



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO Y LOS ATRIBUTOS
DEL TERRENO EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA EN LOS ANDES DEL
SUR DEL ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: ALEX DAVID YÁNEZ YAGUANA

TUTOR: ING. VICENTE MAURICIO IÑIGUEZ MORÁN, PHD.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alex David Yáñez Yaguana con documento de identificación N°1900885664, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 09 de febrero del 2024

Atentamente,



Alex David Yáñez Yaguana

1900885664

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Alex David Yáñez Yaguana con documento de identificación N°1900885664, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto de investigación: “Relación entre la profundidad del suelo y los atributos del terreno en una cuenca hidrográfica en los Andes del sur del Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 09 de febrero del 2024

Atentamente,



Alex David Yáñez Yaguana

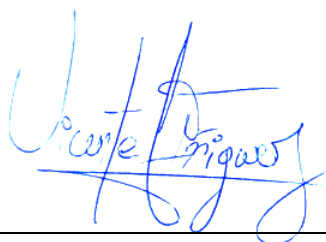
1900885664

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Vicente Mauricio Iñiguez Morán con documento de identificación N° 0102687191, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO Y LOS ATRIBUTOS DEL TERRENO EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA EN LOS ANDES DEL SUR DEL ECUADOR, realizado por Alex David Yáñez Yaguana con documento de identificación N° 1900885664, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 09 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Vicente Mauricio Iñiguez Morán, PhD.

0102687161

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Gonzalo Yáñez y María Yaguana, su amor incondicional y sacrificio durante mis años universitarios han sido fundamentales en cada logro alcanzado. Vuestra dedicación y apoyo han sido pilares imprescindibles en la consecución de mis objetivos académicos.

A mis hermanos, Ricardo Yáñez y Guicela Yáñez mis cómplices durante todos estos años, Vuestra presencia y ánimo constante han sido mi roca durante este trayecto académico.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su amor incondicional y por acompañarme y no hacerme sentir solo estos años, por ser guía en las decisiones que he tomado en el transcurso de mi vida.

A mis padres, Gonzalo Yáñez y María Yaguana, su amor incondicional y sacrificio han sido el cimiento de mi camino académico y de vida. Gracias por ser mis ejemplos de perseverancia y amor inquebrantable.

A mis queridos hermanos, Ricardo y Guicela, su apoyo y aliento han sido mi refugio durante esta travesía académica. Vuestra presencia ha sido mi constante motivación. Gracias por ser mi red de apoyo y por compartir cada paso de este camino conmigo.

A mis abuelitas, tíos, primos, cuyo amor, ánimo y comprensión han sido un faro en mi viaje académico. Sus palabras de aliento y cariño han sido mi inspiración. Gracias por vuestro constante respaldo y por creer en mí.

A mi tutor de tesis, el Ing. Vicente Iñiguez, su orientación experta, paciencia y compromiso fueron fundamentales en el desarrollo de este trabajo. Agradezco su dedicación, y valiosos aportes que me han ayudado a mejorar este proyecto de titulación.

A mis amigos, su constante ánimo, comprensión y momentos de distracción fueron de vital importancia para distraerme en épocas de malos momentos, Agradezco su amistad incondicional que hizo más ligero este camino.

RESUMEN

Esta tesis investiga la relación entre la profundidad de los suelos y atributos topográficos en la microcuenca Yutujapina, en la cuenca del río Cumbe en los Andes del Sur del Ecuador. A través de la recopilación de 153 muestras de profundidades reales, se exploraron seis modelos programáticos para comprender cómo los atributos topográficos influyen en la variabilidad de la profundidad del suelo. Los atributos del terreno, adquiridos mediante el programa QGIS son pendiente, elevación, aspecto, curvatura del perfil, curvatura tangencial, dirección del drenaje, índice de humedad, irregularidad del terreno y relieve sombreado. Basándome en los resultados del análisis en R, concluyo que el modelo 6 destaca al revelar relaciones altamente significativas con la dirección del drenaje, índice de humedad, relieve de sombras y pendiente. La bondad de ajuste alcanza un valor considerable (0.193), este valor es más alto que en los modelos anteriores, lo cual es positivo y sugiere una mejor capacidad explicativa del conjunto de variables predictoras. El p-value (0.0008) está significativamente por debajo del nivel de significancia convencional de 0.05. En contraste, el modelo 1, indica que el índice topográfico de la dirección del drenaje muestra una significancia moderada con un valor de 0.070. Sin embargo, la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado, es relativamente baja (-0.013), y el p-value asociado es alto (0.643) por lo que el modelo no parece ser estadísticamente significativo. Estos resultados subrayan la importancia de considerar múltiples atributos topográficos para comprender la variación en la profundidad de los suelos en la microcuenca Yutujapina.

ABSTRACT

This thesis investigates the relationship between soil depth and topographic attributes in the Yutujapina micro-watershed in the Cumbe River basin in the Southern Andes of Ecuador. Through the collection of 153 samples of actual depths, six programmatic models were explored to understand how topographic attributes influence soil depth variability. The terrain attributes acquired using QGIS software are slope, elevation, aspect, profile curvature, tangent curvature, drainage direction, moisture index, terrain irregularity, and shaded relief. Based on the results of the analysis in R, I conclude that model 6 stands out by revealing highly significant relationships with drainage direction, moisture index, shaded relief and slope. The goodness of fit reaches a considerable value (0.193), this value is higher than in the previous models, which is positive and suggests a better explanatory capacity of the set of predictor variables. The p-value (0.0008) is significantly below the conventional 0.05 significance level. In contrast, model 1 indicates that the topographic index of drainage direction shows a moderate significance with a value of 0.070. However, the goodness of fit, represented by the adjusted coefficient of determination, is relatively low (-0.013), and the associated p-value is high (0.643) so the model does not appear to be statistically significant. These results underscore the importance of considering multiple topographic attributes to understand the variation in soil depth in the Yutujapina micro-watershed.

INDICE GENERAL:

1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. Objetivo General	22
2.2. Objetivo Especifico.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Área de Estudio	22
3.2. Localización de la microcuenca de Yutujapina.....	24
3.3. Materiales.....	25
3.3.1. Herramientas de excavación.....	25
3.3.2. Herramientas de limpieza.....	26
3.3.3. Herramientas de medición.....	26
3.3.4. Herramientas de navegación.....	26
3.3.5. Herramientas georreferenciales	27
3.3.6. Herramientas para el análisis estadístico.....	27
3.4. Métodos	27
3.4.1. Muestreo detallado por transectos puntuales.....	27
3.4.2. Profundidades de suelo	27
3.4.2.1. Método de barrenación.....	28
3.4.2.2. Profundidad de muestreo.....	28
3.4.2.3. Material orgánico	28
3.4.2.4. Obtención de profundidades reales de suelo	28
3.4.3. Otros parámetros para considerar	29
3.4.3.1. Vegetación predominante	29
3.4.3.2. Textura del suelo	29
3.4.4. Atributos Topográficos	30
3.4.4.1. Atributos Primarios	31
3.4.4.1.1. Elevación (M).....	31
3.4.4.1.2. Pendiente (S)	31
3.4.4.1.3. Aspecto (A).....	31
3.4.4.1.4. Curvatura del perfil (PROFC).....	31
3.4.4.1.5. Curvatura Tangencial (TANG).....	32
3.4.4.1.6. Relieve Sombreado (Somb)	32
3.4.4.1.7. Irregularidad del Terreno (Irreg).....	32
3.4.4.2. Atributos Secundarios	32

3.4.4.2.1.	Índice de humedad (WI).....	32
3.4.4.2.2.	Dirección del Drenaje (DD).....	32
3.4.5.	Análisis Estadístico.....	33
3.4.5.1.	Modelo de regresión Múltiple	33
3.4.5.2.	Introducción al programa “R”	34
3.4.5.2.1.	Instrucciones del programa “R” en la regresión lineal múltiple.....	35
3.4.5.2.2.	Comandos utilizados para el programa “R”	35
4.	PAQUETE DE TRABAJO 1	38
4.1.	Transectos puntuales.....	38
4.2.	Obtención de profundidades de suelo	38
4.3.	Resumen de los datos obtenidos en campo	39
5.	PAQUETE DE TRABAJO 2	40
5.1.	Modelo digital del terreno (DEM).....	40
5.2.	Atributos topográficos	40
5.2.1.	Atributos primarios	40
5.2.1.1.	Elevación (M)	40
5.2.1.1.1.	Perfiles de elevación	41
5.2.1.1.2.	Mapa de elevaciones	44
5.2.1.1.3.	Histograma de elevaciones	45
5.2.1.2.	Pendiente (S).....	46
5.2.1.2.1.	Perfiles de pendiente.....	47
5.2.1.2.2.	Mapa de Pendientes	50
5.2.1.2.3.	Histograma de pendientes	51
5.2.1.3.	Aspecto (Asp).....	52
5.2.1.3.1.	Perfiles de Aspecto	52
5.2.1.3.2.	Mapa de Aspectos	57
5.2.1.3.3.	Histograma de Aspectos.....	57
5.2.1.4.	Curvatura del perfil (ProfC).....	58
5.2.1.4.1.	Descripciones de la curvatura de perfil.....	59
5.2.1.4.2.	Mapa de curvaturas del perfil	62
5.2.1.4.3.	Histograma de la curvatura de perfil	63
5.2.1.5.	Curvatura tangencial (TANG).....	64
5.2.1.5.1.	Perfiles de la curvatura tangencial.....	65
5.2.1.5.2.	Mapa de curvaturas tangenciales.....	68
5.2.1.5.3.	Histograma de curvatura tangencial.....	69

5.2.1.6.	Relieve Sombreado (Somb).....	70
5.2.1.6.1.	Perfiles del relieve sombreado	70
5.2.1.6.2.	Mapa de relieves de sombras.....	74
5.2.1.6.3.	Histograma de relieve de sombreado.....	75
5.2.1.7.	Irregularidad del terreno (Irreg).....	76
5.2.1.7.1.	Perfiles de la irregularidad del terreno	76
5.2.1.7.2.	Mapa de irregularidades del terreno.....	80
5.2.1.7.3.	Histograma de irregularidad del terreno	81
5.2.2.	Atributos Secundarios	82
5.2.2.1.	Índice de humedad (WI)	82
5.2.2.1.1.	Perfiles del índice de humedad	82
5.2.2.1.2.	Mapa de índice de humedad.....	86
5.2.2.1.3.	Histograma de índice de humedad.....	87
5.2.2.2.	Dirección de drenaje (DD)	88
5.2.2.2.1.	Perfiles de la dirección de drenaje.....	88
5.2.2.2.2.	Mapa de Direcciones del drenaje	92
5.2.2.2.3.	Histograma de dirección del drenaje.....	93
5.2.3.	Resultados de las características de todos los índices topográficos	94
5.2.4.	Resultado de los índices topográficos	94
5.2.5.	Resultados y Discusión	98
5.3.	Programa “R”	101
5.3.1.	Primera modelación mediante el programa “R”	102
5.3.1.1.	Código para modelación.....	102
5.3.1.2.	Resultado del modelo1.....	102
5.3.1.3.	Resultados visreg.....	104
5.3.1.4.	Resultado hist.....	105
5.3.1.5.	Resultado plot	106
5.3.2.	Segunda modelación mediante el programa “R”	107
5.3.2.1.	Código de la modelación	107
5.3.2.2.	Resultado del modelo 2.....	108
5.3.2.3.	Resultados visreg.....	109
5.3.2.4.	Resultado hist.....	110
5.3.2.5.	Resultados plot	111
5.3.3.	Tercera modelación en el programa “R”	111
5.3.3.1.	Código de modelación.....	112

5.3.3.2.	Resultado modelo 3	112
5.3.3.3.	Resultados visreg.....	113
5.3.3.4.	Resultado hist.....	115
5.3.3.5.	Resultados plot	115
5.3.4.	Cuarta modelación mediante el programa “R”	116
5.3.4.1.	Código de modelación	117
5.3.4.2.	Resultado modelo 4	117
5.3.4.3.	Resultados visreg.....	119
5.3.4.4.	Resultado hist.....	119
5.3.4.5.	Resultados plot	120
5.3.5.	Quinta modelación mediante el programa “R”	121
5.3.5.1.	Código de modelación	121
5.3.5.2.	Resultado modelo 5	122
5.3.5.3.	Resultados visreg.....	123
5.3.5.4.	Resultado hist.....	124
5.3.5.5.	Resultados plot	125
5.3.6.	Sexta modelación mediante el programa “R”	126
5.3.6.1.	Código de modelación	127
5.3.6.2.	Resultado modelo 6	127
5.3.6.3.	Resultados visreg.....	128
5.3.6.4.	Resultado hist.....	129
5.3.6.5.	Resultados plot	130
6.	CONCLUSIONES	132
6.1.	Paquete de trabajo 1	132
6.2.	Paquete de trabajo 2.....	133
7.	RECOMENDACIONES	137
7.1.	Paquete de trabajo 1.....	137
7.2.	Paquete de trabajo 2.....	137
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
9.	ANEXOS	144
9.1.	Profundidades reales de suelo con sus respectivos parámetros	144
9.2.	Resultado de las elevaciones en la microcuenca de Yutujapina	147
9.3.	Resultados de las pendientes de la microcuenca de Yutujapina.....	150
9.4.	Resultado de los aspectos de la microcuenca de Yutujapina	152
9.5.	Resultados de las curvaturas de perfil de la microcuenca de Yutujapina	155
9.6.	Resultados de las curvas tangenciales en la microcuenca Yutujapina.....	157

9.7.	Resultados de relieve sombreado en la microcuenca de Yutujapina	160
9.8.	Resultados de las irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina	163
9.9.	Resultados del índice de humedad en la microcuenca Yutujapina	166
9.10.	Resultados de las direcciones de drenaje en la microcuenca de Yutujapina	169
9.11.	Resultados de profundidades obtenidas por barrenaciones	173
9.12.	Resultado de profundidades obtenidas por acceso de vías	175
9.13.	Perfiles de las profundidades de los suelos mediante barrenaciones	177
9.13.1.	Transecto 1	177
9.13.2.	Transecto 2	178
9.13.3.	Transecto 3	178
9.13.4.	Transecto 4	179
9.13.5.	Transecto 5	180
9.14.	Perfiles de las profundidades de los suelos mediante vías de acceso	181
9.14.1.	Transecto 1	181
9.14.2.	Transecto 2	182
9.14.3.	Transecto 3	183
9.14.4.	Transecto 4	183
9.14.5.	Transecto 5	184

INDICE DE FIGURAS:

Figura: 1.	“Localización de la microcuenca de Yutujapina”	25
Figura: 2.	Herramientas de excavación “barrenos”	26
Figura: 3.	“Diagrama de flujo para determinar la textura del suelo”	30
Figura: 4.	“Transectos microcuenca Yutujapina”	38
Figura: 5.	“Mapa de los puntos de las profundidades de suelo en la microcuenca de Yutujapina”	39
Figura: 6.	“DEM 12.5m x 12.5m”	40
Figura: 7.	“Perfil de elevación del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	42
Figura: 8.	“Perfil de elevación del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	43
Figura: 9.	“Perfil de elevación del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	43
Figura: 10.	“Perfil de elevación del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	44
Figura: 11.	“Perfil de elevación del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”	44
Figura: 12.	“Mapa de elevaciones de la microcuenca Yutujapina”	45
Figura: 13.	“Histograma de elevaciones de la microcuenca Yutujapina”	46
Figura: 14.	“Perfil de la pendiente del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	47
Figura: 15.	“Perfil de la pendiente del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	48
Figura: 16.	“Perfil de la pendiente del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	49
Figura: 17.	“Perfil de la pendiente del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	49
Figura: 18.	“Perfil de la pendiente del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”	50
Figura: 19.	“Pendientes de la microcuenca de Yutujapina”	51
Figura: 20.	“Histograma de pendientes de la microcuenca de Yutujapina”	52
Figura: 21.	“Perfil del aspecto del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	53
Figura: 22.	“Perfil del aspecto del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	54
Figura: 23.	“Perfil del aspecto del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	55
Figura: 24.	“Perfil del aspecto del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	56
Figura: 25.	“Perfil del aspecto del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”	56
Figura: 26.	“Mapa de aspectos de la microcuenca de Yutujapina”	57
Figura: 27.	“Histograma de aspectos de la microcuenca Yutujapina”	58
Figura: 28.	“Descripción de la curvatura de perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	59
Figura: 29.	“Descripción de la curvatura de perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	61
Figura: 30.	“Descripción de la curvatura de perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	61
Figura: 31.	“Descripción de la curvatura de perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	62
Figura: 32.	“Descripción de la curvatura de perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	62

Figura: 33.	“Curvaturas de perfil de la microcuenca de Yutujapina”	63
Figura: 34.	“Histograma de curvaturas de perfil de la microcuenca Yutujapina”	64
Figura: 35.	“Perfil de la curvatura tangencial del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina” ...	65
Figura: 36.	“Perfil de la curvatura tangencial del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina” ...	66
Figura: 37.	“Perfil de la curvatura tangencial del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina” ...	67
Figura: 38.	“Perfil de la curvatura tangencial del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina” ...	67
Figura: 39.	“Perfil de la curvatura tangencial del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina” ...	68
Figura: 40.	“Curvaturas Tangenciales de la microcuenca de Yutujapina”	69
Figura: 41.	“Histograma de curvaturas tangenciales en la microcuenca Yutujapina”	70
Figura: 42.	“Perfil del relieve sombreado del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	71
Figura: 43.	“Perfil del relieve sombreado del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	72
Figura: 44.	“Perfil del relieve sombreado del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	73
Figura: 45.	“Perfil del relieve sombreado del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	73
Figura: 46.	“Perfil del relieve sombreado del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”	74
Figura: 47.	“Mapa del relieve de sombras de la microcuenca Yutujapina”	75
Figura: 48.	“Histograma de relieves sombreados de la microcuenca de Yutujapina”	76
Figura: 49.	“Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina” 77	77
Figura: 50.	“Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina” 78	78
Figura: 51.	“Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina” 79	79
Figura: 52.	“Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina” 79	79
Figura: 53.	“Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina” 80	80
Figura: 54.	“Irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina”	81
Figura: 55.	“Histograma de las irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina”	82
Figura: 56.	“Perfil del índice de humedad del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”	83
Figura: 57.	“Perfil del índice de humedad del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”	84
Figura: 58.	“Perfil del índice de humedad del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”	85
Figura: 59.	“Perfil del índice de humedad del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”	85
Figura: 60.	“Perfil del índice de humedad del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”	86
Figura: 61.	“Índices de humedad de la microcuenca de Yutujapina”	87
Figura: 62.	“Histograma del índice de humedad de la microcuenca de Yutujapina”	88
Figura: 63.	“Perfil de la dirección del drenaje del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina” ...	89
Figura: 64.	“Perfil de la dirección del drenaje del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina” ...	90
Figura: 65.	“Perfil de la dirección del drenaje del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina” ...	91
Figura: 66.	“Perfil de la dirección del drenaje del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina” ...	91

Figura: 67.	“Perfil de la dirección del drenaje del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”...92
Figura: 68.	“Dirección de drenaje de la microcuenca Yutujapina”93
Figura: 69.	“Histograma de las direcciones de drenaje de la microcuenca de Yutujapina”94
Figura: 70.	“Resultados del modelo1 entre la profundidad con todos los atributos topográficos” .103
Figura: 71.	“Resultados visreg entre la profundidad con todos los atributos topográficos”105
Figura: 72.	“Resultado del hist entre la profundidad con todos los atributos topográficos”106
Figura: 73.	“Resultados plot entre la profundidad con todos los atributos topográficos”107
Figura: 74.	“Selección de mejor variable. (Profundidad~A+DD+Somb)”107
Figura: 75.	“Resultado modelo 2 (Profundidad~A+DD+Somb)”109
Figura: 76.	“Resultados visreg (Profundidad~A+DD+Somb)”110
Figura: 77.	“Resultado his (Profundidad~A+DD+Somb)”110
Figura: 78.	“Resultados plot (Profundidad~A+DD+Somb)”111
Figura: 79.	“Resultado modelo 3 de muestras obtenidas por barrenaciones”113
Figura: 80.	“Resultados visreg de muestras obtenidas por barrenaciones”114
Figura: 81.	“Restulados hist de muestras obtenidas por barrenaciones”115
Figura: 82.	“Resultados plot de muestras obtenidas mediante barrenaciones”116
Figura: 83.	“Selección de mejor variable. (Profundidad~S+M+A+WI)”117
Figura: 84.	“Resultado modelo 4. (Profundidad~S+M+A+WI)”118
Figura: 85.	“Resultados visreg. (Profundidad~S+M+A+WI)”119
Figura: 86.	“Resultado his. (Profundidad~S+M+A+WI)”120
Figura: 87.	“Resultados plot. (Profundidad~S+M+A+WI)”121
Figura: 88.	“Resultados modelo 5”123
Figura: 89.	“Resultados visreg. Profundidades obtenidas por acceso de via”124
Figura: 90.	“Resultados hist. Profundidades obtenidas por acceso de vías”125
Figura: 91.	“Resulttados plot. Profundidades obtenidas mediante acceso de vías”126
Figura: 92.	“Selección de la mejor variable. (Profundidad~S+TANG+DD+WI+SOMB)”126
Figura: 93.	“Resultado modelo 6”128
Figura: 94.	“Resultado visreg. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb)”129
Figura: 95.	“Resultados hist. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb”130
Figura: 96.	“Resultados plot. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb.....131

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1.	“Parámetros microcuenca Yutujapina”	24
Tabla 2.	“Características de la elevación”	41
Tabla 3.	“Características de la pendiente”	47
Tabla 4.	“Características del aspecto”	52
Tabla 5.	“Características de la curvatura del perfil”	59
Tabla 6.	“Características de la curvatura tangencial”	64
Tabla 7.	“Características del relieve sombreado”	70
Tabla 8.	“Características de la irregularidad del terreno”	76
Tabla 9.	“Características del índice de humedad”	82
Tabla 10.	“Características de la dirección del drenaje”	88
Tabla 11.	“Características de todos los índices topográficos”	94
Tabla 12.	“Resultados de profundidades e índices topográficos”	98
Tabla 13.	“Profundidades reales de suelo con sus respectivos parámetros”	146
Tabla 14.	“Resultados de las elevaciones de la microcuenca de Yutujapina”	149
Tabla 15.	“Resultados de las pendientes de la microcuenca de Yutujapina”	151
Tabla 16.	“Resultados de las orientaciones de la microcuenca Yutujapina”	154
Tabla 17.	“Resultados de las curvaturas de perfiles en la microcuenca Yutujapina”	157
Tabla 18.	“Resultados de las curvaturas tangenciales”	160
Tabla 19.	“Resultados de los relieves de sombras”	163
Tabla 20.	“Resultados de las irregularidades del terreno”	166
Tabla 21.	“Resultados del índice de humedad”	169
Tabla 22.	“Resultados de las direcciones de drenaje”	172
Tabla 23.	“Resultado de muestras obtenidas por barrenaciones”	174
Tabla 24.	“Resultado de profundidades obtenidas por acceso de vías”	176

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador ha experimentado numerosos deslizamientos de tierra a lo largo de su historia, particularmente la ubicación geográfica de la región de los Andes, distinguida por su topografía montañosa y compleja, presenta desafíos significativos en términos de estabilidad del terreno.

El alto grado de vulnerabilidad y riesgo de deslizamientos de tierra debido a las pendientes pronunciadas propias de la geomorfología de la cordillera de los Andes, además de las amenazas climáticas y morfológicas, estas últimas ligadas a actividades antrópicas representan una amenaza latente y continua para que se produzcan estos fenómenos naturales. Lo cual, representa consecuencias devastadoras en términos de pérdidas humanas, daños a la infraestructura y pérdidas económicas.

En estas zonas montañosas caracterizada por climas húmedos, la deforestación no conlleva un incremento notable en la incidencia de desprendimientos de suelo. No obstante, se ha observado una rápida disminución de la estabilidad de las laderas pocos años después de la transformación de los bosques en pastizales. Dichos bosques han sido objeto de colonización con el fin de habilitar espacios para la agricultura y el pastoreo. Prácticamente ningún ecosistema de montaña ha quedado sin alteraciones debido al impacto humano. Bien es cierto que el cultivo tradicional y ancestral de montaña ha sido abandonado en muchas zonas, en otras se observa un crecimiento y expansión continuo (Guns & Vanacker, 2013).

Además, los procesos en relación a la cobertura vegetal y uso del suelo son temas de análisis e investigación, los factores naturales y antropogénicos, estos últimos con una incidencia superior en la aparición de deslizamientos de tierra, por la asociación de sus variables con el uso de la tierra y la infraestructura humana, mismos que modifican la hidrología de la zona no saturada al cambiar la intercepción de lluvia y la evapotranspiración

que inciden en la cantidad de agua retenida en el suelo (Guns & Vanacker, 2013).

