.0
Fila 4	2.0	3.0	2.0	4.5	5.0	3.0	6.0	5.0	5.0	7.0	7.0	6.5	7.5	8.5	4.0	7.0	5.0	6.0	7.0	4.0	7.0
Promedio (mm)	5.34							7.14							6.21						

Tabla 40

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 31/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	9.5	7.0	7.5	7.0	5.5	8.0	9.5	8.0	6.5	10.0	7.5	7.5	8.0	7.0	11.5	10.5	11.5	10.5	12.0	8.5	9.5
Fila 2	8.0	8.5	7.0	6.5	5.0	10.0	7.5	10.5	8.5	9.0	8.0	9.0	8.5	8.5	13.0	9.0	11.0	8.8	10.5	11.5	10.5
Fila 3	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	8.0	9.0	8.5	9.0	10.5	7.0	9.5	7.0	7.0	11.3	10.0	10.7	12.0	10.5	8.5	12.0
Fila 4	8.5	8.5	10.0	7.0	4.5	9.0	8.5	8.8	8.0	9.5	8.5	10.0	8.5	7.5	12.5	10.5	11.0	12.5	9.5	10.5	10.5
Promedio (mm)	8.02							8.42							10.73						

Tabla 41

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 08/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.5	7.5	7.5	5.5	3.5	7.5	9.5	5.0	6.5	5.5	5.0	6.5	11.0	6.5	9.0	10.0	6.5	8.5	7.5	9.5	9.0
Fila 2	5.5	6.0	6.5	4.0	5.0	5.5	6.0	4.5	5.5	4.5	4.0	5.0	7.5	8.5	8.5	9.5	7.0	6.5	8.0	7.0	8.0
Fila 3	3.0	6.5	4.5	3.5	4.0	9.5	5.0	6.0	3.0	6.5	5.0	6.5	6.5	9.5	7.5	11.0	8.5	6.5	9.5	9.5	6.0
Fila 4	3.0	8.5	6.0	7.5	5.5	8.5	7.0	4.5	5.0	5.0	4.5	5.5	8.5	10.5	6.5	6.5	9.0	10.0	7.5	9.5	6.0
Promedio (mm)	5.86							6.14							8.14						

Tabla 42

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 15/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	2.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	2.0	3.0	2.0	7.0	6.0	4.0	5.0	3.0	2.0	5.0
Fila 2	4.0	3.0	2.0	2.0	4.0	2.0	3.0	2.0	3.0	3.0	5.0	5.0	8.0	2.0	3.0	2.0	4.0	4.0	3.5	3.0	5.0
Fila 3	2.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.0	6.0	2.0	3.0	2.0	1.0	6.0	2.0	1.0	10.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0
Fila 4	8.0	3.0	4.0	2.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	7.0	12.0	6.0	5.0	8.0	3.0	3.0	2.0	4.0	3.0
Promedio (mm)	3.00							3.70							4.09						

Tabla 43

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 31/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	7.0	6.0	2.0	3.0	2.0	7.0	6.0	4.0	5.0	2.0	2.0	5.0
Fila 2	4.0	2.0	2.0	1.0	6.0	2.0	2.0	2.0	4.0	5.0	7.0	7.0	8.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0	3.0	3.0	5.0
Fila 3	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	5.0	2.0	5.0	6.0	5.0	3.0	2.0	1.0	10.0	3.0	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0
Fila 4	8.0	3.0	4.0	2.0	4.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.5	3.0	10.0	12.0	6.0	5.0	8.0	3.0	3.0	2.0	4.0	2.0
Promedio (mm)	2.64							4.48							3.79						

Tabla 44

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 12/02/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	1.0	4.0	2.0	6.0	4.0	4.0	1.0	5.0	6.0	4.0	4.0	0.0	12.0	5.0	3.0	16.0	5.0	6.0	0.0	2.0	4.0
Fila 2	3.0	8.0	3.0	5.0	6.0	1.0	3.0	8.0	6.0	3.0	4.0	1.0	5.0	7.0	3.0	3.0	4.0	11.0	8.0	3.0	0.0
Fila 3	6.0	3.0	7.0	2.0	5.0	2.0	2.0	4.0	2.0	4.0	4.0	7.0	2.0	4.0	7.0	5.0	10.0	14.0	3.0	11.0	12.0
Fila 4	4.0	2.0	7.0	5.0	4.0	2.0	5.0	2.0	0.0	9.0	0.0	0.0	1.0	3.0	12.0	6.0	13.0	6.0	4.0	4.0	2.0
Promedio (mm)	3.82							4.00							6.32						

Tabla 45

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 09/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	6.0	5.0	11.0	4.0	6.0	6.0	8.0	5.0	5.0	8.0	7.0	4.0	6.0	7.0	16.0	11.0	7.0	14.0	7.0	5.0	4.0
Fila 2	6.0	9.0	9.0	6.0	11.0	7.0	6.0	9.0	8.0	9.0	4.0	4.0	5.0	6.0	12.0	9.0	17.0	31.0	7.0	13.0	15.0
Fila 3	6.0	11.0	13.0	4.0	7.0	10.0	7.0	3.0	11.0	7.0	11.0	10.0	9.0	8.0	11.0	10.0	7.0	18.0	13.0	11.0	17.0
Fila 4	11.0	6.0	3.0	4.0	5.0	12.0	6.0	9.0	13.0	4.0	7.0	5.0	9.0	4.0	12.0	14.0	5.0	9.0	3.0	3.0	5.0
Promedio (mm)	7.32							7.04							10.93						

Tabla 46

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 16/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	5.5	5.0	6.0	3.0	7.5	4.0	8.0	4.0	4.0	7.5	7.5	6.5	6.0	5.5	9.0	7.5	6.0	10.0	6.5	3.0	4.0
Fila 2	6.0	7.5	9.0	5.5	9.5	6.0	3.0	7.5	10.5	6.5	4.0	2.0	4.5	3.0	5.0	6.5	9.0	11.0	6.0	6.0	9.0
Fila 3	5.0	7.5	8.5	5.5	4.0	7.5	8.0	5.5	8.0	9.5	8.0	7.5	7.0	4.0	6.0	7.0	6.0	7.0	9.0	5.0	13.5
Fila 4	7.5	6.5	3.5	4.0	5.5	8.0	3.0	7.5	6.0	5.5	9.5	4.5	6.5	4.5	9.5	7.0	5.5	9.5	3.5	4.0	4.5
Promedio (mm)	6.05							6.16							6.98						

Tabla 47

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 26/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	7.0	7.0	3.0	7.0	4.0	6.0	7.0	7.0	5.0	6.0	7.0	4.0	2.0	8.0	2.0	3.0	4.0	4.0	3.0	2.0
Fila 2	4.0	4.0	7.0	3.0	6.0	3.0	2.0	4.0	11.0	2.0	4.0	2.0	2.0	4.0	2.0	2.0	7.0	2.0	3.0	3.0	5.0
Fila 3	2.0	2.0	2.0	5.0	7.0	3.0	7.0	6.0	3.0	10.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	2.0	3.0	7.0	3.0	3.0	8.0
Fila 4	2.0	5.0	2.0	2.0	4.0	2.0	2.0	4.0	3.0	5.0	10.0	2.0	2.0	3.0	5.0	4.0	4.0	8.0	2.0	3.0	2.0
Promedio (mm)	4.04							4.57							3.89						

Tabla 48

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 10/04/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	6.5	7.0	6.0	5.0	8.0	6.5	6.0	8.0	8.0	6.0	5.5	9.0	7.0	7.0	9.0	9.0	7.0	9.0	10.0	7.0	11.0
Fila 2	5.5	11.5	7.0	5.0	5.0	5.5	5.0	10.0	8.0	9.0	8.0	10.0	7.0	9.0	8.0	7.0	10.0	10.0	7.0	9.0	8.0
Fila 3	7.0	5.5	7.0	5.5	7.0	5.0	5.5	9.0	7.0	8.0	11.5	7.0	7.0	8.0	10.0	9.0	8.0	9.0	11.0	9.0	9.0
Fila 4	6.0	6.0	6.5	9.5	4.5	6.0	4.0	8.0	7.0	7.0	7.0	8.0	6.0	9.0	8.0	8.0	9.0	8.0	9.0	7.0	8.0
Promedio (mm)	6.23							7.89							8.68						

Tabla 49

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, centro poblado Porcón Bajo, 29/04/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	5.0	5.0	2.0	7.0	7.0	4.0	5.0	7.0	7.0	3.0	2.0	9.0	2.0	4.0	8.0	9.0	4.0	9.0	4.0	10.0
Fila 2	5.0	10.0	5.0	4.0	6.0	7.0	4.0	6.0	4.0	2.0	7.0	3.0	5.0	7.0	8.0	5.0	10.0	7.0	7.0	10.0	7.0
Fila 3	4.0	6.0	2.0	6.0	3.0	5.0	5.0	5.0	7.0	6.0	9.0	14.0	2.0	5.0	3.0	3.0	6.0	8.0	5.0	8.0	3.0
Fila 4	3.0	4.0	6.0	7.0	5.0	2.0	3.0	6.0	4.0	4.0	4.0	3.0	7.0	6.0	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0	8.0	13.0
Promedio (mm)	4.86							5.39							6.46						