En este marco detallado anteriormente se debe hacer mucho énfasis en la profundidad del suelo debido a su incidencia en el crecimiento de la cobertura vegetal (Meyer et al., 2007). Este parámetro se define muchas veces, como la profundidad desde la superficie hasta el material más o menos consolidado (Kuriakose et al., 2009; Mehnatkesh et al., 2013). La profundidad del suelo varía con relación a muchos factores diferentes, como la pendiente, el uso de la tierra, la curvatura, el material original, elevación, el clima, la cubierta vegetal, el área contribuyente de la pendiente ascendente y la litología (Kuriakose et al., 2009; Ziadat, 2010; Mehnatkesh et al., 2013; Minasny & McBratney, 1999).

La innovación tecnología ha proporcionado un vasto abanico de posibilidades en el proceso de encontrar métodos más eficientes, económicos y rápidos en comparación con los métodos convencionales de levantamiento de suelos para determinar su profundidad. Sin embargo, ciertas regiones o zonas no es factible evitar el uso de métodos convencionales para tener datos más precisos que corroboren la información obtenida de programas computacionales.

Sylvain Fiolleau, (2023), enfocó sus estudios en la evaluación de los riesgos de deslizamiento de tierras, mediante la combinación de datos geofísicos y de teledetección, donde analiza la influencia de variables como el ángulo de la pendiente, el espesor del suelo y la cohesión de las raíces en las estimaciones de la estabilidad de la pendiente. Kuriakose et al., (2009) utilizó cinco variables del terreno y tipos de uso del suelo para comparar mediante cuatro tipos de métodos la predicción espacial de la profundidad del suelo, Hengl et al., (2004) describió mediante un análisis comparativo un marco metodológico para la predicción de la profundidad del suelo mediante el uso de variables topográficas y mapeos de suelo. Ziadat, (2010) utilizó modelos digitales de elevación (DEM, por sus siglas en

ingles) para la predicción de la profundidad del suelo.

Impulsados por los resultados de investigaciones llevadas a cabo en otros países, la presente investigación empleará modelos estadísticos como la regresión lineal múltiple y métodos convencionales para determinar la profundidad del suelo y comprender como las variables interactúan y se correlacionan entre sí, generando información valiosa y crucial para comprender y predecir los riesgos geotécnicos asociados a la estabilidad del terreno en esta zona de estudio y de esta manera dar pie a sistemas de alerta temprana que permitan tener una actividad proactiva frente a esta problemática.

En este contexto, es indispensable también la comprensión de los procesos de modelado de escorrentía en respuesta a la lluvia. El "Top Index" es un enfoque conceptualmente simple pero eficaz que se basa en la idea de que los procesos hidrológicos en una cuenca pueden ser representados mediante la separación de la respuesta hidrológica en dos componentes principales: escorrentía rápida y escorrentía lenta (Beven, 2012). Este enfoque ha demostrado ser útil en la modelización de la escorrentía y puede ser relevante para el estudio de la estabilidad del terreno en Ecuador, ya que permite identificar las áreas de la cuenca que son propensas a tener suelos más profundos y una mayor capacidad de infiltración (Saulnier et al., 1997).

El siguiente análisis se basa en una investigación previa realizada en una cuenca hidrográfica en la región interandina ecuatoriana, la Cordillera de los Andes. En dicho estudio, se examinaron muestras de suelo a profundidades de 10-40 cm con el objetivo de determinar la densidad aparente. Los resultados revelaron diferencias significativas entre las densidades aparentes en áreas forestales y zonas de pastizales. La densidad aparente en los bosques fue consistentemente inferior a la observada en los pastizales. Además, se utilizó el método de barrena para determinar la conductividad hidráulica saturada en los pastizales,

mostrando una amplia variabilidad en los resultados. Dada la notable diferencia en la densidad aparente entre bosques y pastizales, se presume que la conductividad hidráulica saturada en los bosques es considerablemente alta (Guns & Vanacker, 2013).

La realización de la presente investigación se sustenta en la necesidad apremiante de abordar las lagunas existentes en el conocimiento de la región interandina específica en lo que respecta a la profundidad de los horizontes del suelo. La revisión exhaustiva de la literatura revela una escasez de estudios detallados que cuantifiquen de manera precisa la profundidad del suelo y sus implicaciones para la estabilidad del terreno en esta área geográfica.

La necesidad de abordar esta brecha se vuelve crucial, especialmente considerando la importancia de evaluar los riesgos por deslizamiento de tierras. Dado que el suelo y su estructura desempeñan un papel fundamental en la estabilidad del terreno, el conocimiento detallado de la profundidad del suelo se convierte en un componente esencial para la planificación y el diseño de estructuras resilientes.

La identificación de patrones y correlaciones significativas en la distribución espacial de los suelos más profundos es esencial para comprender y prevenir los riesgos geotécnicos asociados. Esta investigación se propone llenar este vacío de conocimiento, permitiendo la delimitación de áreas de mayor riesgo y proporcionando una comprensión más completa de los riesgos geológicos en la región interandina. Estos resultados, respaldados por datos científicos sólidos, no solo serán valiosos para la toma de decisiones en la planificación del uso de la tierra y el diseño de infraestructuras en la región en cuestión, sino que también se espera que contribuyan al conocimiento global sobre la prevención y mitigación de eventos geotécnicos en áreas montañosas similares.

Por lo tanto, el presente estudio se propone llenar este vacío mediante la aplicación

de métodos geotécnicos y estadísticos avanzados. Al recolectar datos de profundidad real del suelo mediante la barrenación y utilizar información topográfica, como el modelo de elevación digital (DEM), buscamos no solo cuantificar la profundidad del suelo de manera directa sino también validar y complementar estos resultados mediante enfoques indirectos. La comparación de estos datos proporcionará una visión integral que contribuirá a una evaluación más precisa de los riesgos de deslizamiento de tierras en la región interandina específica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Recopilar y generar datos relevantes sobre la profundidad de los suelos en un área montañosa (microcuenca) propensas a deslizamientos y compararlo con los atributos del terreno de esa región andina.

2.2. Objetivo Especifico

- Efectuar perforaciones en el campo para determinar la profundidad real del suelo en el área seleccionada mediante el método de barrenación.
- Aplicar un modelo estadístico que permitan estimar de manera indirecta la profundidad del suelo mediante el uso información topográfica de la zona de estudio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de Estudio

El área de estudio indirecta corresponde a la parroquia San Luis de Cumbe, situada al sur del Cantón Cuenca, se encuentra a una altitud de 2.640 msnm con coordenadas de 3°4'5''

S de latitud y 79°0'46'' W de longitud. Con una extensión de 71.4 km², está ubicada a 24 km al sur de la ciudad de Cuenca, conectada por la vía asfaltada Cuenca–Loja. San Luis de Cumbe limita al norte con la parroquia Tarqui, al sur con la parroquia Jima y la periferia cantonal de Girón, al este con Quingeo y San José de Raranga, y al oeste con la parroquia Victoria del Portete (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Cumbe, 2020).

La parroquia de Cumbe posee tres tipos de clima, el subhúmedo que se cubre la mayor parte de la parroquia con el 48,27% (3297,20 ha), seguido por un segundo nivel identificado como húmedo montano bajo con el 31,9% (2178,97 ha), y finalmente el muy húmedo montano que se encuentra en el 19,83% (1354,64 ha) de la superficie parroquial (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Cumbe, 2020).

Debido a la topografía de la parroquia Cumbe, que incluye valles con pendientes suaves y áreas escarpadas, se observa una variación significativa en la temperatura promedio anual. En las partes altas de los páramos, la temperatura puede descender hasta los 7 grados centígrados, mientras que en las zonas más bajas se registra un clima menos frío y más húmedo, con temperaturas que pueden alcanzar hasta los 18 grados centígrados (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Cumbe, 2020).

Los valores pluviométricos registrados por las estaciones hidrometeorológicas del INAMHI indican que la parroquia Cumbe tiene una precipitación anual promedio que oscila entre los 650 y 1000 mm de lluvia

El área de estudio directa se ubica al sur del Ecuador, en la provincia del Azuay en el cantón Cuenca, La microcuenca Yutujapina delimita con la parroquia de Cumbe y de la parroquia Victoria del Portete, tiene una superficie de 1353973,447 metros cuadrados y un perímetro de 5255,599 metros. Sus coordenadas geográficas UTM WGS84 son Norte X = 717614m y Este Y = 9653052m. Esta parroquia se ubica a una altitud promedio de 3361

msnm.

La tabla 1 siguiente presenta un resumen de los parámetros de la microcuenca de Yutujapina, los cuales fueron recopilados utilizando el programa QGIS (3.28.13).

MICROCUECA YUTUJAPINA		
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Área	1353973,45	m ²
Perímetro	5255,599	m
Ancho máximo	1082,071	m
Longitud axial	1720,956	m
Cota máxima de la cuenca	3218	msnm
Cota mínima de la cuenca	3469	msnm

Tabla 1. “Parámetros microcuenca Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

3.2. Localización de la microcuenca de Yutujapina

La figura 1 presentada, ilustra un mapa detallado de la microcuenca de Yutujapina, con divisiones geográficas adicionales que incluyen el mapa del Ecuador dividido por cantones. En este contexto, se destaca el cantón Cuenca en el mapa. Además, se presenta un mapa adicional que delinea las parroquias de Cuenca, donde se pueden identificar claramente las parroquias de Cumbe y Victoria de Portete las cuales delimitan la microcuenca de Yutujapina.

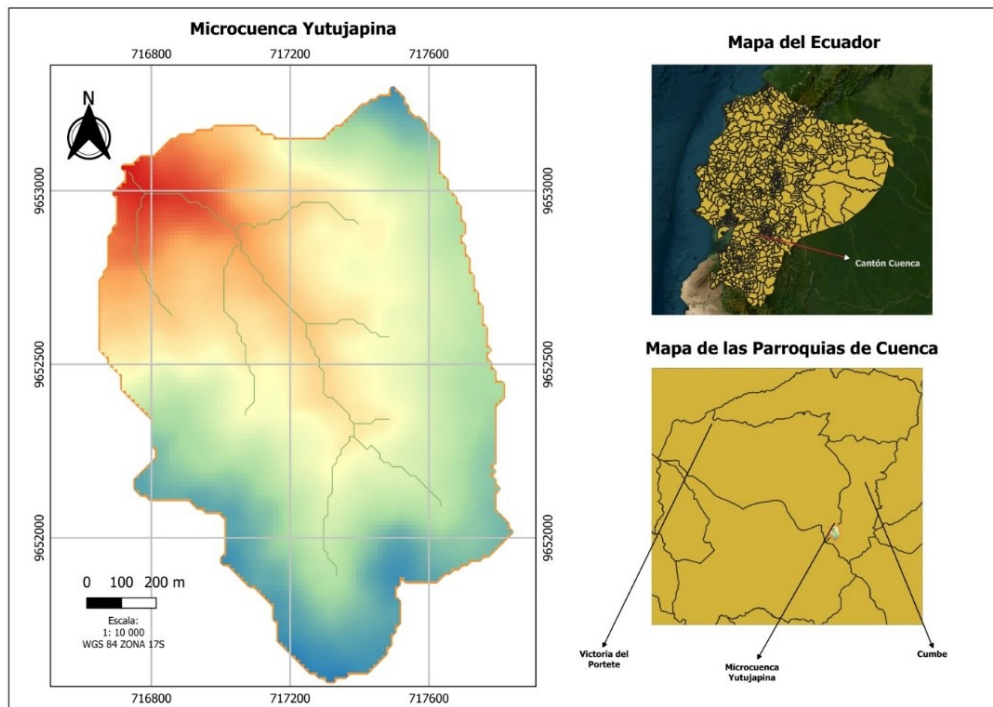


Figura 1. “Localización de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

3.3. Materiales

3.3.1. Herramientas de excavación

Para llevar a cabo este proyecto, se hizo uso de herramientas de excavación especializadas, como barrenos, que se emplearán para realizar excavaciones precisas y obtener información sobre la profundidad real del suelo. Estos barrenos son instrumentos diseñados específicamente para penetrar el suelo con precisión, permitiendo la extracción de muestras que nos brindarán datos valiosos para el desarrollo de esta tesis.



Figura: 2. Herramientas de excavación “barrenos”
Fuente: Yanez, 2024.

3.3.2. Herramientas de limpieza

Se emplearán herramientas de limpieza específicas para este propósito. Una de ellas fue la barreta, que se utilizó para limpiar el área de interés, permitiendo una mejor visualización y análisis del perfil del suelo.

3.3.3. Herramientas de medición

La cinta métrica y el flexómetro fueron esenciales para obtener mediciones precisas de la profundidad del suelo. Estas herramientas permitieron tomar con exactitud las dimensiones de la profundidad, asegurando datos precisos y confiables para cada punto de muestreo en el terreno.

3.3.4. Herramientas de navegación

Las herramientas de navegación, en particular el GPSMAP 64sx de la marca GARMIN, fueron fundamentales para ubicarnos con precisión en el terreno. Esto nos permitió registrar las coordenadas de varios puntos de muestreo, asegurando un registro preciso de las ubicaciones y facilitando la posterior referencia geoespacial en nuestros

análisis

3.3.5. Herramientas georreferenciales

Se utilizó el programa QGIS versión 3.28.13 como una herramienta geoespacial fundamental para analizar y trabajar con los atributos del terreno en el área de estudio. Este programa permitió realizar análisis geográficos, crear mapas y representar de manera visual la información recopilada sobre el terreno y sus características.

3.3.6. Herramientas para el análisis estadístico

Se empleó el programa R versión 4.3.2 como una herramienta fundamental para realizar el análisis estadístico en este estudio. Este programa permitió explorar y evaluar la posible relación entre la profundidad de los suelos y los atributos topográficos.

3.4. Métodos

En este capítulo se describen los métodos utilizados en la investigación, enfocados en la realización de perforaciones en campo para determinar la relación entre la profundidad del suelo y los atributos del terreno en la microcuenca de Yutujapina.

3.4.1. Muestreo detallado por transectos puntuales

Se utilizó el programa QGIS (3.28.13) para trazar cinco transectos en forma de polilíneas a lo largo y ancho de la microcuenca de Yutujapina. Estos transectos fueron diseñados estratégicamente con diferentes orientaciones y ubicaciones para abarcar la diversidad de terrenos y características presentes en la zona. El programa QGIS (3.28.13), gracias a su satélite georreferencial, nos reveló la presencia de vías dentro de la microcuenca de Yutujapina. Esta información fue fundamental, ya que permitió trazar fácilmente los transectos a lo largo de estas vías preexistentes.

3.4.2. Profundidades de suelo

Luego de haber dibujado los transectos mediante el programa QGIS (3.28.13), se

pasó a la obtención de las muestras de profundidades reales de suelo obtenidas en Campo. Para ello se requiere conocer los siguiente:

3.4.2.1.Método de barrenación

El método de barrenación es muy común en la ingeniería civil para realizar perforaciones en diferentes materiales, desde rocas hasta suelos o concretos. Este procedimiento implica la creación de agujeros o pozos en áreas específicas de muestreo con el propósito de obtener muestras, instalar cimientos, extraer minerales u otros objetivos particulares. En el presente estudio, se empleó para comparar la relación entre la profundidad de los suelos y los atributos topográficos.

3.4.2.2.Profundidad de muestreo

Las combinaciones de profundidad de muestreo más comúnmente utilizadas incluyen rangos específicos. Por ejemplo, para praderas temporales o permanentes, se suele emplear una profundidad de muestra de 0 a 15 cm (0"-6"), considerada como moderadamente superficial. Otro rango frecuente es de 15 a 60 cm (6"-24") o de 0 a 30 cm (0"-12") para una profundidad superficial, seguido de 30 a 60 cm (12"-24") que corresponde a una profundidad moderadamente profunda (Carter & Gregorich, 2008). Sin embargo, en el desarrollo de este proyecto los análisis de campo se enfocaron en el material orgánico.

3.4.2.3.Material orgánico

Este es la muestra del suelo más importante que se considera ya que este material sirvió para hacer la relación de la profundidad de suelo con los atributos topográficos del terreno, en este proyecto se consideró para hacer la relación el material orgánico "O" y "A".

3.4.2.4.Obtención de profundidades reales de suelo

En las áreas con acceso vial, se utilizó una barreta para limpiar la superficie y obtener un perfil claro del suelo. Luego, utilizando una cinta métrica, se midió la altura total del

perfil y la profundidad del suelo orgánico. Es importante mencionar que, en cada perfil tomado, se registró un punto de referencia con el GPS. En las zonas donde no había acceso vial, se trazaron los puntos en el programa QGIS y posteriormente se localizaron con la ayuda de un GPS en campo. En estos mismos lugares, se llevó a cabo barrenaciones hasta encontrar roca o el límite del material orgánico.

3.4.3. Otros parámetros para considerar

Durante el trabajo de campo, al recolectar las profundidades reales del suelo, se optó por considerar cuidadosamente ciertos parámetros, dado que se valoró su relevancia e importancia dentro del contexto de nuestra investigación, tales como:

3.4.3.1. Vegetación predominante

En este caso por ser páramo y tener pendientes muy altas la vegetación que más predominaba son las siguientes:

- **Pajonal:** Es un tipo de vegetación predominante en estas regiones de alta montaña y ecosistemas de páramo. Consiste en extensas áreas cubiertas principalmente por gramíneas, herbáceas y musgos adaptados a condiciones de altitud, bajas temperaturas y fuertes vientos.
- **Arbustivo:** Son arbustos y matas que crecen en estos ecosistemas de alta montaña. Son plantas más bajas que los árboles y se adaptan a las difíciles condiciones del páramo, como las bajas temperaturas y la falta de nutrientes.

3.4.3.2. Textura del suelo

Para poder sacar la textura de suelo en campo utilizamos el método de Thien la cual consistía en tomar una muestra de suelo y observar mediante el tacto que tipo de textura tenía.

En la Figura 3, se observa el diagrama de flujo que ayudó a determinar a qué clase textural pertenece la muestra de suelo.

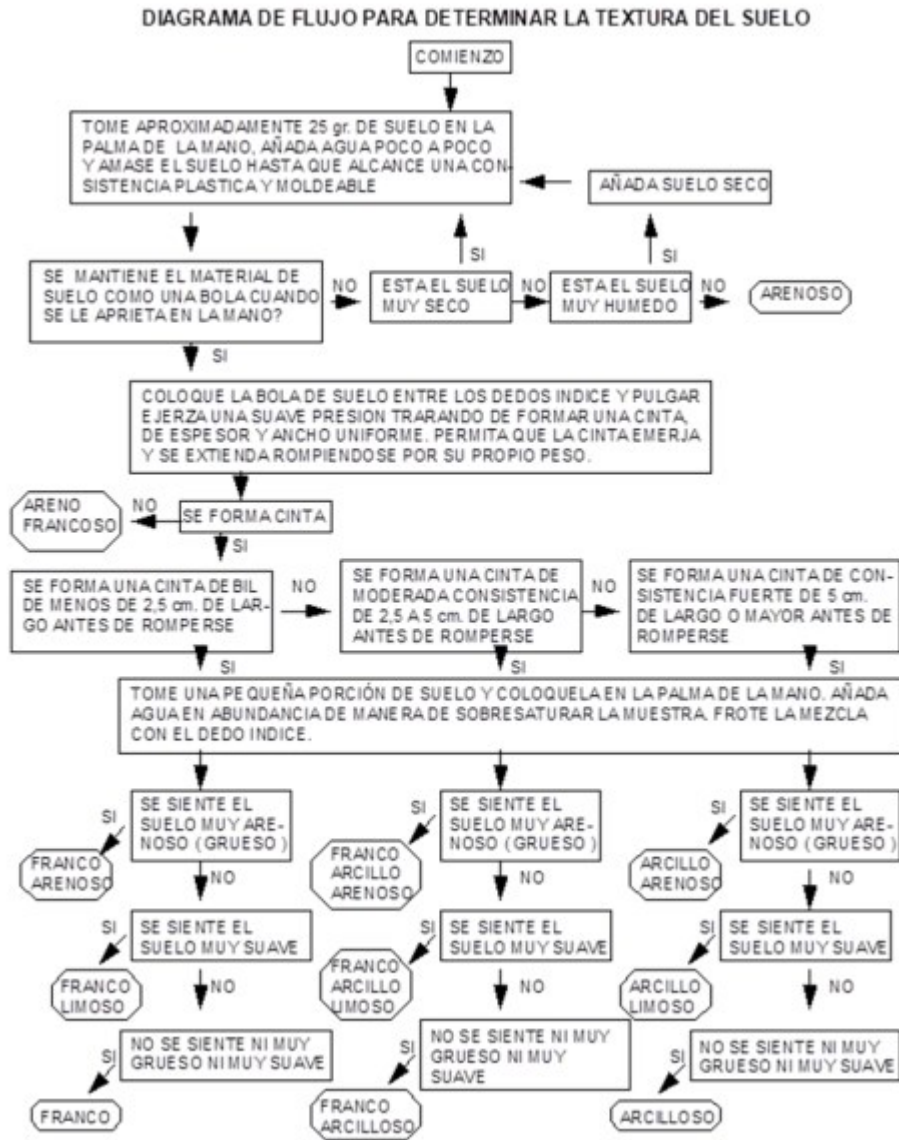


Figura 3. “Diagrama de flujo para determinar la textura del suelo”
 Fuente: (López y García, 2019)

3.4.4. Atributos Topográficos

Según estudios realizados por (Mehnatkesh et al., 2013) subdividen los atributos en dos categorías: primarios los mismos que se calculan directamente desde el modelo de elevación digital o DEM, se utilizó un DEM de 12.5m x 12.5m, proveniente del IGM, los

secundarios son combinaciones de los primarios además describe la variabilidad espacial de procesos específicos que ocurren en el paisaje.

Por lo tanto, se tomará en consideración de la investigación citada anteriormente que los atributos primarios que se empleó a la hora de ejecutar este proyecto son: la elevación (M), pendiente (S), aspecto (A), Curvatura del perfil (PROFC), curvatura tangencial (TANG), relieve sombreado (Somb), Irregularidad del terreno (Irreg). Así como también los atributos secundarios a examinar como el índice de humedad (WI) y Dirección de drenaje (DD).

3.4.4.1. Atributos Primarios

3.4.4.1.1. Elevación (M)

Se refiere a la altura vertical medida desde un punto específico en la superficie terrestre hasta el nivel promedio del mar (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.1.2. Pendiente (S)

Tasa máxima de cambio en la elevación de cada celda DEM. Es el gradiente en un punto especificado y se utiliza para identificar el gradiente más pronunciado entre un punto y sus vecinos (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.1.3. Aspecto (A)

Dirección de la tasa máxima de cambio en la elevación de cada celda DEM, por lo que la orientación es la dirección del gradiente (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.1.4. Curvatura del perfil (PROFC)

Curvatura de una superficie en la dirección de la pendiente más pronunciada. Es una medida de la tasa de cambio del gradiente potencial y es importante para los procesos de flujo de agua y transporte de sedimentos. (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.1.5. Curvatura Tangencial (TANG)

Curvatura en planta multiplicada por la pendiente (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.1.6. Relieve Sombreado (Somb)

El relieve sombreado es una representación visual en la que se usan sombras para mostrar las variaciones de elevación en un mapa. En QGIS, simula la luz solar sobre el relieve del terreno, mostrando zonas iluminadas para áreas elevadas y zonas más oscuras para las depresiones, facilitando la comprensión de la topografía del terreno.

3.4.4.1.7. Irregularidad del Terreno (Irreg)

Se refiere a la variación de la elevación en un área geográfica determinada. Se evidencia por las diferencias en la topografía, mostrando áreas con cambios abruptos de altitud y zonas más uniformes o planas. En un mapa de relieve sombreado en QGIS, estas variaciones se representan visualmente mediante contrastes de luz y sombra, resaltando los relieves pronunciados y los terrenos más suaves o uniformes.

3.4.4.2. Atributos Secundarios

3.4.4.2.1. Índice de humedad (WI)

Establece el área de captación en relación con la pendiente. Se ha utilizado para caracterizar la distribución espacial de zonas de saturación superficial y contenido de agua del suelo en paisajes. Muestra el alcance de la acumulación de flujo (Mehnatkesh et al., 2013).

3.4.4.2.2. Dirección del Drenaje (DD)

Se refiere a la representación de la dirección hacia la cual fluye el agua en un terreno. Se visualiza como una capa que muestra la orientación de los flujos de agua, indicando hacia dónde se dirigen en función de la topografía.

3.4.5. Análisis Estadístico

En el marco de esta investigación, se planifica la ejecución de un análisis estadístico exhaustivo. Este análisis se realizará teniendo en cuenta el mayor número de muestras posible que se recolectarán durante la fase de campo.

Se realizará el método de regresión lineal múltiple ya que es una herramienta estadística que examina la relación entre una variable dependiente y dos o más variables independientes. En esencia, busca entender cómo estas variables independientes afectan a la variable dependiente y en qué medida lo hacen. Se utilizará el programa "R" ya que es un entorno de programación estadística ampliamente utilizado para análisis de datos y modelado estadístico. En este programa, se puede aplicar el modelo de regresión lineal múltiple para investigar relaciones complejas entre múltiples variables. "R" proporciona funciones específicas que permiten ajustar y evaluar modelos de regresión lineal múltiple, así como realizar pruebas de hipótesis, validar el modelo y analizar la precisión de las predicciones.

A continuación, se explorará en detalle el modelo de regresión lineal múltiple y el programa 'R' para comprender mejor su aplicación en el análisis de datos.