Tabla 50

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 19/11/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	5.0	8.0	6.0	4.0	3.0	5.0	3.0	4.0	5.0	11.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0	9.0	3.0	5.0
Fila 2	5.0	3.0	5.0	6.0	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	9.0	3.0	4.0	3.0	5.0	7.0	3.0	4.0
Fila 3	4.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	7.0	3.0	3.0	3.0	3.0	8.0	3.0	8.0	8.0
Fila 4	8.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	6.0	8.0	3.0	11.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0
Promedio (mm)	4.68							5.00							4.36						

Tabla 51

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,30/11/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.0	1.5	1.5	2.0	3.0	1.5	2.5	2.0	3.0	2.5	3.5	2.5	3.0	3.5	2.5	4.5	2.0	2.5	2.0	4.5	3.0
Fila 2	3.5	2.5	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	6.0	1.5	1.5	2.0	1.0	2.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	4.0	1.5	3.5
Fila 3	1.5	2.0	2.0	1.5	3.5	2.0	1.0	2.0	1.5	3.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.5	4.5	2.0	2.5	1.5	2.5
Fila 4	1.5	2.0	2.0	3.0	1.5	2.0	1.5	1.0	2.0	3.0	3.0	3.5	1.0	2.0	2.0	2.0	2.5	1.5	4.0	2.5	2.5
Promedio (mm)	2.05							2.30							2.55						

Tabla 52

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,14/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	4.0	5.5	4.5	4.5	5.0	5.5	6.0	5.0	5.0	6.0	5.5	4.5	5.5	5.5	4.5	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
Fila 2	4.5	5.0	4.5	5.5	5.5	5.5	6.5	6.5	7.5	8.5	5.5	4.5	5.0	6.5	36.0	5.5	3.0	2.0	4.0	3.0	1.0
Fila 3	3.0	5.5	6.5	5.0	6.5	5.0	6.0	5.0	8.0	9.0	10.0	8.5	8.0	5.5	5.0	7.0	4.0	3.0	4.0	2.0	5.0
Fila 4	4.5	6.5	4.0	5.0	7.5	6.0	6.0	7.0	6.0	4.0	7.0	6.0	7.5	5.5	6.0	6.5	3.0	7.0	1.0	5.0	5.0
Promedio (mm)	5.21							6.38							5.32						

Tabla 53

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,31/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	10.5	7.5	9.5	5.5	5.0	7.0	7.5	9.0	9.5	11.0	13.0	10.5	9.5	10.5	7.5	8.5	11.0	10.0	11.0	10.5	6.0
Fila 2	9.5	8.5	10.5	7.5	3.0	5.0	8.5	10.5	10.5	12.5	12.0	11.0	10.5	10.0	11.0	8.5	12.5	10.5	12.5	11.5	7.0
Fila 3	9.0	7.0	7.5	8.5	6.0	6.0	7.0	11.0	10.5	10.5	10.5	10.5	8.5	10.5	9.5	10.0	10.5	9.5	10.5	10.5	6.0
Fila 4	11.0	8.5	9.0	10.0	7.0	9.0	10.0	10.5	11.0	12.0	10.5	10.0	9.5	12.0	10.0	9.0	12.0	11.0	11.5	11.5	9.0
Promedio (mm)	7.88							10.63							9.95						

Tabla 54

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania,08/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	6.5	7.5	9.0	8.5	7.5	8.0	8.5	7.0	8.0	8.0	10.5	5.0	12.0	5.5	6.5	8.5	9.5	9.5	4.0	5.0
Fila 2	4.5	10.5	6.0	8.0	11.0	11.5	7.0	6.5	12.0	7.0	7.0	10.5	7.5	9.0	6.0	5.5	6.5	8.5	7.0	5.0	4.5
Fila 3	6.5	8.5	5.5	7.0	6.5	12.0	7.0	7.0	11.0	11.5	7.5	8.0	9.5	8.0	11.0	6.5	7.0	9.5	11.0	6.0	10.5
Fila 4	5.0	10.0	4.0	6.5	7.5	11.5	9.5	6.0	7.5	6.0	10.5	10.5	6.0	7.5	6.5	11.0	10.0	11.5	8.5	6.5	5.5
Promedio (mm)	7.70							8.39							7.59						

Tabla 55

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 15/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	4.0	3.0	4.0	7.0	4.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	7.0	4.0	5.0	7.0	8.0	7.0	5.0	3.0	3.0	2.0
Fila 2	7.0	3.0	5.0	6.0	3.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	3.0	2.0	7.0	4.0	2.0	6.0	2.0	2.0	2.0	5.0
Fila 3	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	6.0	4.0	3.0	5.0	2.0	4.0	5.0	3.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0
Fila 4	4.0	3.0	3.0	5.0	6.0	6.0	3.0	5.0	5.0	11.0	5.0	6.0	5.0	6.0	10.0	4.0	5.0	3.0	8.0	4.0	1.0
Promedio (mm)	4.54							5.04							4.29						