3.4.5.1. Modelo de regresión Múltiple

La mayoría de los problemas de investigación a los que se aplica el análisis de regresión requieren más de una variable independiente para el modelo de regresión. La complejidad de la mayoría de los mecanismos científicos es tal que predecir una respuesta requiere un modelo de regresión múltiple.

Según (Walpole et al., 2012) Cuando un modelo es lineal en los coeficientes se denomina modelo de regresión lineal múltiple. Para el caso de k variables independientes, el modelo se da para x_1, x_2, \dots, x_k , la medida de $Y|x_1, x_2, \dots, x_k$ es el modelo de regresión

múltiple.

$$\mu_{Y|x_1, x_2, \dots, x_k} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

y la respuesta estimada se obtiene a partir de la ecuación de regresión muestral

$$y = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k$$

Donde cada coeficiente de regresión β_i es estimado por medio de b_i a partir de los datos de la muestra utilizando el método de los mínimos cuadrados, como ocurre en el caso de una sola variable independiente. A menudo el modelo de regresión lineal múltiple es una representación adecuada de una estructura más complicada dentro de ciertos rangos de las variables independientes (Walpole et al., 2012).

Un modelo de regresión que contiene más de una variable regresora se denomina modelo de regresión múltiple. Por ejemplo, suponga que la profundidad de los suelos. Depende de los atributos topográficos. Un modelo de regresión múltiple que podría describir esta relación es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \epsilon$$

Donde Y representa la profundidad de los suelos, X representa los atributos topográficos del terreno, y ϵ es un término de error aleatorio. Se trata de un modelo de regresión lineal múltiple. (Montgomery & Runger, 2013).

3.4.5.2. Introducción al programa “R”

R es una herramienta poderosa en estadísticas, gráficos y programación, ampliamente utilizada para análisis estadísticos rigurosos. Es un sistema de código abierto y gratuito que ha sido desarrollado por una comunidad colaborativa (Long & Teetor, 2019).

R es un lenguaje de programación y un entorno de programa diseñado específicamente para el análisis estadístico y la generación de gráficos. Se utiliza ampliamente en la investigación académica, la ciencia de datos, la bioinformática y otras disciplinas que requieren análisis estadístico y visualización de datos.

Este programa es especialmente valorado por su versatilidad y potencia para manipular, limpiar, analizar y visualizar datos de diversas fuentes. Con R, los usuarios pueden realizar análisis estadísticos avanzados, desde cálculos básicos hasta modelado predictivo y análisis de series temporales. Además, permite la creación de gráficos estáticos y dinámicos para presentar los resultados de manera efectiva.

3.4.5.2.1. Instrucciones del programa “R” en la regresión lineal múltiple

Si se quiere evaluar la existencia de una relación lineal entre múltiples variables predictoras como (u, v y w) y una variable de respuesta, “y”. El objetivo es realizar un análisis de regresión lineal para determinar cómo influyen estos predictores en la variable de interés.

Es por esto por lo que se necesita usar la función “lm”. Que especifique los múltiples predictores en el lado derecho de la formula separados por el signo (+).

$$lm(y \sim u + v + w)$$

3.4.5.2.2. Comandos utilizados para el programa “R”

Inicialmente, se emplearán diversos comandos para cargar las librerías necesarias, ya que estas desempeñan un papel fundamental en el proceso de modelamiento. La inclusión de estas librerías es crucial, ya que, sin ellas, los códigos utilizados no serían funcionales para llevar a cabo el análisis estadístico. A continuación, se detallarán todas las librerías utilizadas en el proceso de modelación.

- **library(visreg):** La librería visreg en R se utiliza para visualizar efectos de variables predictoras en modelos estadísticos. Proporciona herramientas gráficas que permiten explorar y comprender cómo los cambios en las variables predictoras afectan la respuesta del modelo.

Un paso fundamental antes de buscar la ubicación de las muestras obtenidas en campo es asegurarse de que la hoja de cálculo esté guardada en formato CSV. Este formato facilita la lectura de los datos por parte del programa "R". A continuación, se presenta el comando para para buscar la ubicación de mis muestras obtenidas.

- **file.choose():** se utiliza para abrir un cuadro de diálogo que permite al usuario seleccionar un archivo desde el sistema de archivos. Este comando es útil cuando se necesitas cargar o leer un archivo

Un paso esencial es revisar los datos obtenidos, ya que es posible que el programa los interprete como caracteres en lugar de números o intervalos. Este proceso de revisión es crucial para garantizar la correcta interpretación y manipulación de los datos en el programa "R".

- **read.table():** Se utiliza para leer datos tabulares desde archivos externos, como hojas de cálculo o archivos de texto. Permite importar datos estructurados en formato de tabla para su posterior análisis en el entorno de programación estadística de "R".
- **str():** En el programa "R" se utiliza para mostrar la estructura interna de un objeto. Al aplicar str() a un objeto, se obtiene información detallada sobre su tipo, estructura y contenido, lo que facilita la comprensión de la forma en que están organizados los datos. Esto es especialmente útil al explorar conjuntos de datos complejos o desconocidos.
- **attach():** Es aquel que verifica que la estructura de los datos y el tipo de variables

estén correctamente establecidos.

Para resumir los datos obtenidos mediante el modelamiento, se emplea un código que permite obtener los resultados clave del modelo.

- **Summary:** este comando nos proporciona un resumen estadístico de un objeto y ofrece una visión rápida de estadísticas clave como la media, mediana, cuartiles, valores máximos y mínimos, además de otros datos dependiendo del tipo de objeto que se esté resumiendo. (Long & Teetor, 2019).

Por último, se encuentran los códigos que facilitan la visualización gráfica de los resultados. Un ejemplo de esto es el uso de la función `visreg()` visto anteriormente.

- **hist(residuals()):** se utiliza para crear un histograma de los residuos resultantes de un modelo estadístico.
- **Plot():** Se emplea para crear gráficos de dispersión, gráficos de líneas, gráficos de barras y diversas visualizaciones según el tipo de datos que se esté tratando. Esta función es útil para explorar la relación entre variables, identificar patrones y llevar a cabo diversas tareas de visualización de datos.

Es importante destacar que la mayoría de estos códigos pueden entenderse mejor dentro del propio programa "R" mediante el uso del signo de interrogación. Por ejemplo, al colocar `"?plot"` en la consola de "R", se abrirá una ventana de ayuda que proporciona información detallada sobre la función `plot`, incluyendo su propósito y cómo se utiliza.

4. PAQUETE DE TRABAJO 1

4.1. Transectos puntuales

La figura 4a presenta los transectos específicos utilizados para llevar a cabo el muestreo en la microcuenca de Yutujapina. En la primera imagen, se visualiza la microcuenca en una vista satelital sin la presencia de los transectos, resaltando la presencia de vías en el área circundante. En la segunda figura 4b, la microcuenca se muestra nuevamente misma que incluye la imagen satelital de google earth del año 2021, pero en esta ocasión se han incorporado los transectos para proporcionar una representación más detallada y específica del área de estudio.

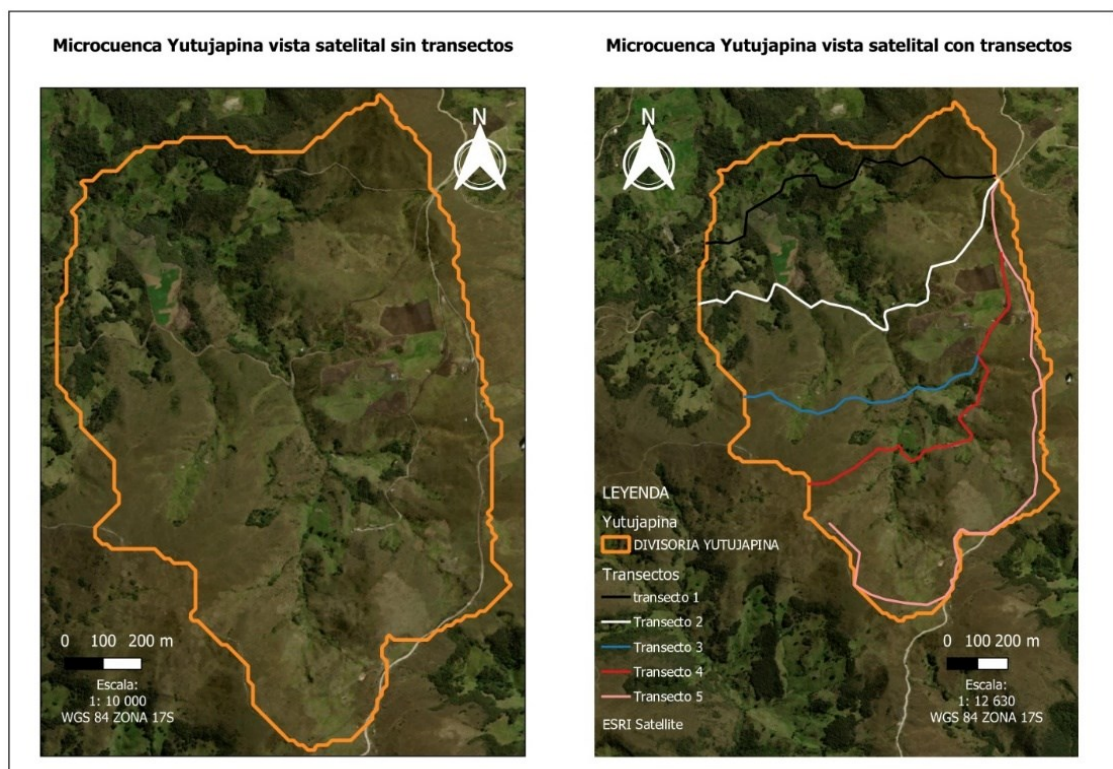


Figura 4. “Transectos microcuenca Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

4.2. Obtención de profundidades de suelo

Se llevaron a cabo un total de 153 recolecciones de muestras de profundidad real del

suelo, utilizando los parámetros mencionados anteriormente. De este conjunto, 75 muestras se obtuvieron mediante barrenaciones, mientras que las restantes 78 fueron recopiladas en áreas donde ya existían vías de acceso.

La figura 5 siguiente representa todas las profundidades de suelo cogidas en los diferentes transectos de la microcuenca de Yutujapina.

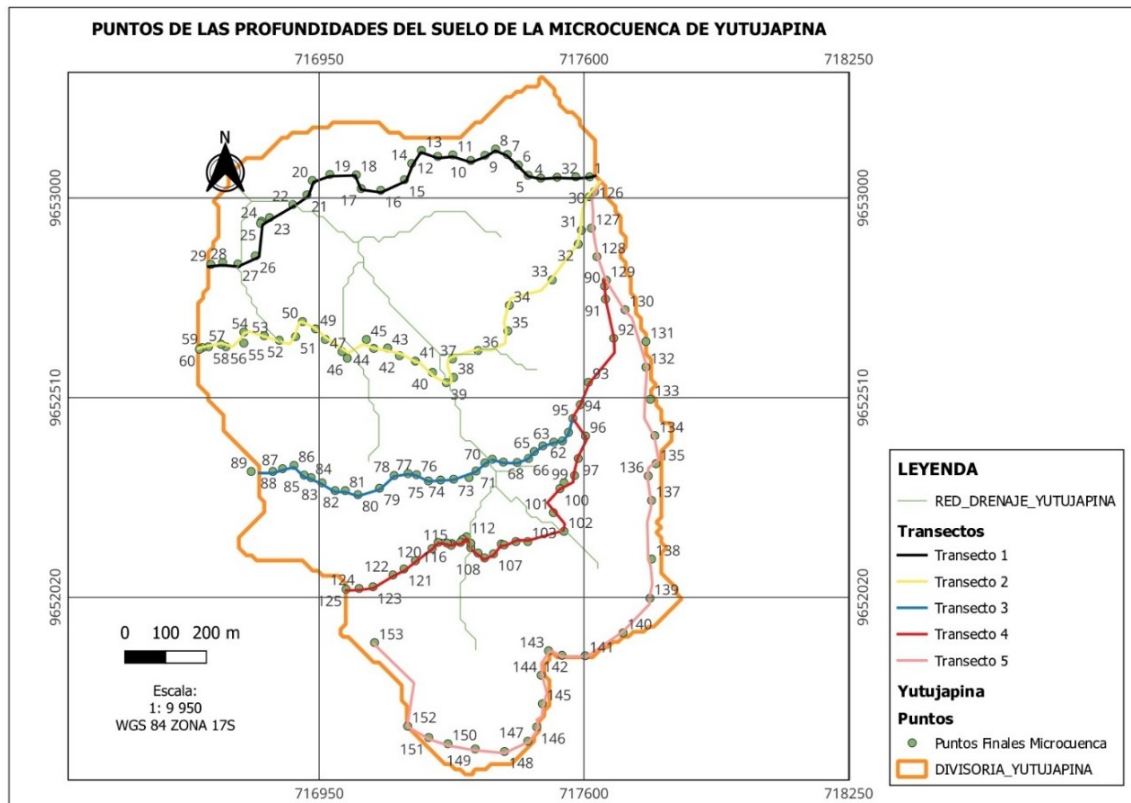


Figura 5. “Mapa de los puntos de las profundidades de suelo en la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

4.3. Resumen de los datos obtenidos en campo

La tabla 22 que se puede observar en la parte de anexos resume las coordenadas "x" y "y" de cada punto de muestreo, junto con las profundidades de los suelos orgánicos de tipo "O" y "A". Además, proporciona información sobre la vegetación predominante en cada punto, la textura del suelo, a qué transecto pertenece cada punto y si la recolección se realizó en una vía o mediante barrenaciones.

5. PAQUETE DE TRABAJO 2

5.1. Modelo digital del terreno (DEM)

La relación entre la profundidad del suelo y los atributos del terreno realizados de los modelos digitales de elevación (DEM), será en puntos estratégicos que abarquen la diversidad topográfica del terreno. Se utilizará un DEM con una resolución de 12.50 m × 12.50 m complementada con mediciones de campo de 153 puntos representativos de la microcuenca.

La figura 6, representa el DEM de 12.50m × 12.50m, que se utilizó para hallar los atributos topográficos en la microcuenca de Yutuajapina.

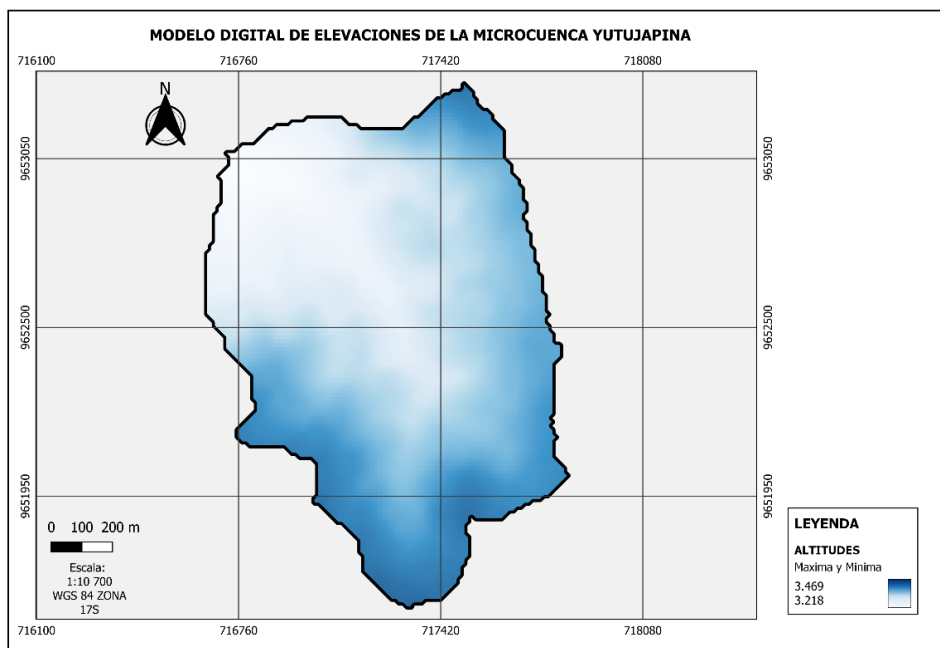


Figura 6. “DEM 12.5m x 12.5m”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2. Atributos topográficos

5.2.1. Atributos primarios

5.2.1.1. Elevación (M)

A continuación, en la tabla 2, detalla las características de la elevación la cual se

refiere a la altitud o altura de un punto en la superficie terrestre con respecto al nivel del mar, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Elevación	msnm	3218	3469	251	3360	54,663

Tabla 2. “Características de la elevación”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.1.1. Perfiles de elevación

En este apartado se dará a conocer el perfil de elevación de los diferentes transectos de la microcuenca Yutujapina donde podemos observar mejor las características topográficas a lo largo de los transectos, esto permitió tener una representación visual del perfil más específico.

En la figura 7, se observa el perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, se puede observar que la mayor elevación que existe es de 3398 m.s.n.m. y la menor elevación es de 3233 m.s.n.m.

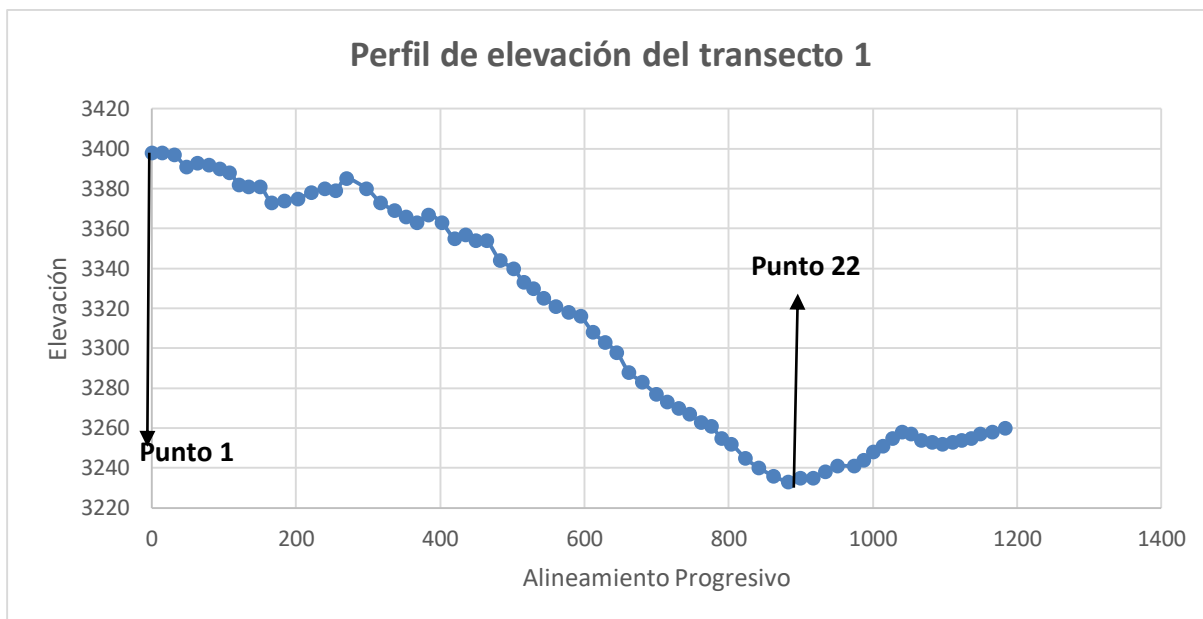


Figura 7. “Perfil de elevación del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca la máxima elevación registrada en el punto 1 del transecto 1, alcanzando un total de 3398 metros m.s.n.m. y la mínima elevación registrada en el punto 22 del transecto 1, alcanzando un total de 3233 m.s.n.m.



Ilustración 1. “Elevación máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22. B) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 1 de 45 cm de espesor utilizando la vía de acceso.

En la figura 8, se observa el perfil de elevación del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, se evidencia que la mayor elevación que existe es de 3395 m.s.n.m. y la menor elevación es de 3299 m.s.n.m.

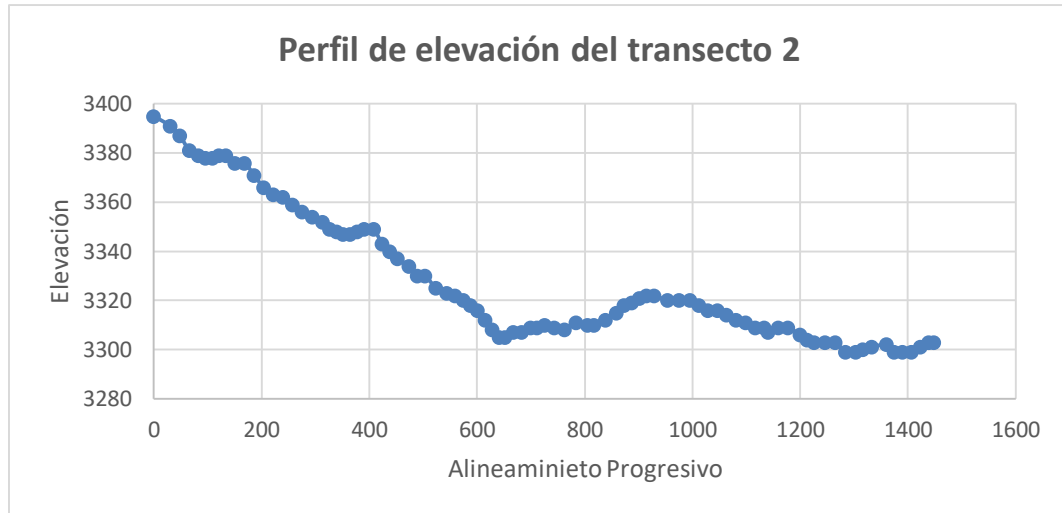


Figura 8. “Perfil de elevación del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 9, se observa el perfil de elevación del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, se evidencia que la mayor elevación que existe es de 3409 m.s.n.m. y la menor elevación es de 3326 m.s.n.m.

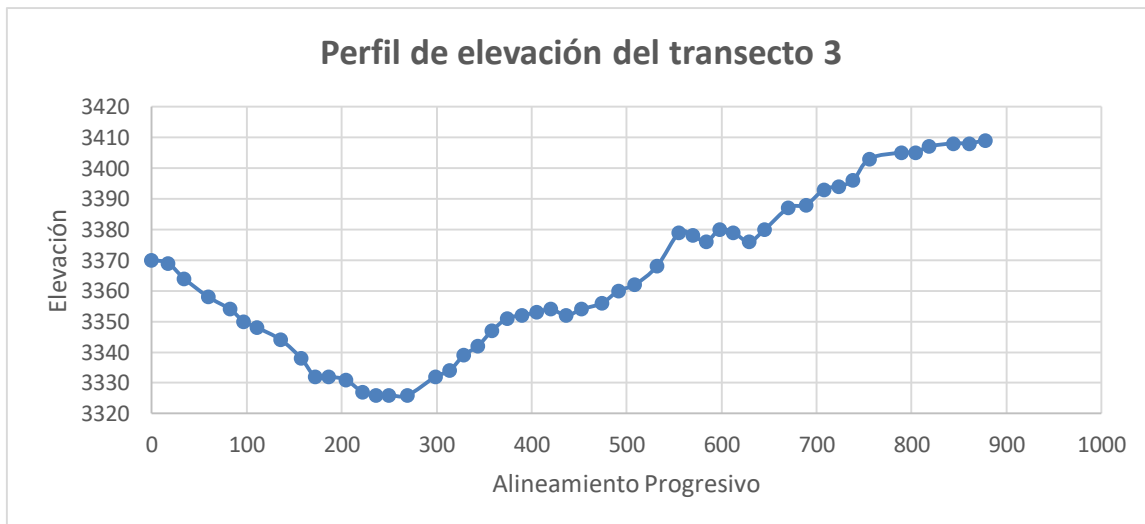


Figura 9. “Perfil de elevación del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 10, se observa el perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina,

se evidencia que la mayor elevación que existe es de 3446 m.s.n.m. y la menor elevación es de 3352 m.s.n.m.

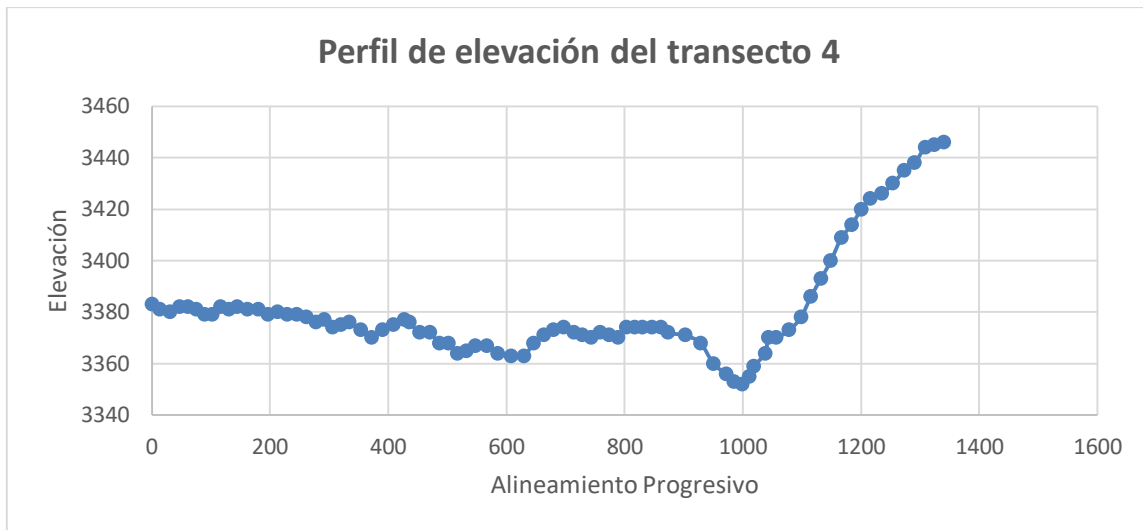


Figura: 10. “Perfil de elevación del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 11, Se observa el perfil del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina, se evidencia que la mayor elevación que existe es de 3446 m.s.n.m. y la menor elevación es de 3384 m.s.n.m.

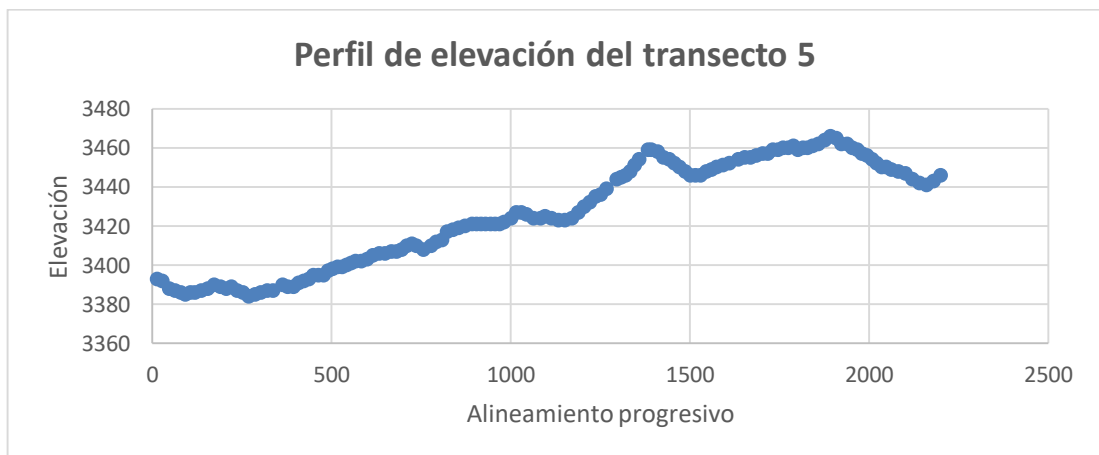


Figura: 11. “Perfil de elevación del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2023.

5.2.1.1.2. Mapa de elevaciones

En la figura 12, se observa el mapa de elevaciones creado en QGIS, se refiere a la

altitud o altura de un punto en la superficie terrestre con respecto a un nivel de referencia, generalmente el nivel del mar, se presenta una visualización exhaustiva de las altitudes a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este mapa proporciona una representación gráfica precisa de las variaciones altimétricas, destacando claramente las zonas de mayor y menor elevación en la región de estudio. La Leyenda de colores empleada facilita la interpretación, permitiendo identificar rápidamente las características topográficas significativas.

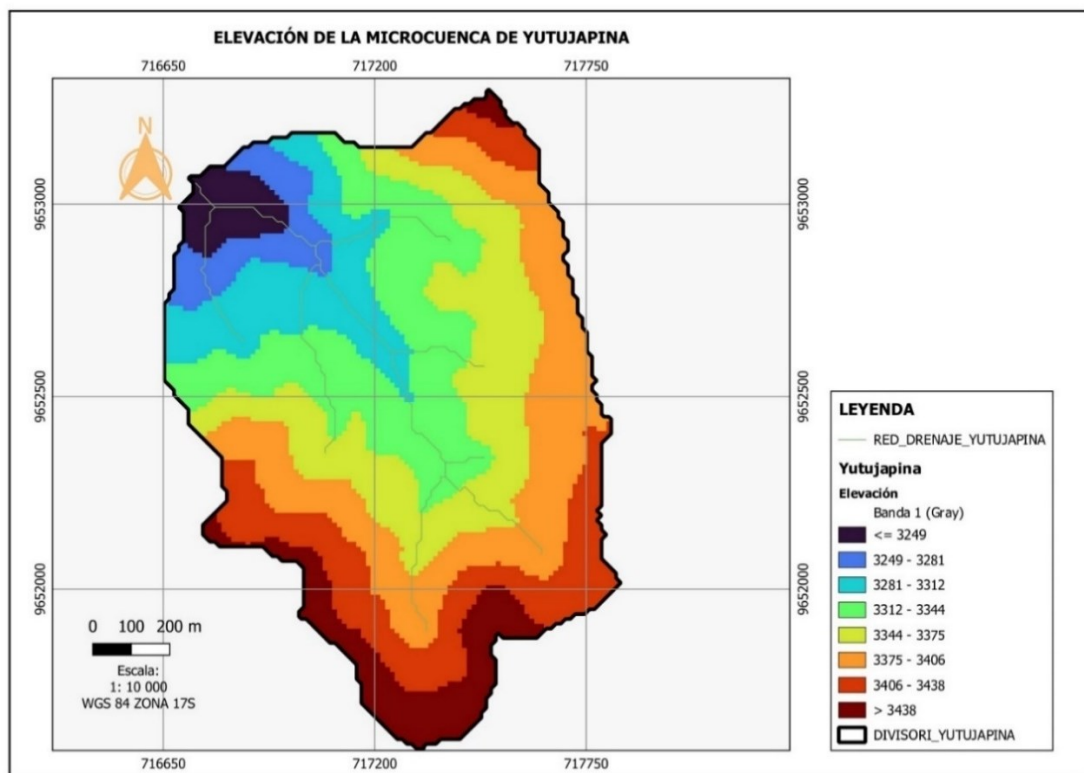


Figura: 12. “Mapa de elevaciones de la microcuenca Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.1.3. Histograma de elevaciones

El histograma de elevaciones puede proporcionar una visión rápida y visual de la distribución altimétrica del área de estudio. A través de este gráfico, se puede identificar la frecuencia con la que aparecen diferentes rangos de elevación en la microcuenca. Sirve para

comprender la distribución de alturas, identificar picos o valles altimétricos predominantes y destacar patrones o áreas con características altimétricas específicas.

El rango de elevaciones varía desde 3218 msnm hasta 3469 msnm, se observa varios picos, no se observa valores extremos significativos que puedan considerarse atípicos y se observa fluctuaciones en las elevaciones.

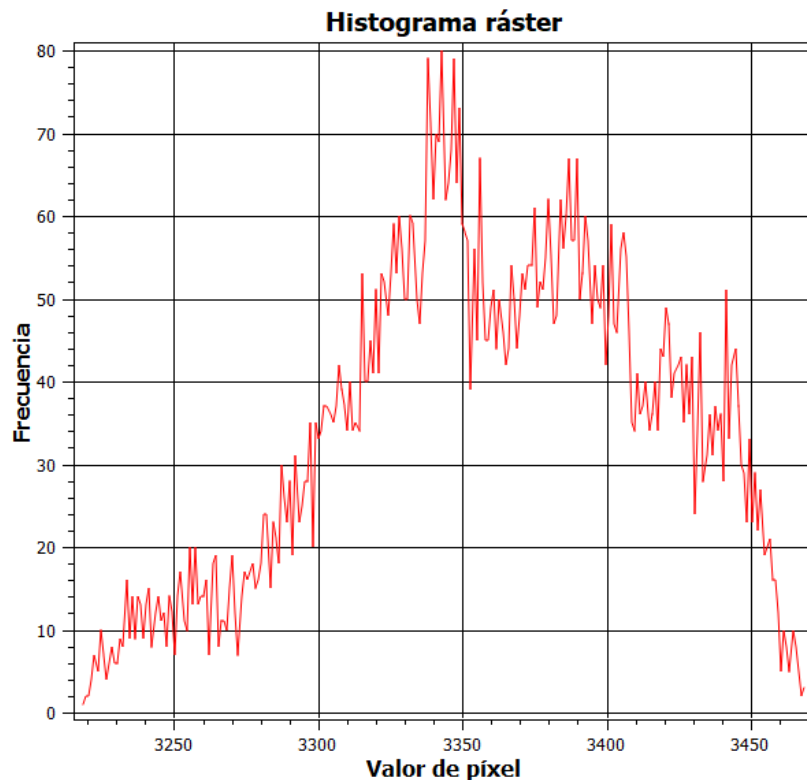


Figura: 13. “Histograma de elevaciones de la microcuenca Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.2. Pendiente (S)

En la tabla 3, detalla las características de las pendientes la cual se refiere a la inclinación del terreno en una ubicación específica y se expresa típicamente como un ángulo o porcentaje, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Pendiente	%	0	84,958	84,958	29,412	12,386

Tabla 3. “Características de la pendiente”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.2.1. Perfiles de pendiente

En este apartado se presenta el perfil de pendientes a lo largo de los diversos transectos en la microcuenca Yutujapina. Estos perfiles brindan una representación visual detallada de las características topográficas a lo largo de los transectos. Es una herramienta valiosa para entender de manera más específica la configuración del terreno y su variación en pendientes a lo largo de la región.

En la figura 14, se observa el perfil de pendientes del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor pendiente que existe es de 55,95% y la menor de 5,10%

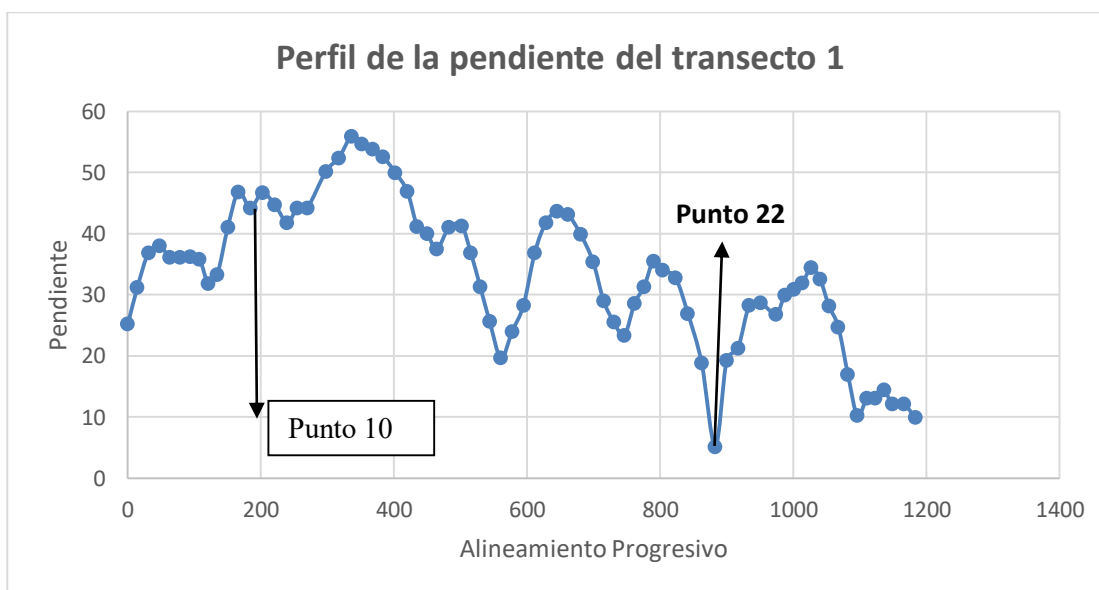


Figura: 14. “Perfil de la pendiente del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca la máxima pendiente registrada en el punto 10 del transecto 1, y la mínima pendiente registrada en el punto 22 del transecto 1.



Ilustración 2. “Pendiente máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22. B) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 10 de 40 cm de espesor utilizando la vía de acceso.

En la figura 15, se observa el perfil de pendientes del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor pendiente que existe es de 32,56% y la menor es de 4,47%

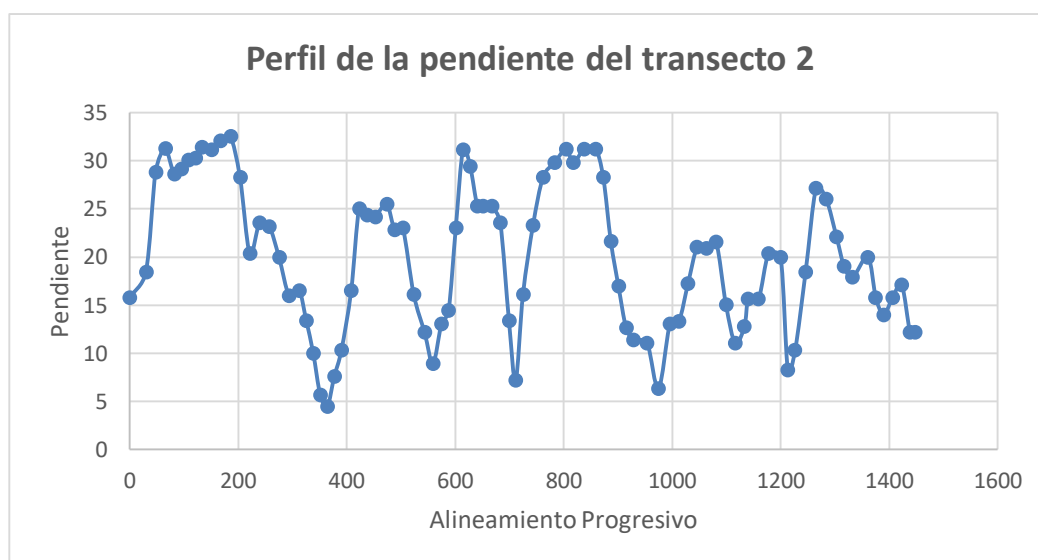


Figura: 15. “Perfil de la pendiente del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 16, se observa el perfil de pendientes del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor pendiente que existe es de 43,68% y la

menor es de 5,10%

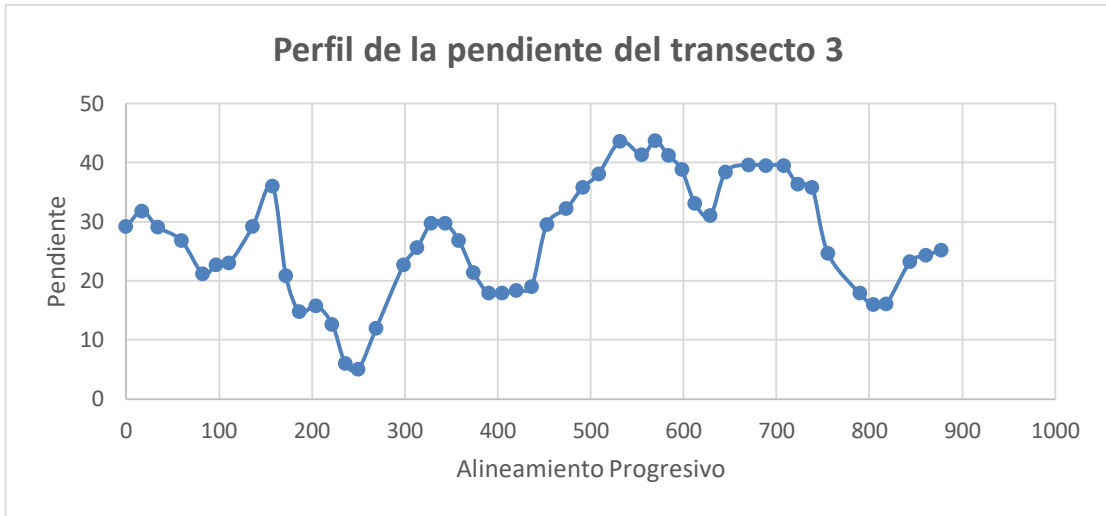


Figura: 16. “Perfil de la pendiente del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 17, se observa el perfil de pendientes del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor pendiente que existe es de 47,54% y la menor de 4,47%

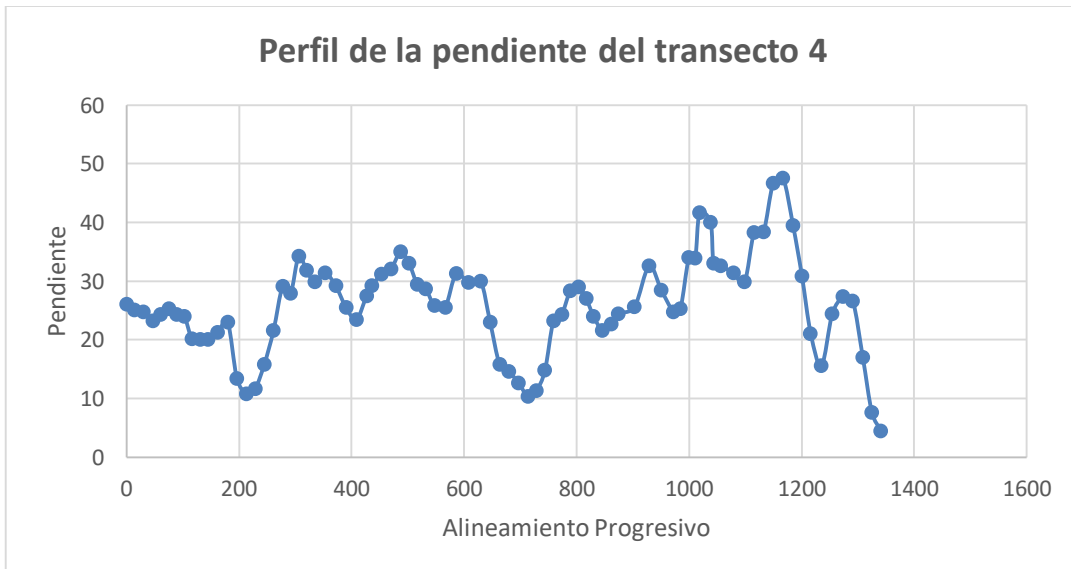


Figura: 17. “Perfil de la pendiente del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 18, se observa el perfil de pendientes del transecto 5 de la microcuenca

de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor pendiente que existe es de 31,40% y la menor de 1,41%

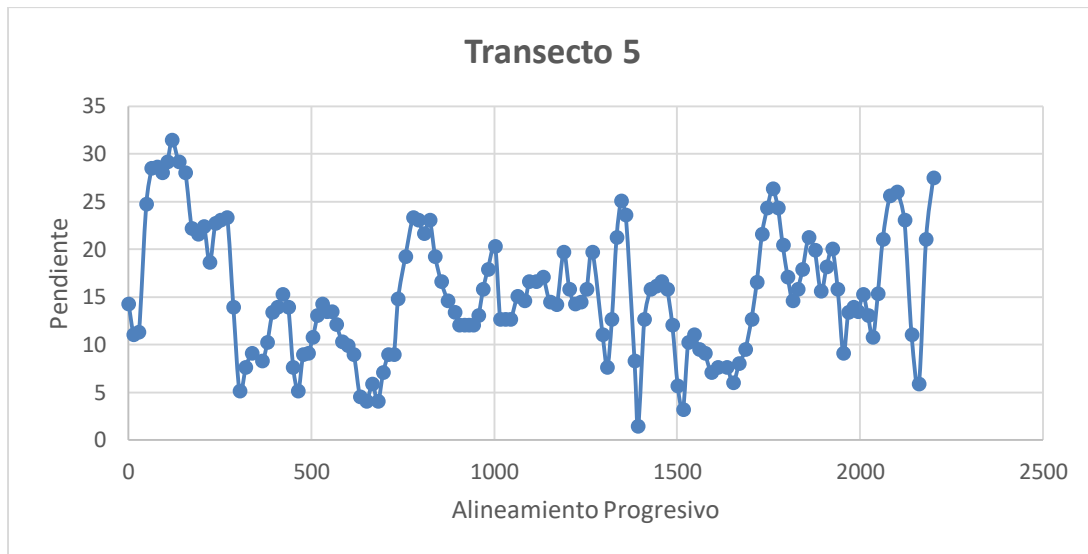


Figura: 18. “Perfil de la pendiente del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.2.2. Mapa de Pendientes

En la figura 19, se muestra el mapa de pendientes elaborado en QGIS la cual presenta una representación visual detallada de las inclinaciones del terreno a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este mapa ofrece una visión clara y precisa de las variaciones en la pendiente la cual se expresa típicamente como un ángulo o porcentaje y proporciona información sobre la empinada o la suavidad de una superficie en un punto determinado.

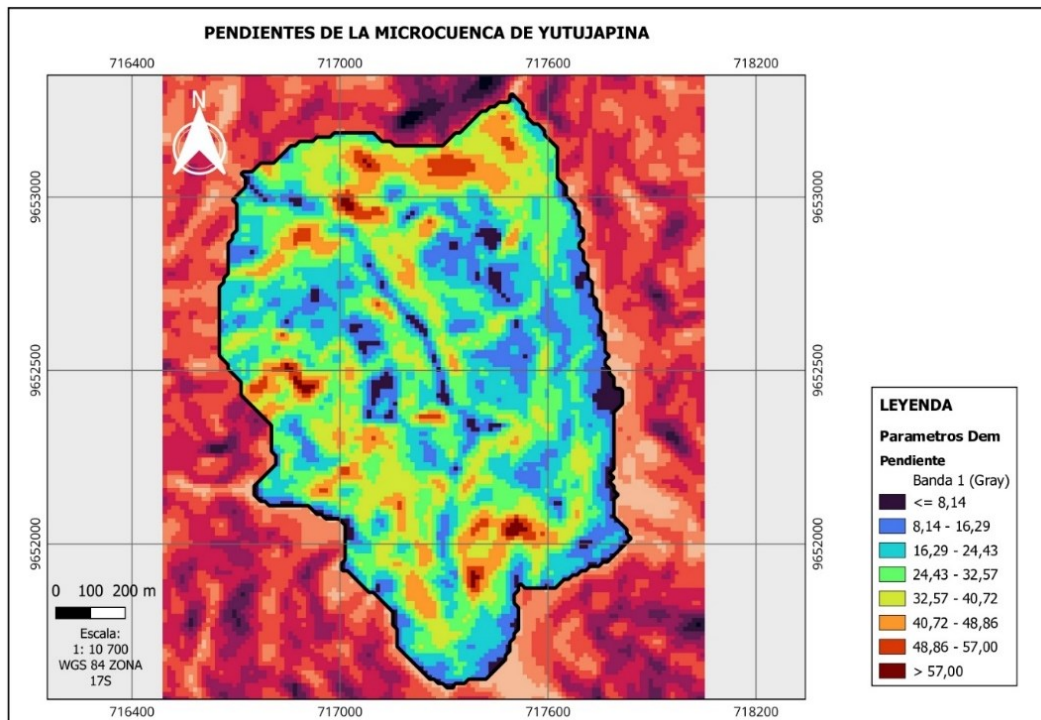


Figura: 19. “Pendientes de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yamez, 2024.

5.2.1.2.3. Histograma de pendientes

El histograma de pendientes puede proporcionar una visión clara y rápida de la distribución de las pendientes en un área específica. Esta representación gráfica permite identificar la frecuencia y el rango de valores de las pendientes presentes en el terreno. Puede ayudar a determinar si el área tiene predominantemente pendientes suaves, moderadas o empinadas, lo que es útil para comprender la topografía y la variabilidad del terreno.

El rango de pendientes varía desde 1.414% hasta 55.946%, indicando una amplia variabilidad en la inclinación del terreno, no se observa claramente un valor que destaque como moda, pero la distribución tiene varios picos, no se observan valores extremos significativos que puedan considerarse atípicos y se observan fluctuaciones en las pendientes

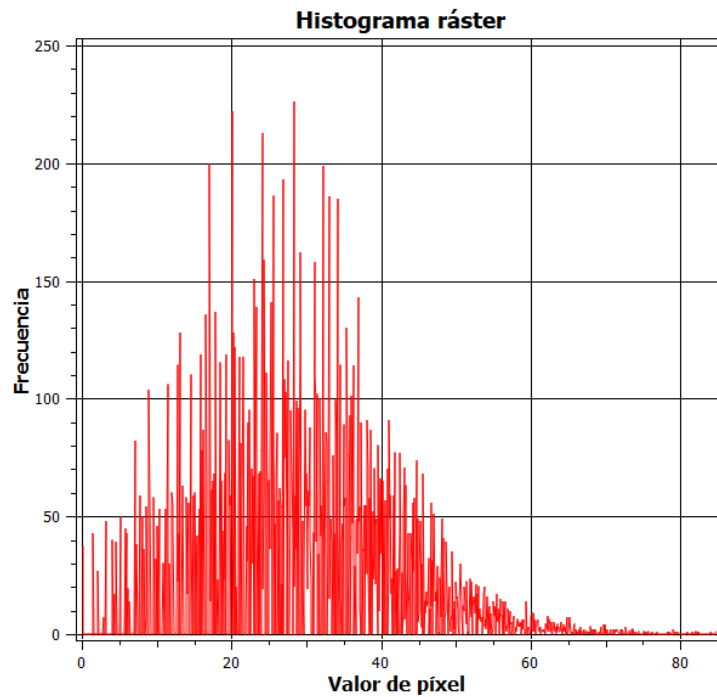


Figura: 20. “Histograma de pendientes de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.3.Aspecto (Asp)

A continuación, se presenta una tabla que detalla las características del aspecto la cual se refiere a la dirección hacia la cual una pendiente está orientada en una superficie topográfica y se mide en grados desde el norte en sentido horario, es decir, en una escala de 0 a 360 grados, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Aspecto	°	0	358,99	358,99	175,30	111,00

Tabla 4. “Características del aspecto”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.3.1. Perfiles de Aspecto

Los perfiles del aspecto detallan la variación visual de las características topográficas a lo largo de los distintos transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estas representaciones

gráficas ofrecen una visión detallada y visualmente enriquecida de las complejidades topográficas a lo largo de los recorridos. Constituyen una herramienta invaluable para comprender con mayor precisión la configuración del terreno, permitiendo apreciar la variabilidad de los aspectos topográficos en toda la región estudiada.