Tabla 56

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 31/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	4.0	3.0	4.0	7.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	4.0	3.0	7.0	8.0	7.0	5.0	3.0	3.0	1.0
Fila 2	4.0	3.0	2.0	1.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0	1.0	2.0	3.0	2.0	7.0	3.0	2.0	6.0	2.0	2.0	2.0	5.0
Fila 3	1.0	2.0	4.0	2.0	1.0	4.0	2.0	1.0	4.0	3.0	1.0	2.0	4.0	1.0	3.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Fila 4	4.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	11.0	3.0	3.0	2.0	2.0	10.0	4.0	5.0	3.0	8.0	4.0	1.0
Promedio (mm)	3.00							3.07							4.14						

Tabla 57

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 12/02/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.0	4.0	3.0	3.0	1.0	0.0	4.0	5.0	0.0	8.0	13.0	1.0	8.0	2.0	3.0	4.0	4.0	1.0	4.0	6.0	2.0
Fila 2	3.0	1.0	3.0	4.0	1.0	2.0	3.0	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	9.0	3.0	3.0	0.0	5.0	4.0	8.0	3.0
Fila 3	2.0	1.0	3.0	2.0	0.0	3.0	2.0	5.0	4.0	8.0	1.0	2.0	1.0	4.0	2.0	2.0	3.0	0.0	2.0	8.0	1.0
Fila 4	0.0	2.0	6.0	1.0	1.0	2.0	0.0	9.0	0.0	5.0	3.0	6.0	3.0	0.0	4.0	3.0	2.0	3.0	1.0	1.0	4.0
Promedio (mm)	2.11							3.93							3.07						

Tabla 58

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 09/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	8.0	10.0	3.0	8.0	4.0	4.0	9.0	4.0	4.0	3.0	6.0	5.0	5.0	8.0	3.0	8.0	4.0	6.0	15.0	4.0	4.0
Fila 2	7.0	3.0	7.0	5.0	4.0	7.0	6.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	7.0	6.0	7.0	9.0	9.0	8.0	6.0
Fila 3	6.0	3.0	6.0	4.0	6.0	3.0	5.0	3.0	7.0	5.0	4.0	7.0	6.0	5.0	6.0	9.0	3.0	3.0	5.0	4.0	5.0
Fila 4	4.0	4.0	3.0	5.0	8.0	4.0	6.0	5.0	7.0	8.0	9.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	7.0	4.0	3.0	7.0	10.0
Promedio (mm)	5.4							4.9							6.1						

Tabla 59

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 16/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	5.0	5.5	5.0	2.0	5.0	7.0	3.0	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	9.0	2.0	6.0	4.5	6.5	6.0	5.0	3.0
Fila 2	5.5	2.0	5.5	5.5	2.0	4.0	6.0	3.0	3.0	7.5	4.5	3.0	5.0	5.5	4.0	5.5	7.0	7.5	5.0	7.0	5.0
Fila 3	8.5	2.0	4.0	5.0	4.0	4.5	5.0	5.0	7.5	4.0	7.0	7.5	5.5	3.0	5.5	7.0	4.0	3.0	5.5	4.5	4.5
Fila 4	5.5	4.0	4.0	4.5	7.0	4.5	6.0	6.5	6.5	6.5	7.5	5.5	4.5	3.0	4.0	4.5	6.5	4.5	5.5	6.5	7.0
Promedio (mm)	4.7							5.3							5.2						

Tabla 60

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 26/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	5.0	4.0	6.0	6.0	2.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	8.0	2.0	2.0	3.0	5.0	4.0	4.0	2.0
Fila 2	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	9.0	4.0	5.0	4.0	6.0	5.0	3.0	5.0	4.0	6.0	4.0	2.0
Fila 3	9.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	7.0	5.0	6.0	4.0	17.0	6.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	4.0	3.0	2.0
Fila 4	5.0	2.0	3.0	2.0	4.0	3.0	4.0	6.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	3.0	2.0	3.0	4.0	3.0	6.0	4.0	2.0
Promedio (mm)	3.8							5.0							3.4						