En la figura 21, se observa el perfil de los aspectos del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor orientación es de 348,69 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Norte y la menor orientación es de 33,69 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Noroeste.

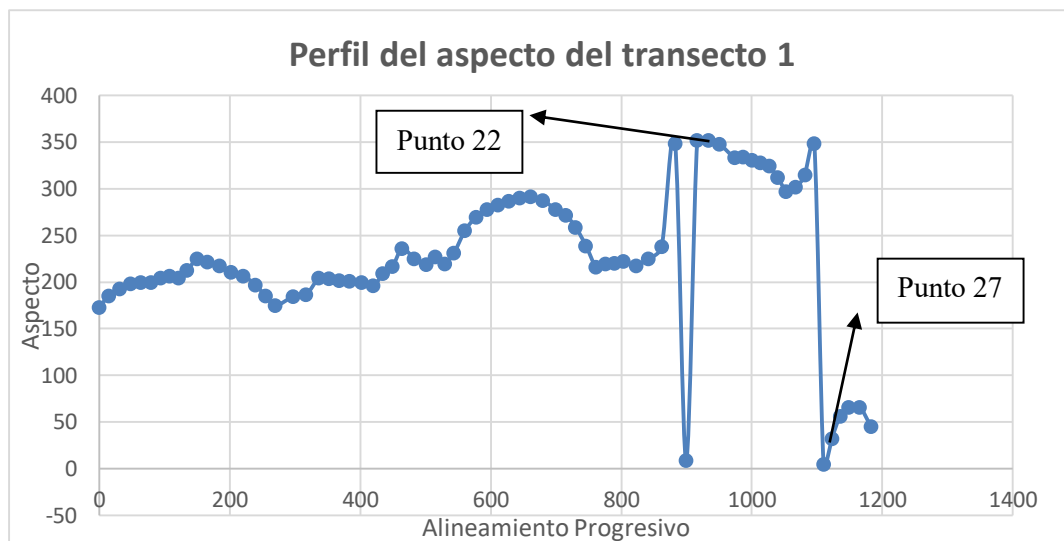


Figura: 21. “Perfil del aspecto del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca la máxima orientación registrada en el punto 22 del transecto 1 y la mínima orientación registrada en el punto 27 del transecto 1.



Ilustración 3. “Aspecto máximo y mínimo en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 100 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 27. B) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22.

En la figura 22, se observa el perfil de los aspectos del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor orientación es de 356,99 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Norte y la menor orientación es de 0 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Noroeste.

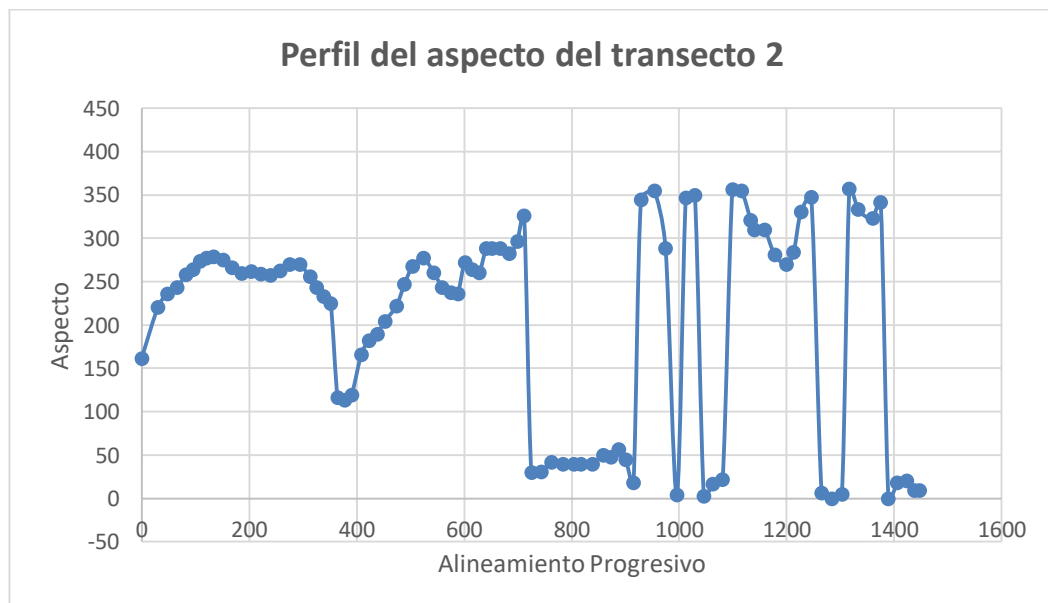


Figura: 22. “Perfil del aspecto del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez,2024.

En la figura 23, se observa el perfil de los aspectos del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor orientación es de 354,80 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Norte y la menor orientación es de 0 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Noroeste.

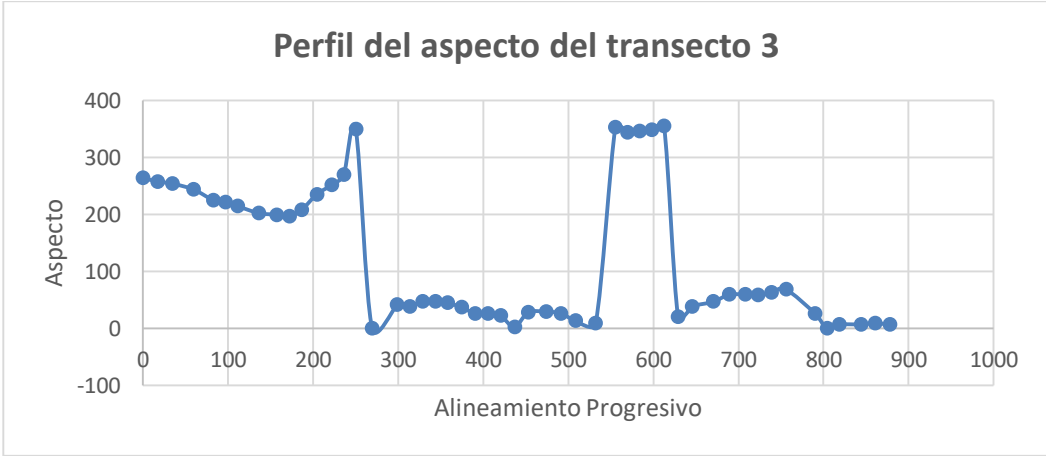


Figura: 23. “Perfil del aspecto del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 24, se observa el perfil de los aspectos del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor orientación es de 358,02 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Norte y la menor orientación es de 0 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Noroeste.

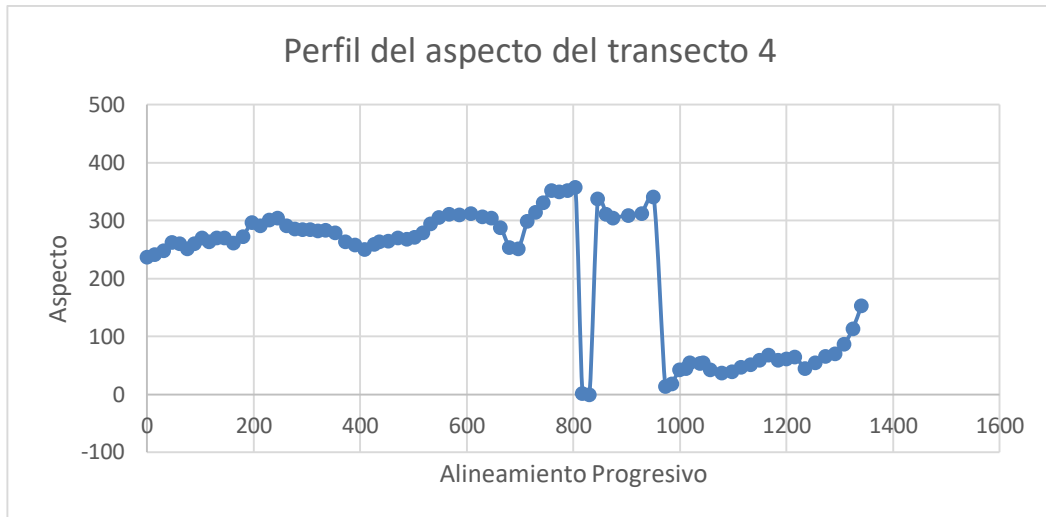


Figura: 24. “Perfil del aspecto del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 25, se observa el perfil de los aspectos del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia que la mayor orientación es de 354,80 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Norte y la menor orientación es de 0 grados lo que significa que la dirección que tiene respecto a la pendiente es al Noroeste.

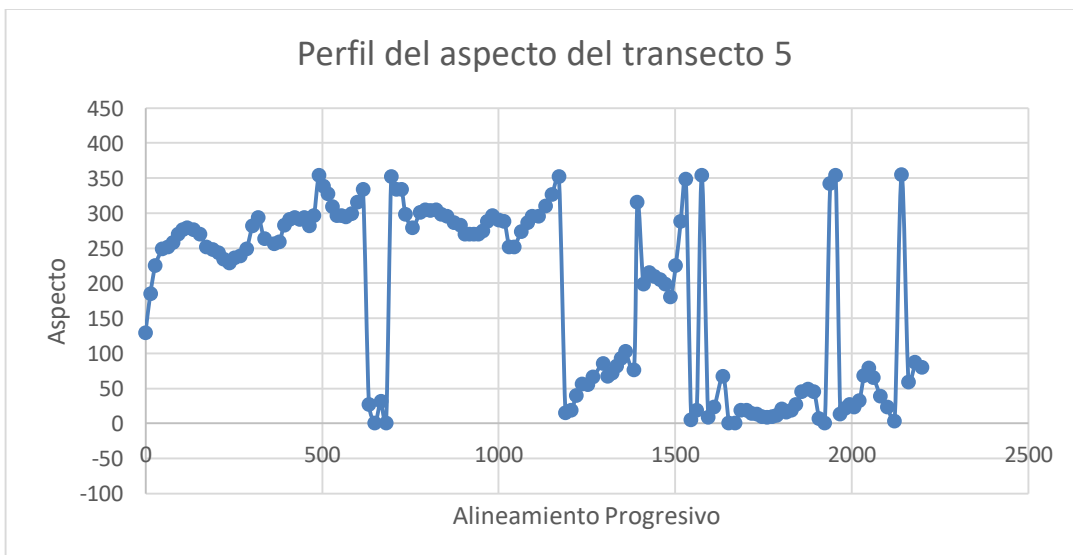


Figura: 25. “Perfil del aspecto del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.3.2. Mapa de Aspectos

Este mapa ofrece una visualización detallada de las orientaciones del terreno a lo largo de la microcuenca de Yutujapina. Esta representación cartográfica destaca las distintas direcciones hacia las cuales se inclina el relieve en cada punto del área de estudio. Estos aspectos finales contienen valores de 0 a 360 grados, que expresan la dirección de la pendiente, comenzando desde el norte (0°) y continuando en el sentido de las agujas del reloj. Por lo tanto, las direcciones quedarían de la siguiente manera: (0-44°) Norte; (45-89°) Noreste; (90-134°) Este; (135-179°) Sureste; (180-224°) Sur; (225-269°) Suroeste; (270-314°) Oeste; (315-360°) Noroeste.

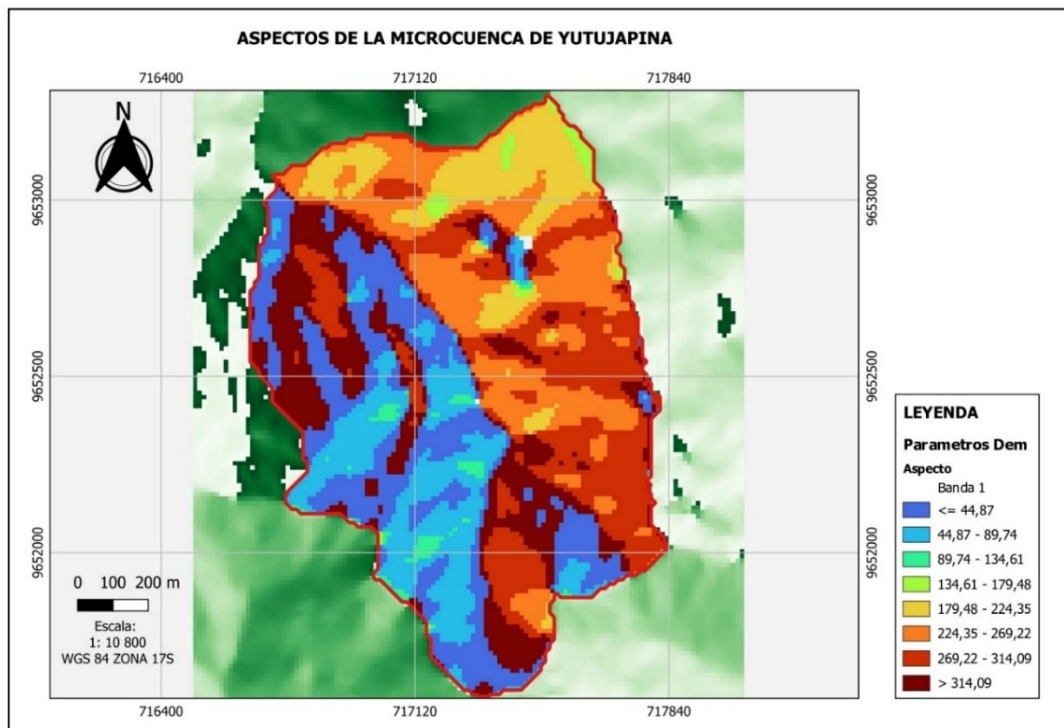


Figura: 26. “Mapa de aspectos de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.3.3. Histograma de Aspectos

El histograma de aspectos generado proporciona una representación visual de la distribución de las orientaciones del terreno a lo largo de los transectos en la microcuenca

de Yutujapina. Este histograma permite identificar patrones predominantes en las direcciones de la pendiente del terreno, mostrando la frecuencia con la que ocurren ciertos rangos de aspectos. Además, facilita la observación de cualquier sesgo o tendencia en la orientación del relieve.

El rango de aspectos varía desde 0 grados hasta 358.03 grados, indicando una amplia variabilidad en la dirección de la pendiente, la distribución tiene varios picos y se observa una amplia variación en los aspectos, lo que indica diferentes direcciones en la distribución de la pendiente.

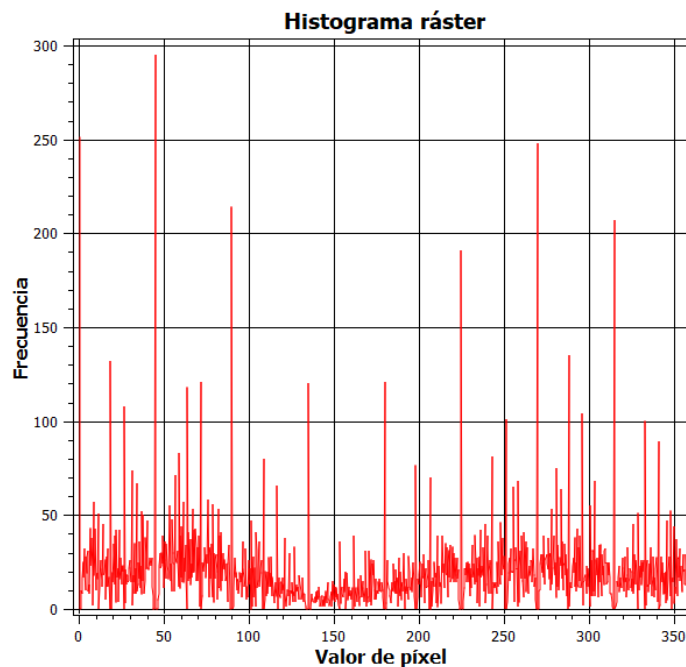


Figura: 27. “Histograma de aspectos de la microcuenca Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.4. Curvatura del perfil (ProfC)

En la tabla 5, detalla las características de la curvatura del perfil este análisis proporciona información sobre cómo la superficie del terreno cambia en términos de concavidad en caso de tener el signo negativo y convexidad en caso de tener el signo positivo, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el

valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
PROFC	1/m	-0,02749	0,2599	0,0534	7,9875	0,0047

Tabla 5. “Características de la curvatura del perfil”

Fuente: Yanez,2024.

5.2.1.4.1. Descripciones de la curvatura de perfil

Aquí se presentan las representaciones visuales de la curvatura del perfil a lo largo de los diversos transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estos gráficos brindan una visión detallada y enriquecida de las complejidades topográficas en cada ruta. Son herramientas visuales cruciales para comprender con mayor precisión la configuración del terreno, permitiéndonos apreciar la variabilidad de las curvaturas de perfil en toda la región estudiada.

En la figura 28, se observa la descripción de la curvatura de perfil, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el primer transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

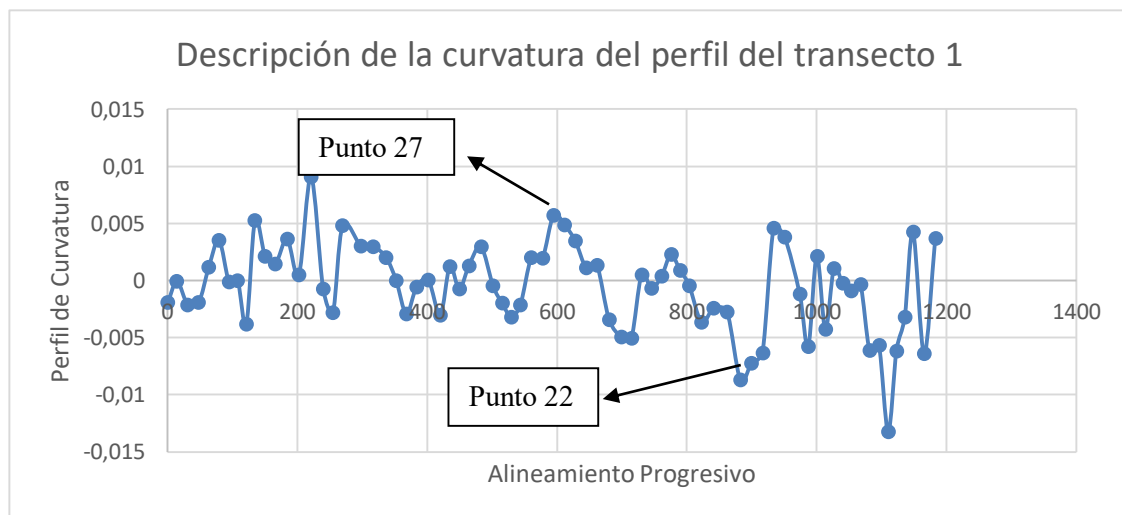


Figura 28. “Descripción de la curvatura de perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca la máxima curvatura de

perfil registrada en el punto 27 del transecto 1, con un valor de 0,005 1/m, lo que significa que es convexo paralelo a la pendiente y la mínima curvatura de perfil registrada en el punto 22 del transecto 1, con un valor de -0,008 1/m, lo que significa que es cóncavo paralelo a la pendiente.



Ilustración 4. “Descripción de curvatura máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22. B) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 100 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 27.

En la figura 29, se observa la descripción de la curvatura de perfil, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el segundo transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

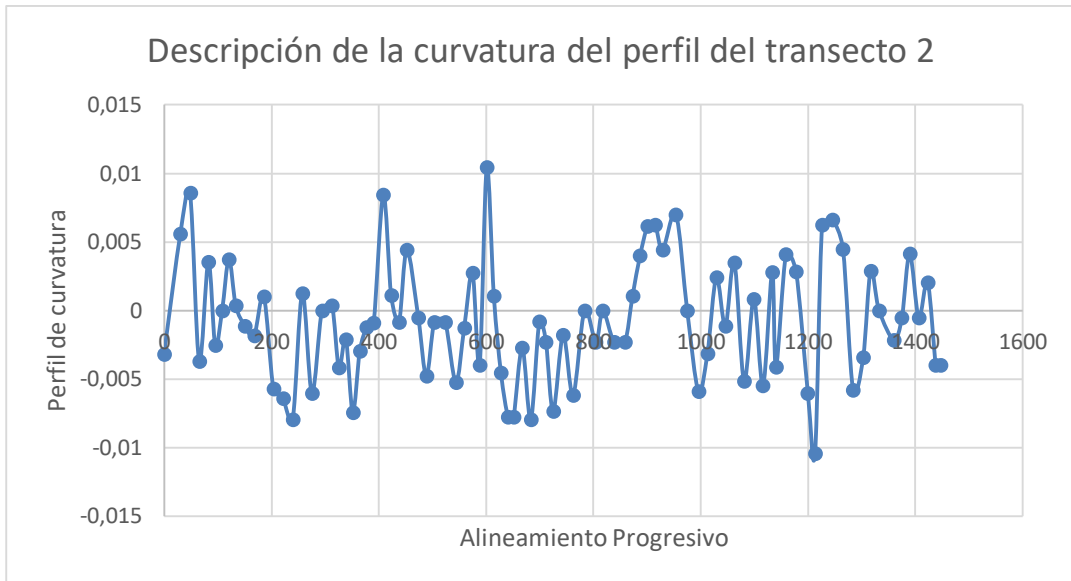


Figura: 29. “Descripción de la curvatura de perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 30, se observa la descripción de la curvatura de perfil, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el tercer transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

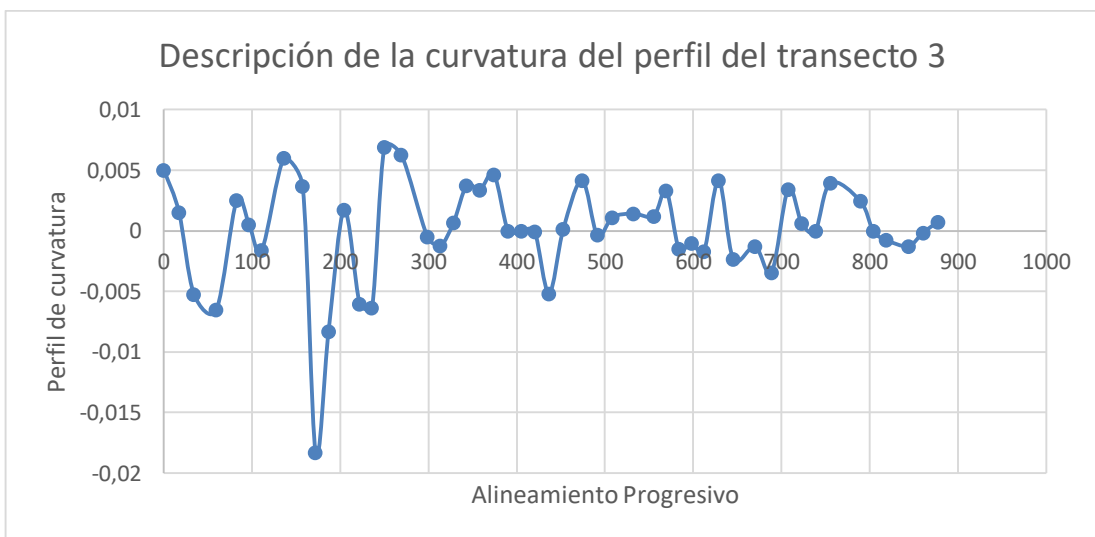


Figura: 30. “Descripción de la curvatura de perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 31, se observa la descripción de la curvatura de perfil, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el cuarto transecto a lo largo de la microcuenca de

Yutujapina.

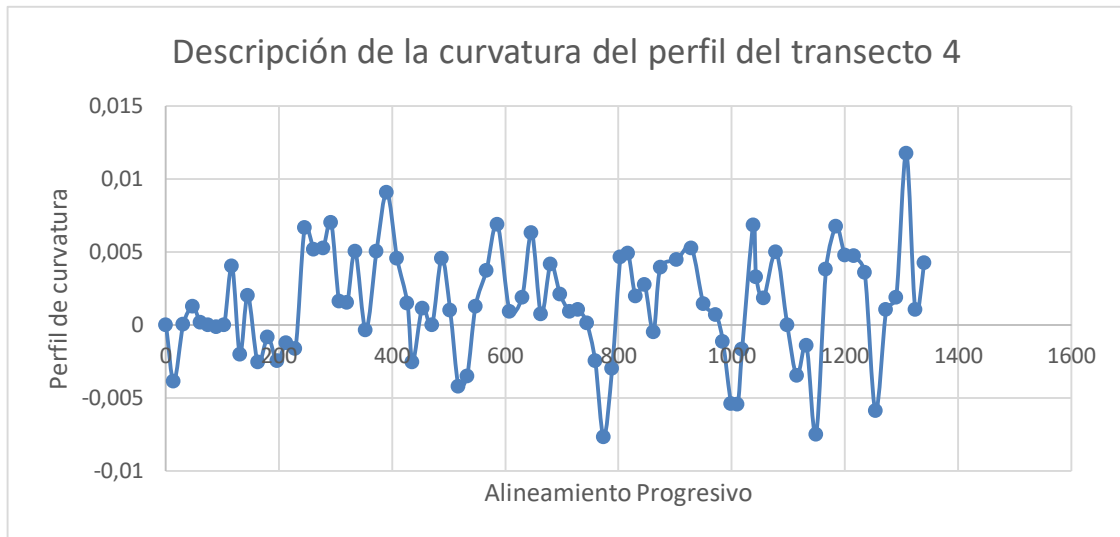


Figura: 31. “Descripción de la curvatura de perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 32, se observa la descripción de la curvatura de perfil, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el quinto transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

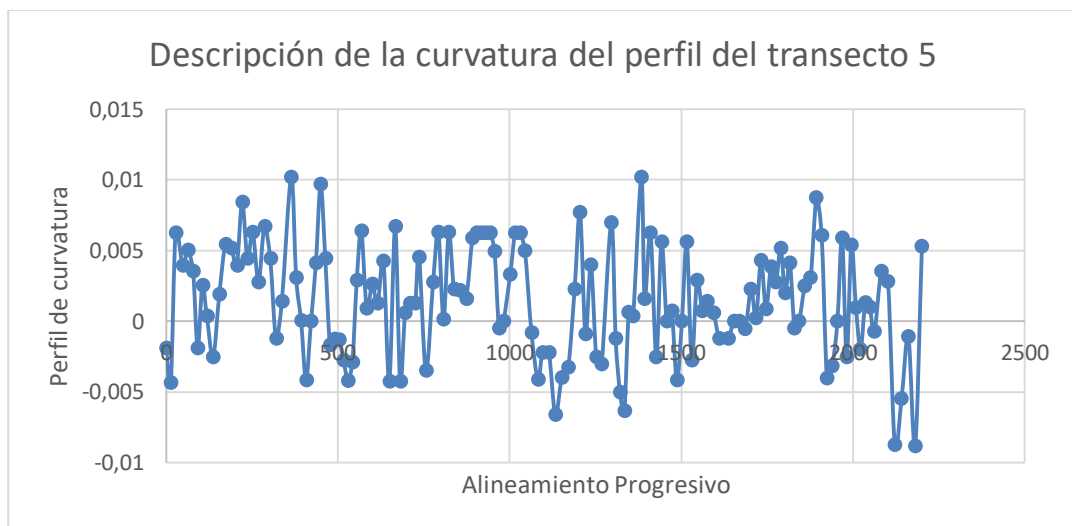


Figura: 32. “Descripción de la curvatura de perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.4.2. Mapa de curvaturas del perfil

El mapa de curvaturas de perfil creado en QGIS. El perfil de curvatura es paralelo a

la dirección de la pendiente máxima. Un valor negativo indica que la superficie es cóncava hacia arriba en esa celda. Un perfil positivo indica que la superficie es convexa hacia arriba en esa celda. Un valor de cero indica que la superficie es lineal. La curvatura del perfil afecta la aceleración o desaceleración del flujo a través de la superficie. proporciona una representación gráfica detallada de las variaciones en las formas del terreno a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina.

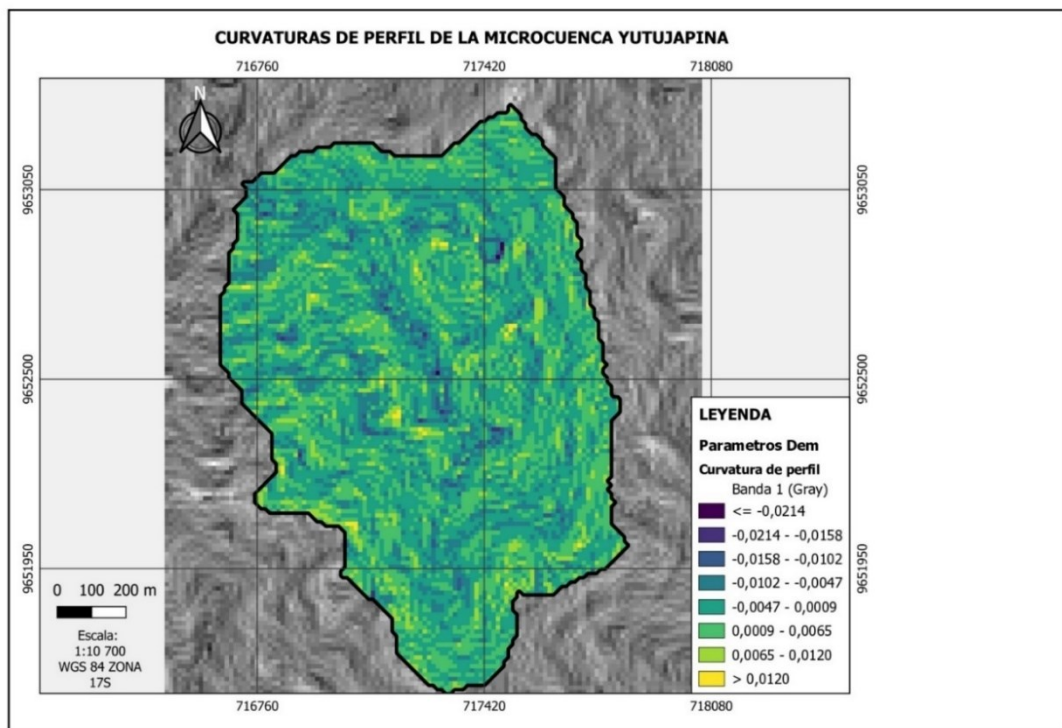


Figura: 33. “Curvaturas de perfil de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.4.3. Histograma de la curvatura de perfil

El histograma de curvatura de perfil ofrece una visualización de la distribución de las curvaturas a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este tipo de gráfico permite comprender la variabilidad de las formas del terreno en términos de concavidad y convexidad.

La curvatura de perfil varía desde aproximadamente -0.0116 hasta 0.0117, lo que

indica una variabilidad moderada en la curvatura, no se observa claramente un valor que destaque como moda, pero la distribución varios picos, la presencia de valores negativos y positivos sugiere una posible asimetría en la distribución y Se observa fluctuación en la curvatura, y la presencia de valores a 0 indica áreas relativamente planas en el perfil.

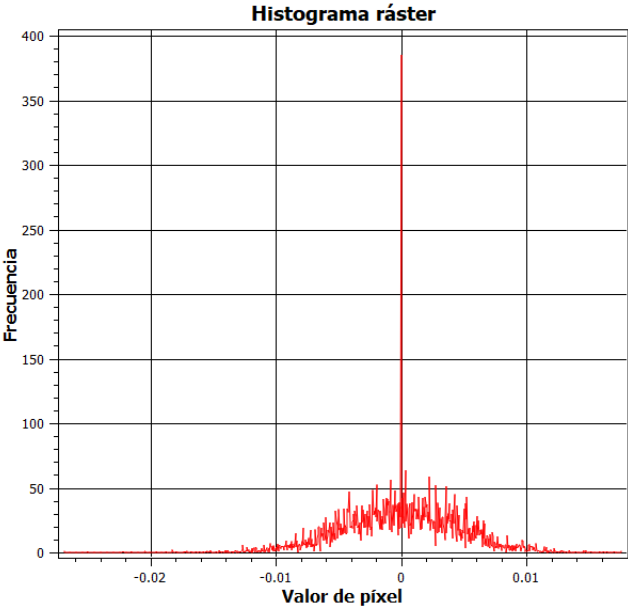


Figura: 34. “Histograma de curvaturas de perfil de la microcuena Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.5. Curvatura tangencial (TANG)

A continuación, se presenta una tabla que detalla las características de la curvatura tangencial este análisis proporciona información sobre cómo la superficie del terreno cambia en términos de concavidad en caso de tener el signo negativo y convexidad en caso de tener el signo positivo, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
TANG	1/m	-0,02548	0,0253	0,0508	-1,3939	0,0054

Tabla 6. “Características de la curvatura tangencial”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.5.1. Perfiles de la curvatura tangencial

Aquí se presentan los perfiles tangenciales a lo largo de los diversos transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estos gráficos ofrecen una visión detallada y enriquecida de las complejidades topográficas en cada ruta específica. Son herramientas visuales esenciales que ayudan a comprender con mayor precisión la configuración del terreno y a apreciar la variabilidad de las curvaturas tangenciales en toda la región estudiada.

En la figura 35, se observa el perfil de la curvatura tangencial, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el primer transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

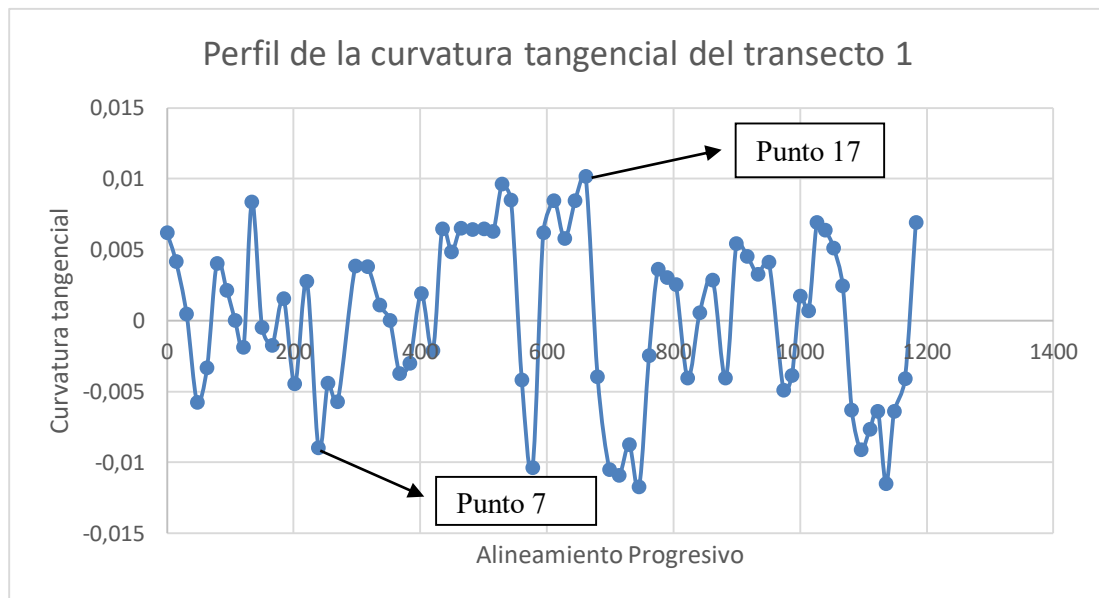


Figura: 35. “Perfil de la curvatura tangencial del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca la máxima curvatura tangencial registrada en el punto 17 del transecto 1, con un valor de 0,010 1/m, lo que significa que es cóncavo perpendicular a la pendiente de y la mínima curvatura tangencial registrada en el punto 7 del transecto 1, con un valor de -0,009 1/m, lo que significa que es convexo perpendicular a la pendiente.



Ilustración 5. “Curvatura tangencial máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 25 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 17. B) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 7 de 55 cm de espesor utilizando la vía de acceso.

En la figura 36, se observa el perfil de la curvatura tangencial, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el segundo transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

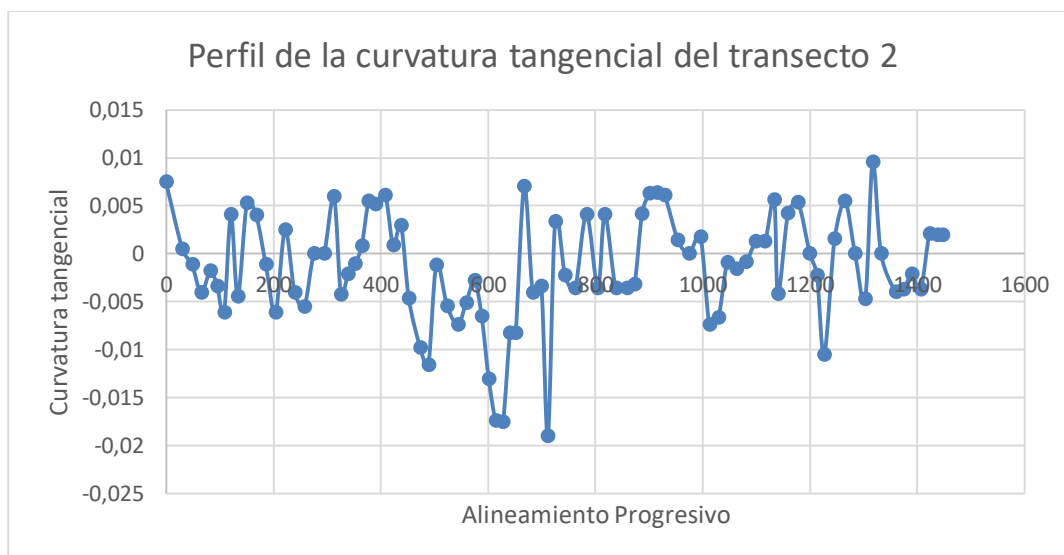


Figura: 36. “Perfil de la curvatura tangencial del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 37, se observa el perfil de la curvatura tangencial, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el tercer transecto a lo largo de la microcuenca de

Yutujapina.

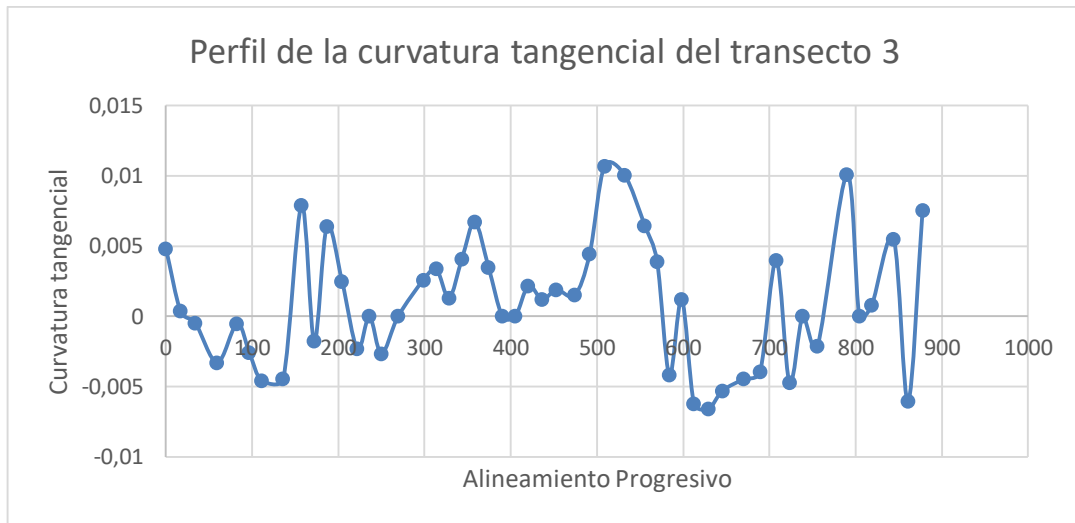


Figura: 37. “Perfil de la curvatura tangencial del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 38, se observa el perfil de la curvatura tangencial, donde se evidencia la concavidad y la convexidad que tiene el cuarto transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

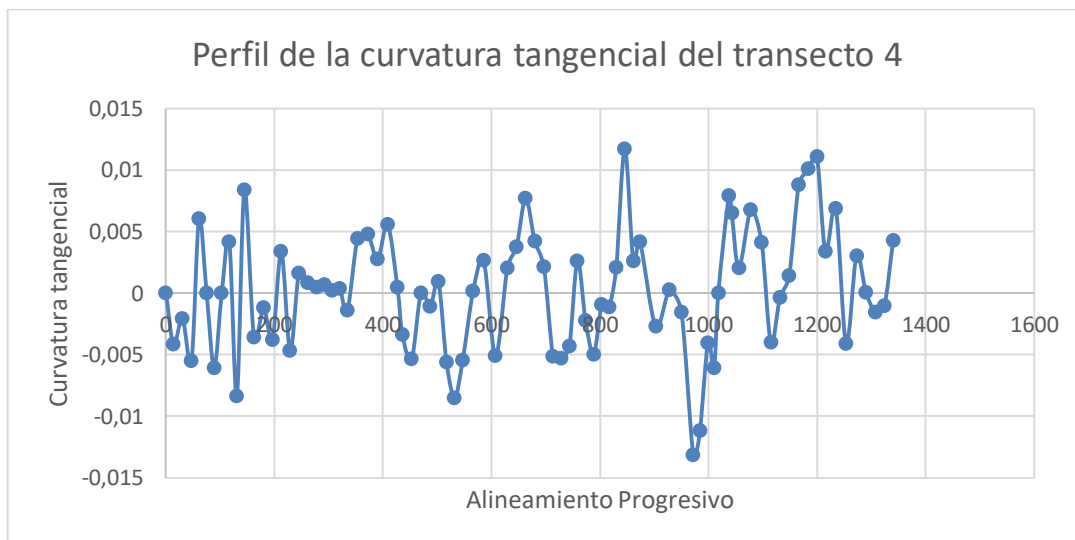


Figura: 38. “Perfil de la curvatura tangencial del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 39, se observa el perfil de la curvatura tangencial, donde se evidencia la

concauidad y la convexidad que tiene el quinto transecto a lo largo de la microcuenca de Yutujapina.

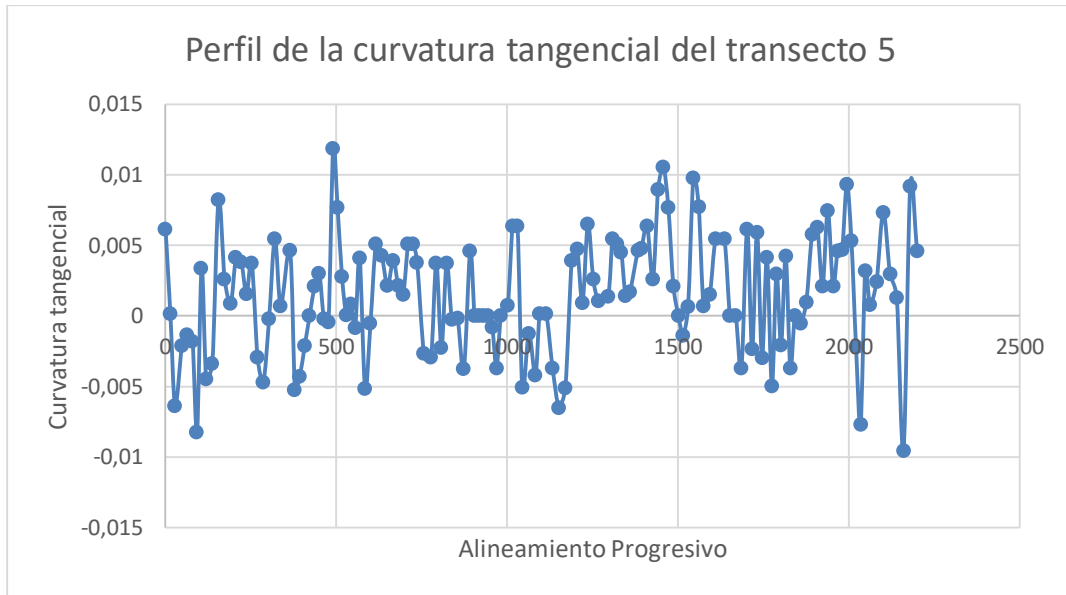


Figura: 39. “Perfil de la curvatura tangencial del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.5.2. Mapa de curvaturas tangenciales

El mapa de curvaturas tangenciales creado en QGIS. La curvatura tangencial (comúnmente llamada curvatura en planta) es perpendicular a la dirección de la pendiente máxima. Un valor positivo indica que la superficie es lateralmente convexa en esa celda. Un plano negativo indica que la superficie es cóncava lateralmente en esa celda. Un valor de cero indica que la superficie es lineal. Este mapa proporciona una representación visual detallada de las variaciones en las formas del terreno a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina.

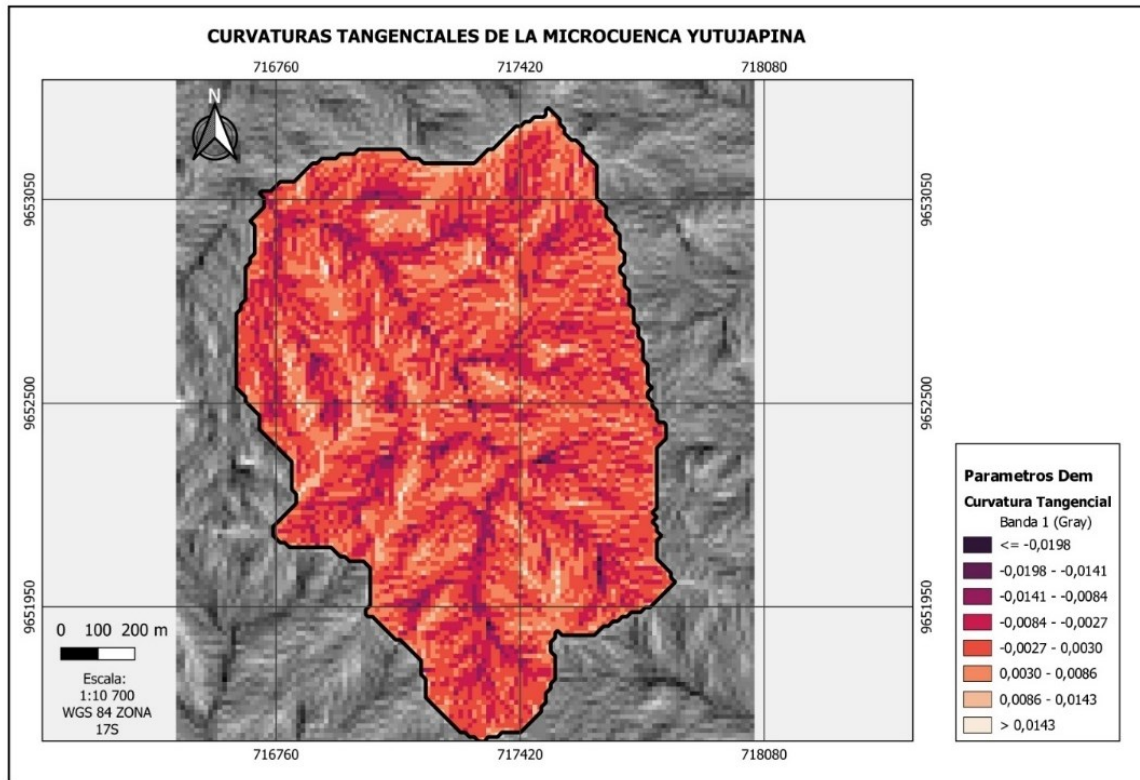


Figura: 40. “Curvaturas Tangenciales de la microcuenca de Yutujapina”
 Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.5.3. Histograma de curvatura tangencial

El histograma de curvatura tangencial ofrece una representación gráfica de la distribución de las curvaturas tangenciales a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina.

La curvatura tangencial varía desde aproximadamente -0.0132 hasta 0.0129, lo que indica una variabilidad moderada en la curvatura, no se observa claramente un valor que destaque como moda, pero la distribución parece tener varios picos y se observa fluctuación en la curvatura, y la presencia de valores a 0 indica áreas relativamente planas en el perfil.

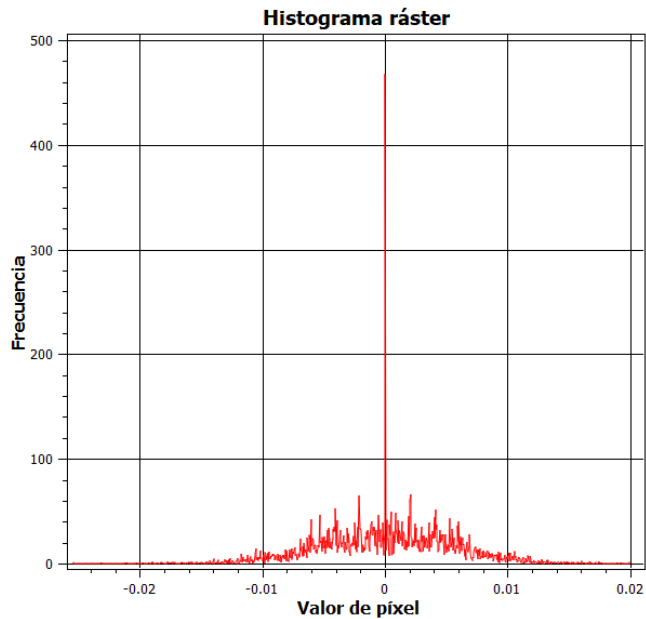


Figura: 41. “Histograma de curvaturas tangenciales en la microcuena Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.6. Relieve Sombreado (Somb)

En la tabla 7, detalla las características del relieve sombreado o mapa de sombras la cual crea un relieve con sombras especificando la posición del sol a partir de su azimut o ángulo horizontal y su elevación a partir del ángulo vertical, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Somb	-	56	254	198	178,0190	34,9170

Tabla 7. “Características del relieve sombreado”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.6.1. Perfiles del relieve sombreado

Aquí se exhiben los perfiles de relieve sombreado a lo largo de los distintos transectos en la microcuena de Yutujapina. Estos gráficos ofrecen una visualización detallada y enriquecida de las complejidades topográficas específicas de cada trayecto.