Tabla 61

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 10/04/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	6.0	5.0	5.0	4.5	6.5	6.5	4.0	9.0	8.0	7.5	9.0	8.0	8.0	10.0	9.0	6.5	9.0	5.5	7.0	7.5	8.0
Fila 2	6.0	7.0	6.0	5.0	7.0	6.5	4.0	7.0	7.0	9.0	8.0	7.0	8.0	7.5	7.0	6.0	8.0	6.5	6.0	9.0	6.5
Fila 3	4.5	5.5	4.0	6.0	4.5	7.0	4.5	8.0	6.0	6.0	13.5	10.0	7.0	3.5	8.0	6.0	6.0	7.5	9.5	6.0	7.0
Fila 4	5.5	4.5	6.0	6.0	6.5	4.0	3.5	6.0	8.0	9.0	6.0	8.0	6.0	9.0	7.0	7.0	6.0	4.0	4.5	6.0	6.0
Promedio (mm)	5.39							7.82							6.86						

Tabla 62

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Manzanas Capellania, 29/04/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluacion del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	2.0	4.0	3.0	5.0	4.0	5.0	7.0	7.0	5.0	2.0
Fila 2	5.0	3.0	5.0	4.0	3.0	4.0	6.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	5.0	4.0	2.0	4.0	2.0	3.0	4.0	3.0	6.0
Fila 3	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	7.0	4.0	4.0	9.0	12.0	16.0	8.0	6.0	3.0	6.0	2.0	3.0	3.0	5.0	4.0	9.0
Fila 4	3.0	2.0	5.0	5.0	5.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	3.0	2.0	3.0	4.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0
Promedio (mm)	3.9							4.6							4.2						

Tabla 63

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,19/11/2023.

Evaluación del suelo erosionado (mm)																					
Filas/N°Varillas de erosión	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.0	4.0	4.0	10.0	3.0	2.0	2.0	11.0	7.0	7.0	3.0	8.0	7.0	3.0	9.0	8.0	7.0	3.0	4.0	3.0	12.0
Fila 2	3.0	2.0	10.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	4.0	6.0	7.0	7.0	4.0	7.0	5.0	5.0	7.0	3.0	12.0	3.0
Fila 3	2.0	4.0	9.0	3.0	2.0	9.0	10.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0	5.0	4.0	4.0	10.0	10.0
Fila 4	4.0	2.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	3.0	10.0	3.0	7.0	3.0	4.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.0	7.0	5.0	4.0
Promedio (mm)	3.9							4.8							5.4						

Tabla 64

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,30/11/2023.

Evaluación del suelo erosionado (mm)																					
Filas/N° Varillas de erosión	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	2.0	2.5	3.5	3.5	4.5	5.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	3.0	2.0	6.0	3.0	4.5	3.0	2.0
Fila 2	2.5	3.5	1.5	2.5	3.5	3.0	3.5	1.0	3.0	2.0	2.0	2.5	1.5	3.5	1.5	1.0	1.5	3.0	2.0	1.0	2.0
Fila 3	2.0	3.0	2.5	4.0	2.5	1.5	3.0	2.0	1.0	4.0	2.5	2.5	1.5	2.0	1.0	4.0	4.0	2.5	2.5	2.5	4.0
Fila 4	2.0	4.5	2.0	2.0	3.0	4.0	2.5	3.0	2.5	2.0	3.0	4.0	3.0	3.5	1.5	1.5	3.0	2.0	2.5	2.0	2.5
Promedio (mm)	2.9							2.4							2.5						

Tabla 65

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,14/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	6.0	7.0	8.0	4.0	9.0	4.0	3.0	6.0	4.0	4.0	5.5	7.0	6.0	5.0	7.5	4.0	5.5	6.0	7.0	6.5	8.5
Fila 2	7.5	6.5	7.0	4.0	6.0	4.0	3.0	6.0	7.5	5.0	6.5	4.0	4.0	7.0	11.0	5.0	9.0	7.0	6.5	6.0	5.5
Fila 3	5.0	7.5	3.0	2.0	5.0	4.0	6.0	6.5	5.5	5.5	8.0	6.0	5.5	6.5	5.5	4.5	7.0	5.5	5.0	7.0	7.0
Fila 4	5.0	8.0	4.0	8.0	4.0	5.5	1.0	5.0	3.0	7.0	4.5	5.0	4.5	6.0	4.5	4.0	6.0	6.5	7.0	6.0	6.5
Promedio (mm)	5.25							5.57							6.32						

Tabla 66

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,31/12/2023.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	9.5	7.5	11.0	7.5	8.0	9.5	12.5	7.5	9.0	10.5	11.5	8.0	9.0	11.0	8.0	9.5	11.0	11.0	10.5	10.5	10.5
Fila 2	8.5	9.5	7.5	8.5	6.5	10.5	11.0	10.0	7.5	9.0	9.5	7.0	7.5	10.5	10.5	11.0	10.5	11.5	11.5	13.5	10.0
Fila 3	7.5	8.5	8.5	8.5	9.0	7.5	10.0	9.0	10.0	8.5	10.0	9.0	8.0	12.0	11.5	10.0	9.5	9.5	10.0	12.0	12.5
Fila 4	7.0	7.5	6.5	8.5	9.5	10.5	10.5	8.5	11.5	9.5	9.0	10.0	10.5	10.0	10.5	9.5	12.0	10.5	12.5	11.0	11.5
Promedio (mm)	8.82							9.39							10.79						

Tabla 67

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,08/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.5	5.0	5.0	7.3	5.8	6.5	8.0	2.0	9.0	2.0	1.0	2.0	2.0	10.0	4.5	8.5	6.5	9.5	8.0	7.0	10.5
Fila 2	5.5	10.0	6.0	5.0	9.8	7.0	12.0	7.0	10.0	3.2	8.2	6.5	8.0	14.0	7.5	6.5	7.0	7.5	10.5	11.5	10.5
Fila 3	5.7	4.0	11.0	8.2	9.0	8.5	6.5	5.7	9.0	8.5	8.5	9.8	1.0	10.8	6.5	5.5	11.0	9.0	10.0	9.0	12.0
Fila 4	11.5	9.0	9.0	5.5	5.5	12.3	7.5	2.0	9.5	5.8	5.7	12.0	10.0	8.2	5.5	4.8	10.5	6.5	9.0	8.0	9.5
Promedio (mm)	7.52							6.84							8.29						

Tabla 68

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,15/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	4.0	6.0	5.0	6.0	5.0	7.0	7.0	5.0	6.0	8.0	5.0	9.0	3.0	6.0	5.0	5.0	4.0	5.0	6.0	3.0
Fila 2	4.0	3.0	7.0	7.0	5.0	6.0	4.0	5.0	2.0	3.0	7.0	8.0	7.0	3.0	7.0	4.0	6.0	5.0	5.0	4.0	7.0
Fila 3	3.0	4.0	5.0	6.0	6.0	7.0	6.0	3.0	3.0	11.0	9.0	4.0	11.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.2	4.0	4.0	6.0
Fila 4	3.0	5.0	4.0	8.0	5.0	4.0	8.0	2.0	4.0	3.0	8.0	10.0	9.0	2.5	4.0	6.0	4.0	5.0	5.0	5.0	8.0
Promedio (mm)	5.21							5.80							5.04						

Tabla 69

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,31/01/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	1.7	2.0	2.0	2.2	2.1	2.7	2.2	2.2	2.6	3.7	3.6	4.7	5.1	3.0	4.0	2.1	6.2	3.5	5.0	3.1	3.0
Fila 2	1.1	3.0	1.6	1.6	2.7	1.5	3.7	2.7	3.6	1.6	2.5	3.6	3.0	3.6	2.0	1.3	1.6	3.2	3.0	3.0	3.0
Fila 3	2.1	1.0	4.1	2.5	2.6	1.7	2.1	2.1	3.1	2.5	4.2	2.7	1.7	3.1	2.0	5.0	4.0	2.6	2.7	2.6	5.0
Fila 4	3.1	2.6	2.2	3.1	4.2	3.2	3.7	2.2	4.5	2.1	2.1	3.2	4.1	2.5	1.7	1.7	3.2	2.0	2.6	2.2	2.5
Promedio (mm)	2.42							3.04							2.98						

Tabla 70

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor,12/02/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	4.0	3.0	5.0	2.0	4.0	3.0	1.0	4.0	1.0	1.0	4.0	2.0	5.0	4.0	4.0	2.0	4.0	4.0	5.0	3.0	2.0
Fila 2	4.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	3.0	4.0	1.0	5.0	1.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0
Fila 3	2.0	3.0	1.0	4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	3.0	2.0	6.0	1.0	3.0	4.0	3.0	2.0
Fila 4	4.0	1.0	2.0	2.0	5.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	1.0	3.0	4.0	2.0
Promedio (mm)	2.79							2.96							3.18						

Tabla 71

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor, 09/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	7.0	4.0	4.0	4.0	3.0	7.0	3.0	16.0	7.0	5.0	7.0	5.0	6.0	7.0	7.0	6.0	4.0	7.0	4.0	5.0	7.0
Fila 2	4.0	6.0	4.0	3.0	6.0	6.0	4.0	8.0	6.0	3.0	5.0	3.0	8.0	6.0	3.0	3.0	4.0	9.0	12.0	10.0	10.0
Fila 3	3.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	10.0	7.0	7.0	7.0	10.0	7.0	4.0	5.0	4.0	8.0	14.0	6.0	7.0	12.0	11.0
Fila 4	6.0	6.0	8.0	7.0	4.0	5.0	13.0	4.0	4.0	9.0	7.0	3.0	3.0	3.0	19.0	6.0	5.0	9.0	8.0	11.0	11.0
Promedio (mm)	5.21							6.14							7.93						