Constituyen herramientas visuales cruciales para comprender con mayor precisión la configuración del terreno y apreciar la variabilidad de los relieves sombreados en toda la región bajo estudio.

En la figura 42, se observa el perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el relieve sombreado que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

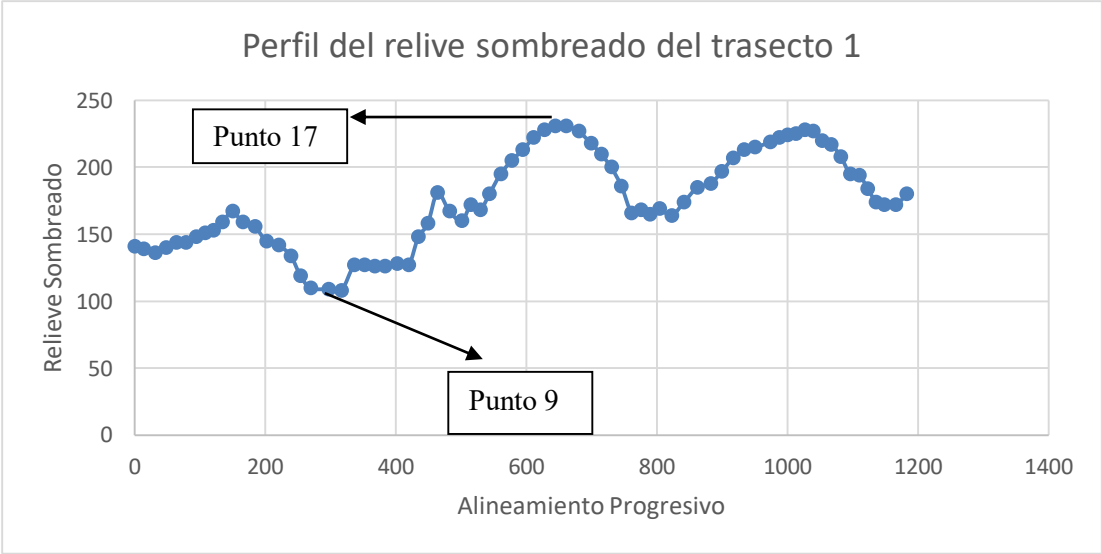


Figura: 42. “Perfil del relieve sombreado del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca el máximo relieve sombreado registrada en el punto 17 del transecto 1, con un valor de 231, lo que significa que hay sol completo, y el mínimo relieve sombreado registrada en el punto 9 del transecto 1, con un valor de 109, lo que significa que hay luz parcial.

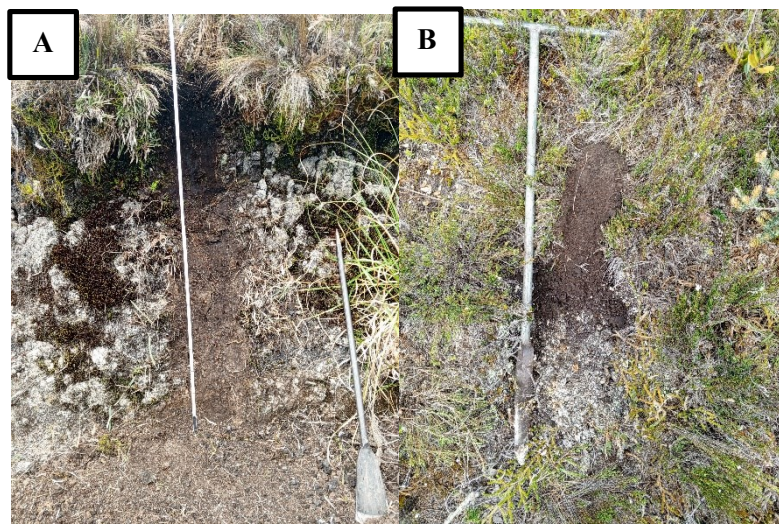


Ilustración 6. “Relieve sombreado máximo y mínimo en el perfil del transecto 1”. A) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 9 de 60 cm de espesor utilizando la vía de acceso. B) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 25 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 17.

En la figura 43, se observa el perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el relieve sombreado que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

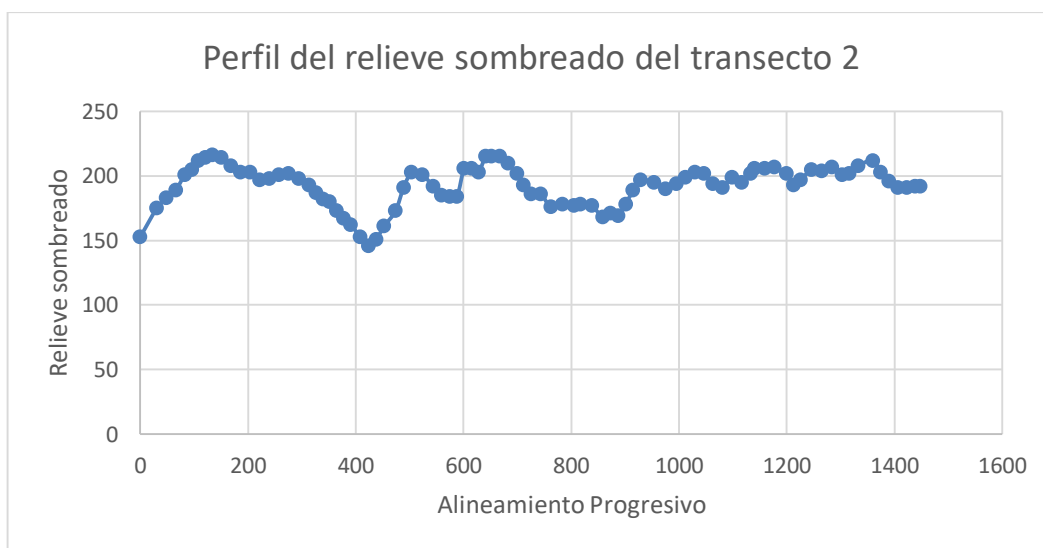


Figura: 43. “Perfil del relieve sombreado del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 44, se observa el perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el relieve sombreado que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

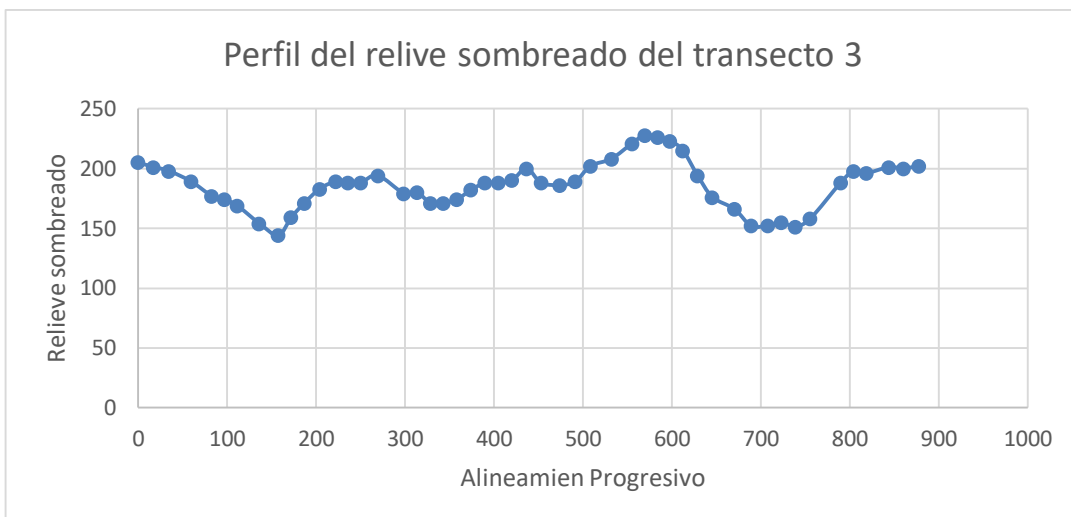


Figura: 44. “Perfil del relieve sombreado del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 45, se observa el perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el relieve sombreado que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

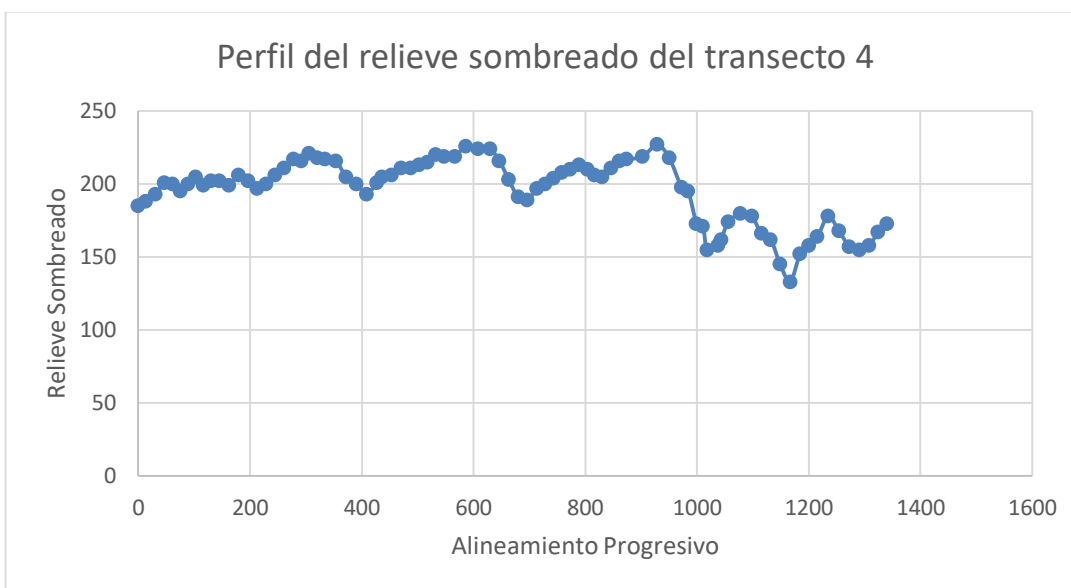


Figura: 45. “Perfil del relieve sombreado del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 46, se observa el perfil del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el relieve sombreado que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

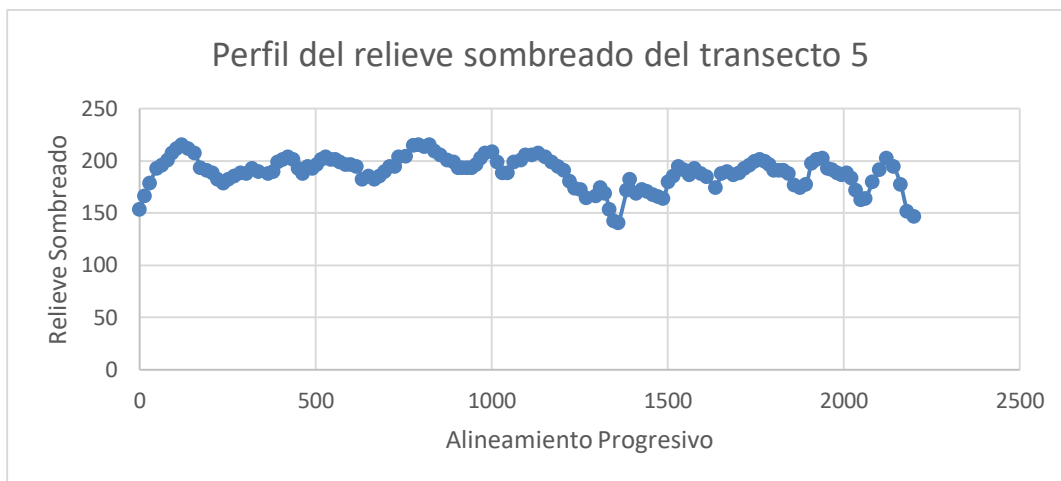


Figura: 46. “Perfil del relieve sombreado del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.6.2. Mapa de relieves de sombras

En la figura 47, se observa el mapa de relieve de sombras elaborado en QGIS. El relieve de sombras contiene valores desde 0 (sombra completa) hasta 255 (sol completo). El sombreado se utiliza normalmente para comprender mejor el relieve del área presente. Por lo tanto con los datos obtenidos se puede expresar de la siguiente manera: (0-63) Sombra completa; (64-127) Luz parcial; (128-191) luz intensa; (192-255) sol completo.

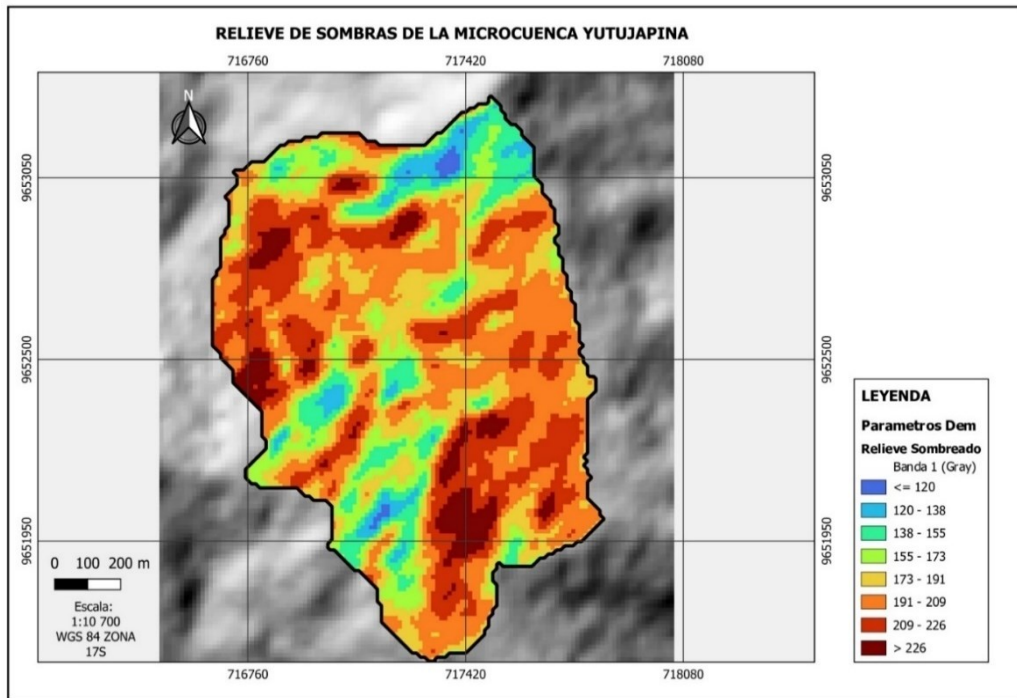


Figura: 47. “Mapa del relieve de sombras de la microcuenca Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.6.3. Histograma de relieve de sombreado

El histograma del relieve sombreado o mapa de sombras ofrece una representación visual de la distribución de las altitudes en función de las sombras proyectadas en la microcuenca de Yutujapina. Este tipo de gráfico proporciona información detallada sobre la variabilidad de los relieves sombreados en diferentes áreas del terreno.

La distribución de sombras varía desde aproximadamente 110 hasta 231, indicando una variabilidad considerable en la cantidad de sombras, la distribución parece ser relativamente simétrica, ya que no hay una inclinación clara hacia un lado y no se observan valores extremos significativos que puedan considerarse atípicos.

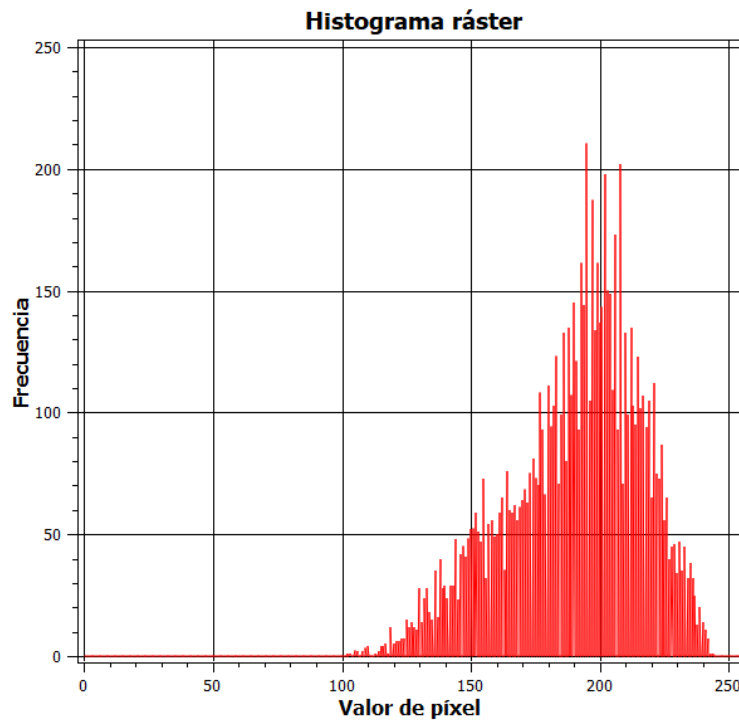


Figura: 48. “Histograma de relieves sombreados de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.7. Irregularidad del terreno (Irreg)

En la tabla 8, detalla las características de la irregularidad del terreno la cual expresa lo escarpado del relieve, caracterizando la complejidad de esta, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Irreg	m	0	30	30	9,4010	3,9950

Tabla 8. “Características de la irregularidad del terreno”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.7.1. Perfiles de la irregularidad del terreno

A continuación, se muestran los perfiles que muestran la irregularidad del terreno a lo largo de los distintos transectos en la microcuenca de Yutujapina ofrecen una visualización detallada y enriquecida de las complejidades topográficas específicas de cada

trayecto. Estos gráficos representan una herramienta visual fundamental para obtener una comprensión más precisa de la configuración del terreno, permitiéndonos apreciar la variabilidad de las irregularidades en toda la región estudiada.

En la figura 49, se observa el perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia las irregularidades del terreno que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

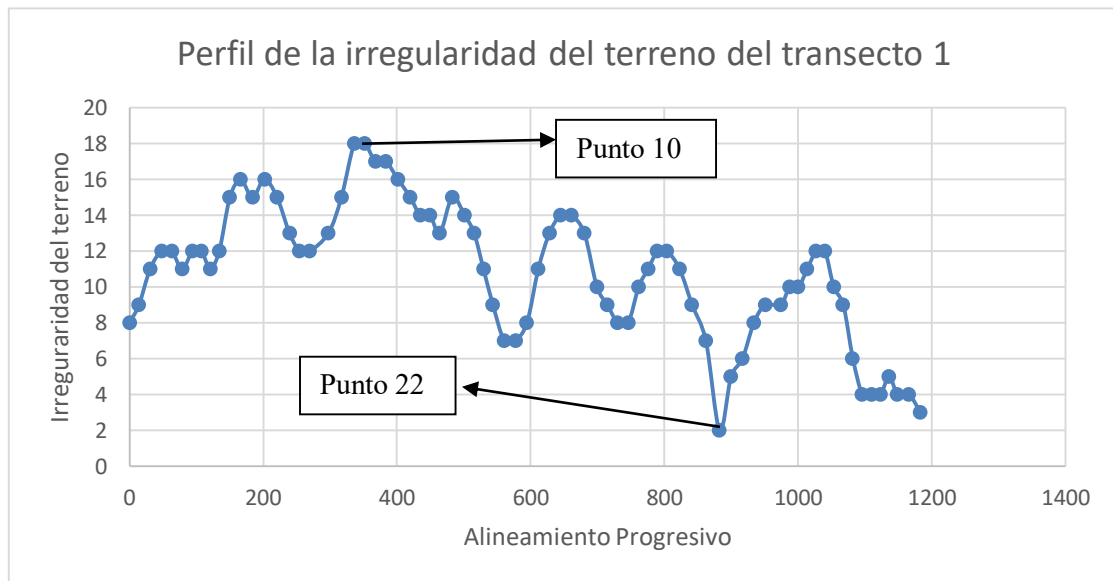


Figura: 49. “Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca el máximo valor de la irregularidad del terreno registrada en el punto 10 del transecto 1, con un valor de 18m, lo que significa que esta nivelado, y un valor mínimo de irregularidad del terreno registrada en el punto 22 del transecto 1, con un valor de 2m, lo que significa que esta nivelado.

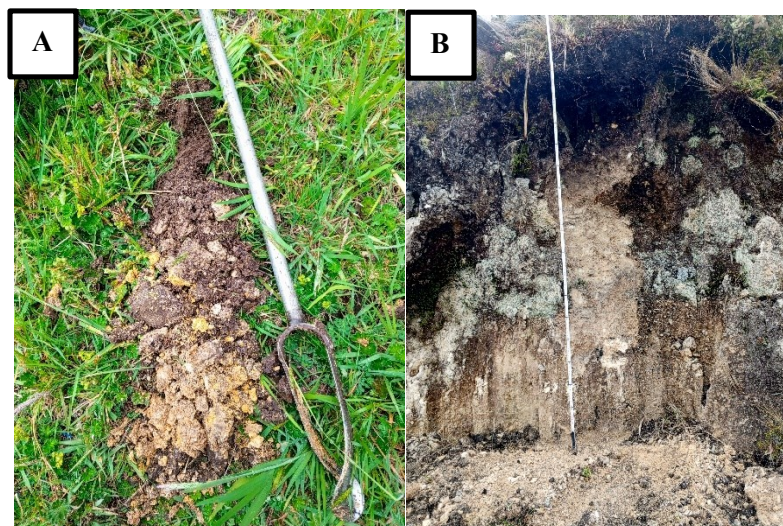


Ilustración 7. “Irregularidad del terreno máximo y mínimo en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22. B) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 10 de 35 cm de espesor utilizando la vía de acceso.

En la figura 50, se observa el perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la irregularidad del terreno que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

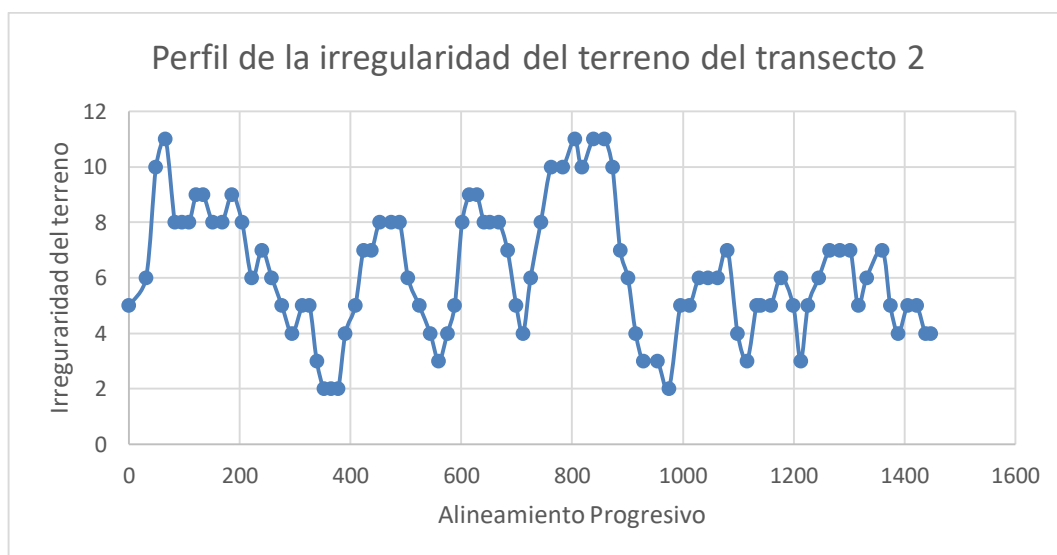


Figura: 50. “Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 51, se observa el perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la irregularidad del terreno que tiene la microcuenca a lo largo del

transecto.