Tabla 72

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor, 16/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	3.0	4.5	4.5	5.0	5.5	3.0	3.5	5.0	3.0	6.0	5.0	4.5	6.5	3.0	6.5	5.5	4.5	5.5	4.5	5.5	5.5
Fila 2	5.0	6.5	1.0	4.0	6.0	5.5	4.0	4.0	6.5	4.0	5.5	1.0	4.0	6.0	4.0	2.0	2.0	6.5	9.5	7.5	10.5
Fila 3	1.0	6.0	1.0	4.5	4.5	4.0	5.0	6.5	2.0	4.0	5.0	5.5	5.5	4.5	5.0	3.0	9.5	6.0	6.0	9.0	6.0
Fila 4	6.0	5.0	9.0	7.5	7.0	5.5	5.0	4.5	3.0	6.0	3.0	4.5	4.0	3.0	4.0	5.5	4.5	8.0	8.5	7.5	5.0
Promedio (mm)	4.71							4.46							5.96						

Tabla 73

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor, 26/03/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	5.0	3.0	3.0	4.0	6.0	3.0	2.0	7.0	6.0	5.0	9.0	2.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.0	2.0
Fila 2	4.0	5.0	2.0	3.0	4.0	3.0	2.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0	6.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	5.0	3.0	9.0
Fila 3	3.0	5.0	2.0	4.0	4.0	8.0	8.0	4.0	4.0	6.0	6.0	2.0	5.0	2.0	4.0	2.0	3.0	4.0	3.0	4.0	8.0
Fila 4	4.0	2.0	8.0	6.0	8.0	4.0	4.0	3.0	9.0	7.0	3.0	4.0	3.0	7.0	3.0	3.0	2.0	5.0	7.0	2.0	5.0
Promedio (mm)	4.25							4.71							3.68						

Tabla 74

Mediciones de los clavos de erosión en las microparcels, caserío Coñor, 29/04/2024.

Filas/N° Varillas de erosión	Evaluación del suelo erosionado (mm)																				
	Microparcelsa I							Microparcelsa II							Microparcelsa III						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Fila 1	6.0	3.0	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0	3.0	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0	6.0	5.0	8.0	2.0	3.0	6.0	5.0	4.0
Fila 2	4.0	2.0	2.0	2.0	7.0	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0	6.0	4.0	2.0	7.0	9.0	7.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0
Fila 3	4.0	4.0	3.0	4.0	2.0	6.0	13.0	4.0	3.0	5.0	5.0	3.0	6.0	3.0	4.0	4.0	2.0	8.0	3.0	11.0	2.0
Fila 4	2.0	3.0	3.0	4.0	7.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	6.0	7.0	3.0	3.0	3.0	6.0	6.0	4.0	3.0	4.0	2.0
Promedio (mm)	3.93							3.96							4.61						

7.6. Fotografías.

Fotografía 1

Muestra de suelos del centro Poblado Porcón Bajo, para el análisis en el laboratorio.



Fotografía 2

Muestra de suelos del caserío Coñor, para el análisis en el laboratorio.



Fotografía 3

Muestra de suelos del caserío Manzanas Capellania, para el análisis en el laboratorio.



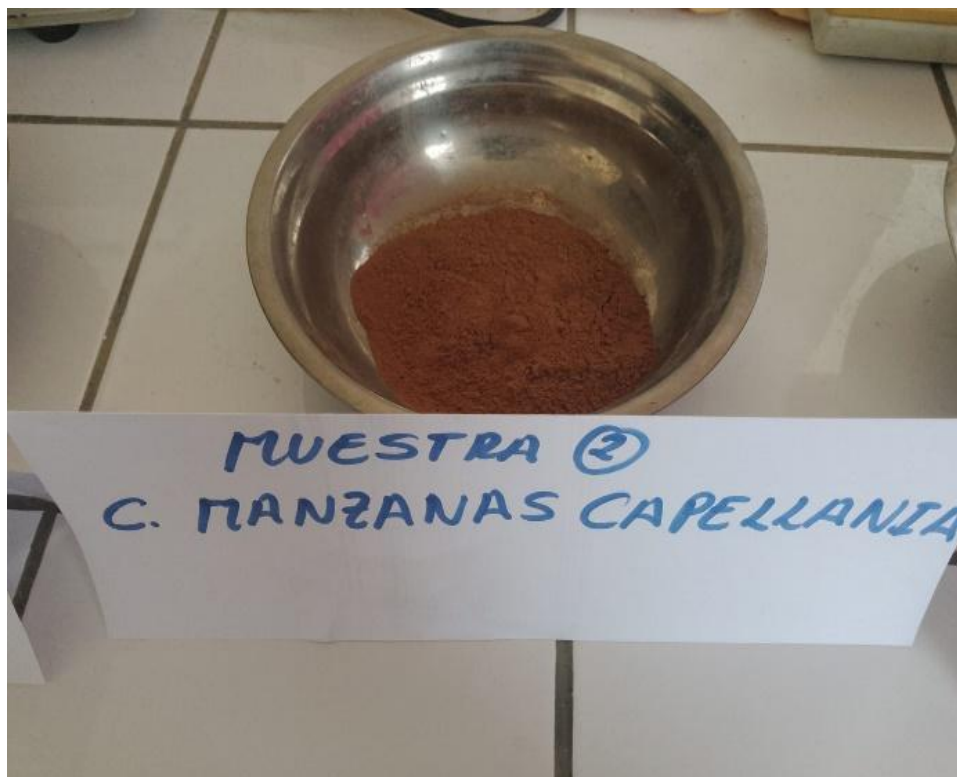
Fotografía 4

Muestra de suelos del centro Poblado Porcón Bajo después de pasar por el tamiz N° 200.



Fotografía 5

Muestra de suelos del caserío Manzanas Capellania después de pasar por el tamiz N° 200.



Fotografía 6

Muestra de suelos del caserío Coñor después de pasar por el tamiz N° 200.



Fotografía 7

Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos.



Fotografía 8

Lectura del Volumen desplazado en la probeta.



Fotografía 9

Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Caserío Manzanillas Capellanía.



Fotografía 10

Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Centro Poblado Porcón Bajo.



Fotografía 11

Determinación de la densidad aparente por el método del cubo Caserío Coñor.



Fotografía 12

Instalación de la Microparcela I, Centro Poblado Porcón Bajo.



Fotografía 13

Instalación de la Microparcela I, Caserío Manzanas Capellanía.



Fotografía 14

Instalación de la Microparcela II, Caserío Coñor.



Fotografía 15

Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Coñor.



Fotografía 16

Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Centro Poblado Porcón Bajo.



Fotografía 17

Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Manzanas Capellanía.



Fotografía 18

Análisis de la cobertura vegetal con metro cuadrado, Caserío Manzanas Capellanía.



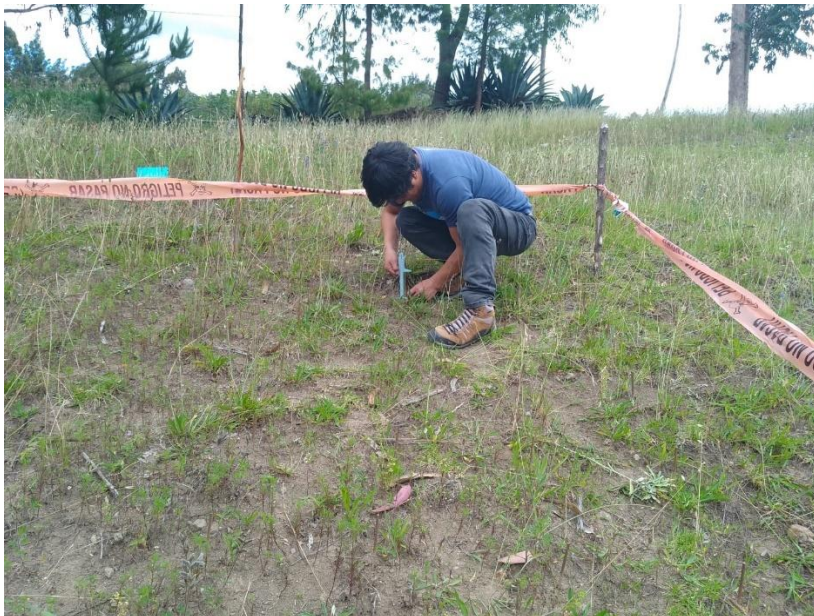
Fotografía 19

*Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón Bajo
Microparcela I.*



Fotografía 20

*Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón Bajo.
Microparcela II.*



Fotografía 21

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 22.47%, Centro poblado Porcón Bajo. Microparcela III.



Fotografía 22

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor, Microparcela I.



Fotografía 23

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor, Microparcela II.



Fotografía 24

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 17.69%, caserío Coñor, Microparcela III.



Fotografía 25

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzananas Capellania, Microparcela I.



Fotografía 26

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzananas Capellania, Microparcela II.



Fotografía 27

Medición de la pérdida de suelo en pendiente 26%, caserío Manzanas Capellania, Microparcela III.