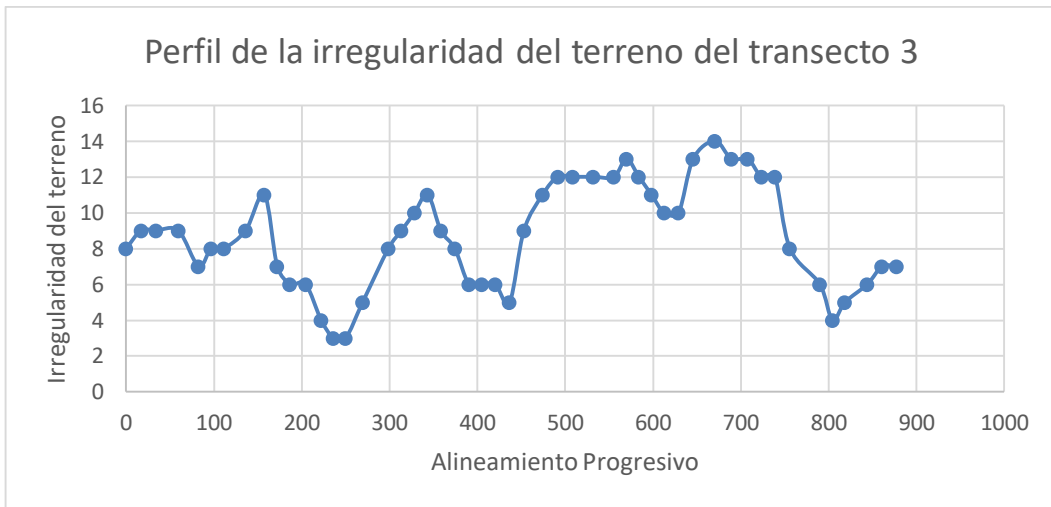


Figura: 51. “Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 52, se observa el perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la irregularidad del terreno que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

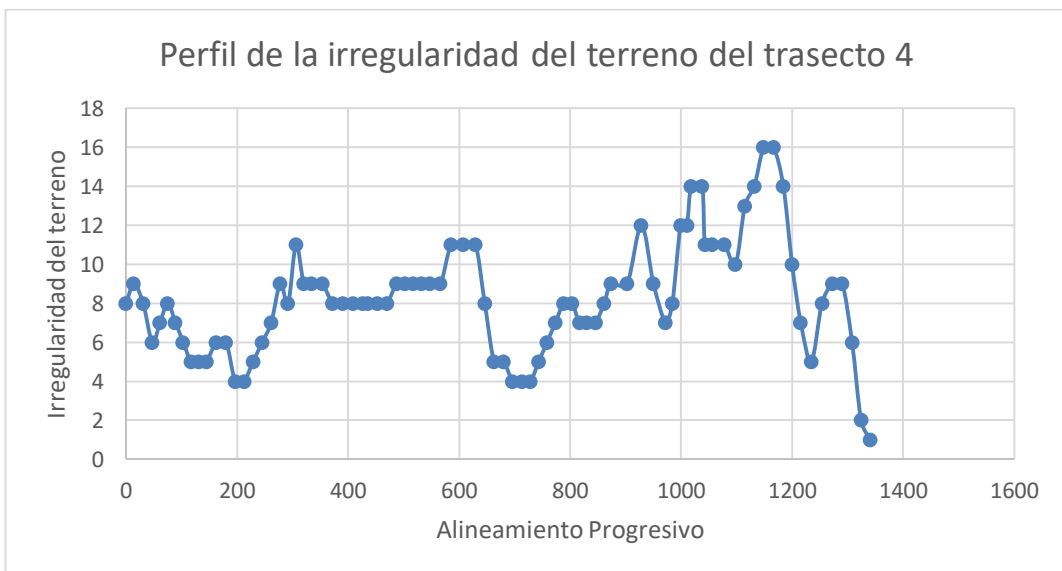


Figura: 52. “Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 53, se observa el perfil del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina,

donde se evidencia la irregularidad del terreno que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

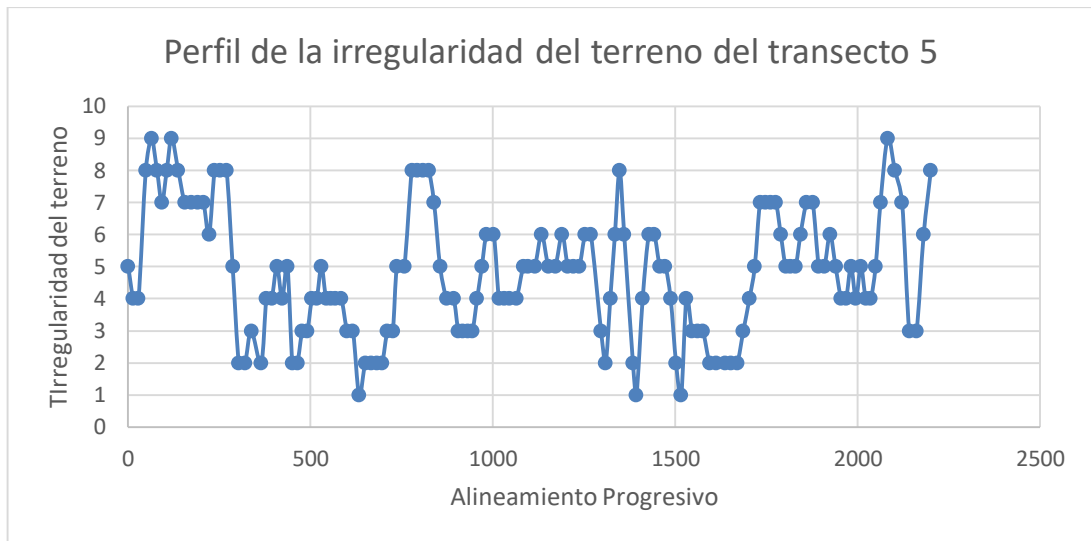


Figura: 53. “Perfil de la irregularidad del terreno del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.7.2. Mapa de irregularidades del terreno

El mapa de irregularidades del terreno, confeccionado en QGIS. Las irregularidades del terreno calculan la medición cuantitativa de la heterogeneidad del terreno descrita por Riley et al. (1999). Se calcula para cada ubicación, resumiendo el cambio de elevación dentro de la cuadrícula de 3x3 píxeles. Este mapa destaca las áreas donde se presentan alteraciones en la regularidad del terreno, ofreciendo una visión clara de las características topográficas específicas de cada trayecto. Por lo tanto con los datos obtenidos se puede expresar de la siguiente manera: (0-80m) nivelado; (81-166) casi nivelado.

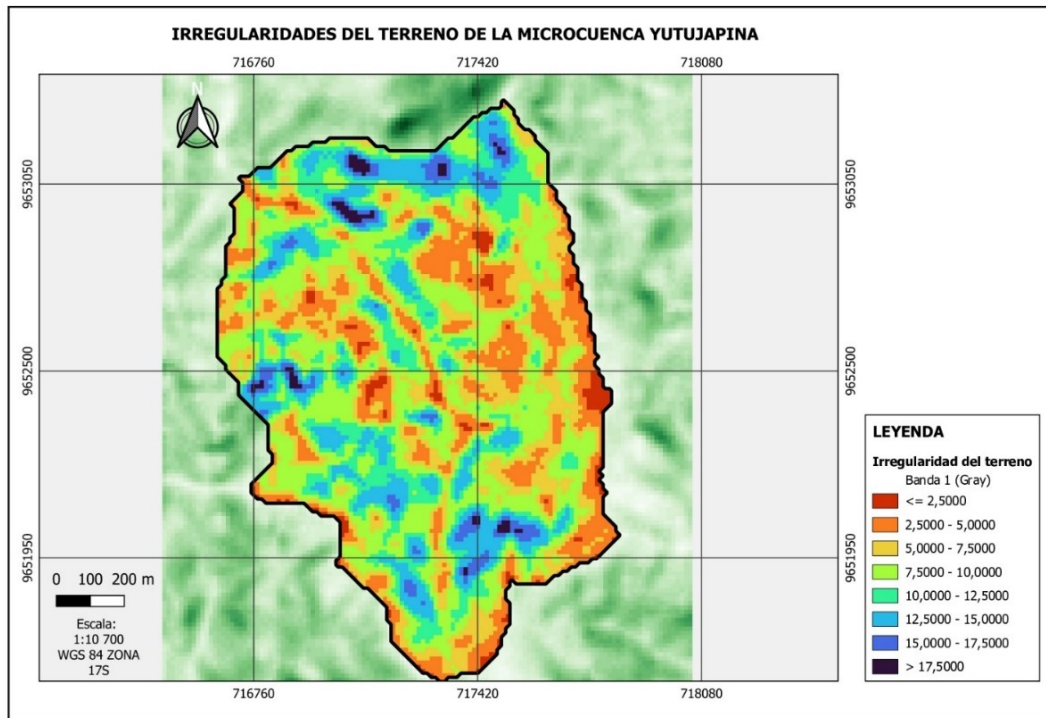


Figura 54. “Irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.1.7.3. Histograma de irregularidad del terreno

El histograma de irregularidad del terreno ofrece una visualización gráfica de la distribución de las irregularidades a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este tipo de gráfico proporciona información detallada sobre la variabilidad de las irregularidades en diferentes áreas del terreno.

La distribución de irregularidades varía desde aproximadamente 1 hasta 18, indicando una variabilidad considerable en las características del terreno, La distribución parece ser relativamente simétrica, ya que no hay una inclinación clara hacia un lado y no se observan valores extremos significativos que puedan considerarse atípicos.

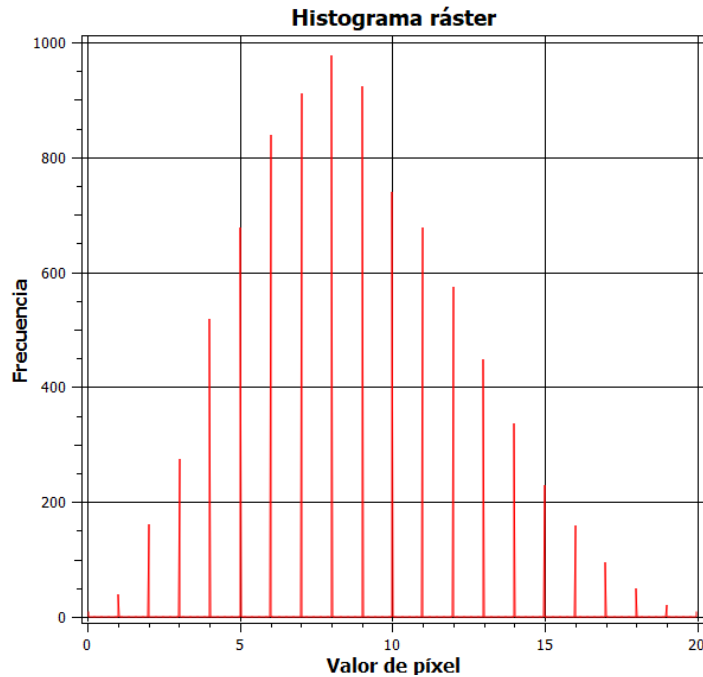


Figura: 55. “Histograma de las irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2. Atributos Secundarios

5.2.2.1. Índice de humedad (WI)

En la tabla 9, detalla las características del índice de humedad la cual ayudan a caracterizar de forma más precisa el comportamiento hidrológico de cada celda estas son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Mínimo	Máximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
WI	-	2,341	15,136	12,795	5,5460	1,6570

Tabla 9. “Características del índice de humedad”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.1.1. Perfiles del índice de humedad

A continuación, se presentan los perfiles del índice de humedad a lo largo de los diversos transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estos gráficos proporcionan una

representación visual detallada y enriquecida de las complejidades topográficas específicas de cada ruta. Son herramientas visuales fundamentales que nos permiten entender con mayor precisión la configuración del terreno, ofreciendo un panorama de la variabilidad del índice de humedad en toda la región bajo estudio.

En la figura 56, se observa el perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el índice de humedad que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

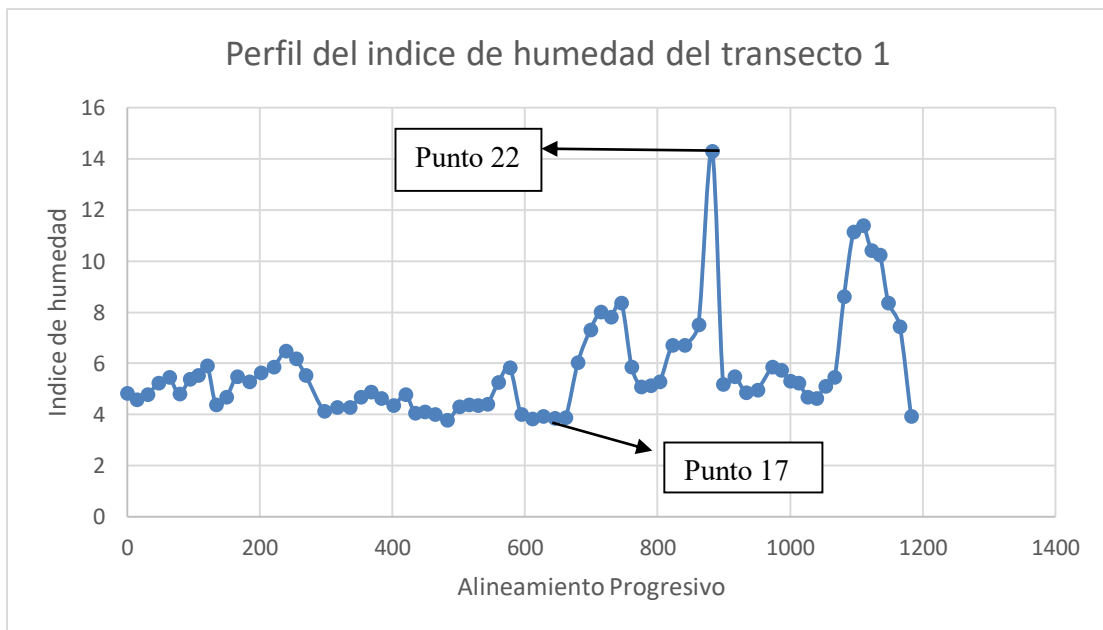


Figura: 56. “Perfil del índice de humedad del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca el máximo valor del índice de humedad registrada en el punto 22 del transecto 1, este valor es de 14,29, lo que significa que existe alta humedad en ese punto, y un valor mínimo del índice de humedad registrada en el punto 17 del transecto 1, este valor es de 3,85 lo que significa que existe poca humedad en ese punto.



Ilustración 8. “Índice de humedad máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 20 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 22. B) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 25 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 17.

En la figura 57, se observa el perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el índice de humedad que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

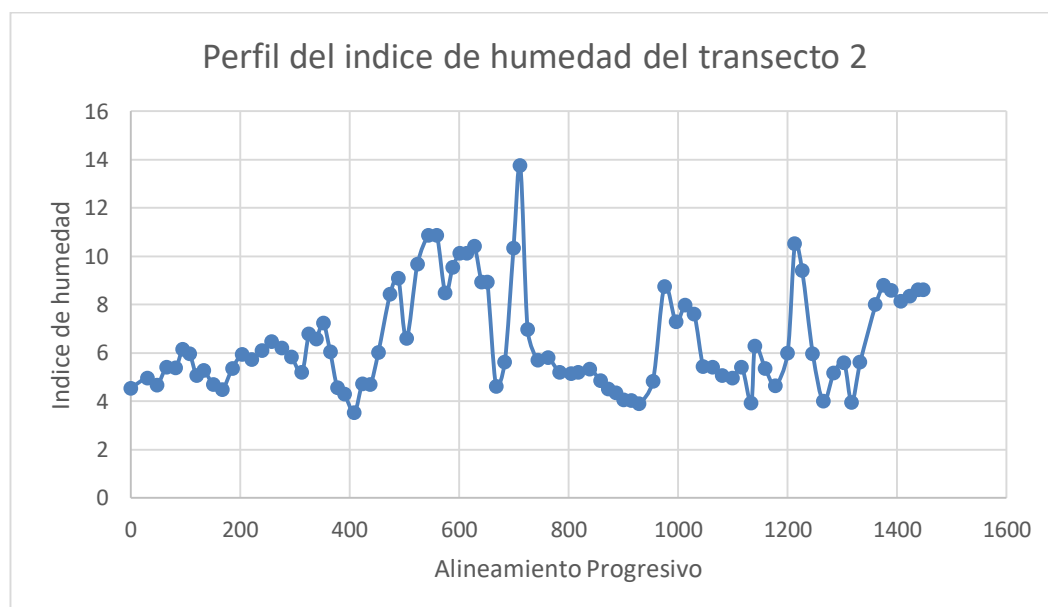


Figura: 57. “Perfil del índice de humedad del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 58, se observa el perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el índice de humedad que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

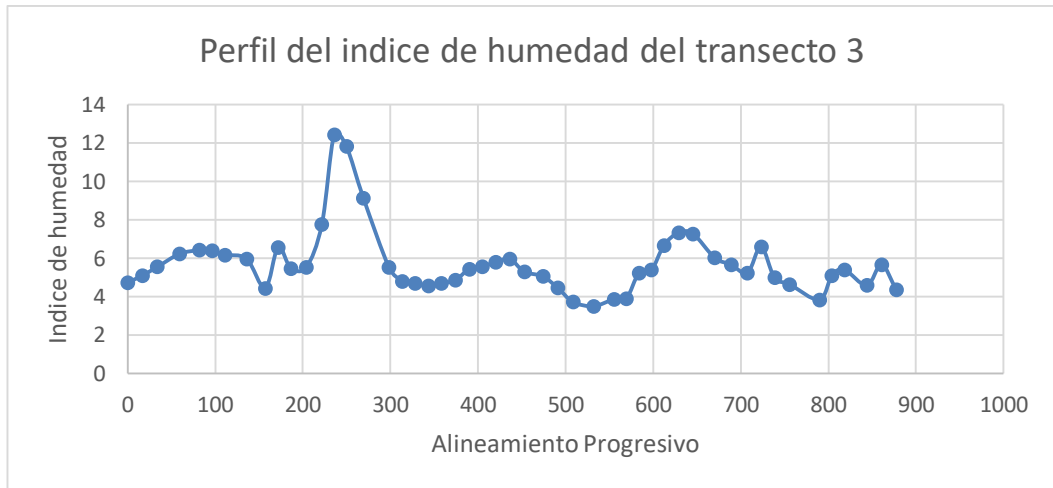


Figura: 58. “Perfil del índice de humedad del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 59, se observa el perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el índice de humedad que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

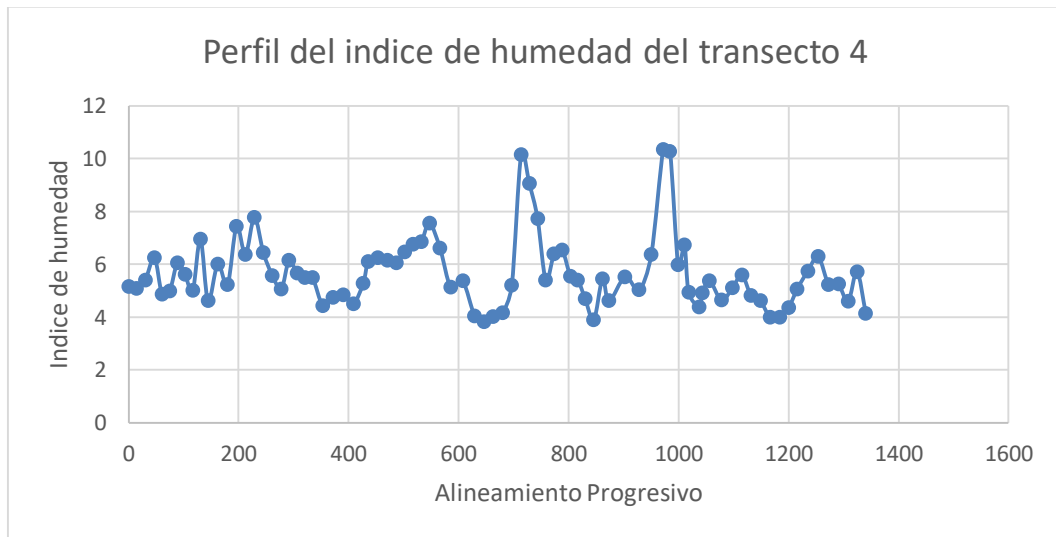


Figura: 59. “Perfil del índice de humedad del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 60, se observa el perfil del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia el índice de humedad que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

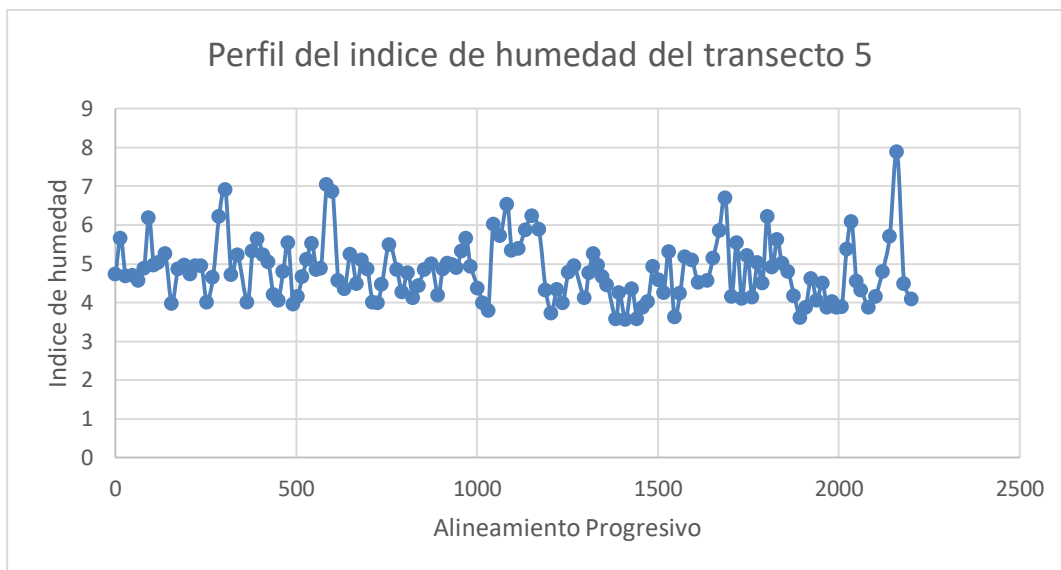


Figura: 60. “Perfil del índice de humedad del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.1.2. Mapa de índice de humedad

El mapa de índices de humedad creado en QGIS. ofrece una representación visual detallada de la distribución de los niveles de humedad a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estos niveles si son valores altos representa a la acumulación de humedad por baja pendiente y si son valores bajos no se encontrará humedad edificada por su elevada pendiente. Por lo tanto con los datos obtenidos se puede expresar de la siguiente manera: (1-3,99) poca humedad; (4 - 5,99) moderadamente baja humedad; (6 - 7,99) baja humedad; (8 - 10,99) moderadamente alta humedad; (11 - 16) alta humedad.

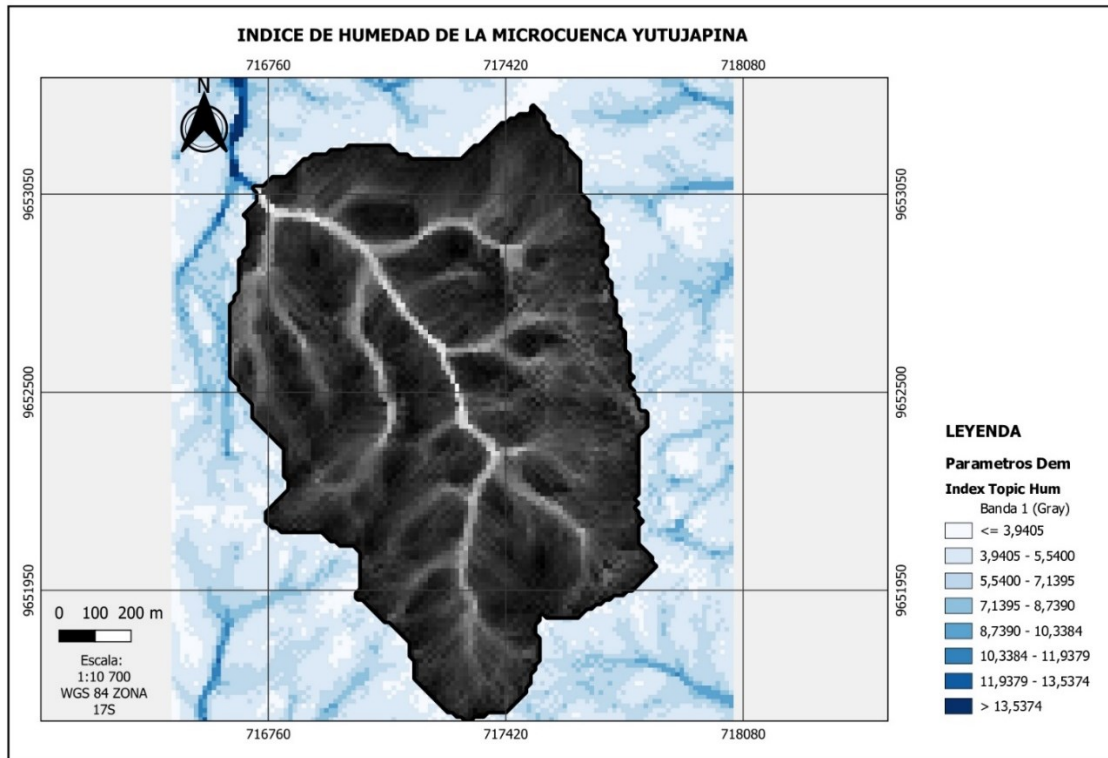


Figura: 61. “Índices de humedad de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.1.3. Histograma de índice de humedad

El histograma del índice de humedad ofrece una representación gráfica de la distribución de los valores de humedad a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este tipo de gráfico proporciona información detallada sobre la variabilidad de la humedad del suelo en diferentes áreas del terreno. El análisis del histograma puede ser útil para identificar patrones específicos de humedad del suelo y evaluar la magnitud de estas variaciones en distintas ubicaciones.

La distribución de índice de humedad varía desde aproximadamente 3.5 hasta 11, indicando una variabilidad significativa en la humedad del terreno y se observa una fluctuación en los niveles de humedad, con algunos intervalos donde la frecuencia es más alta.

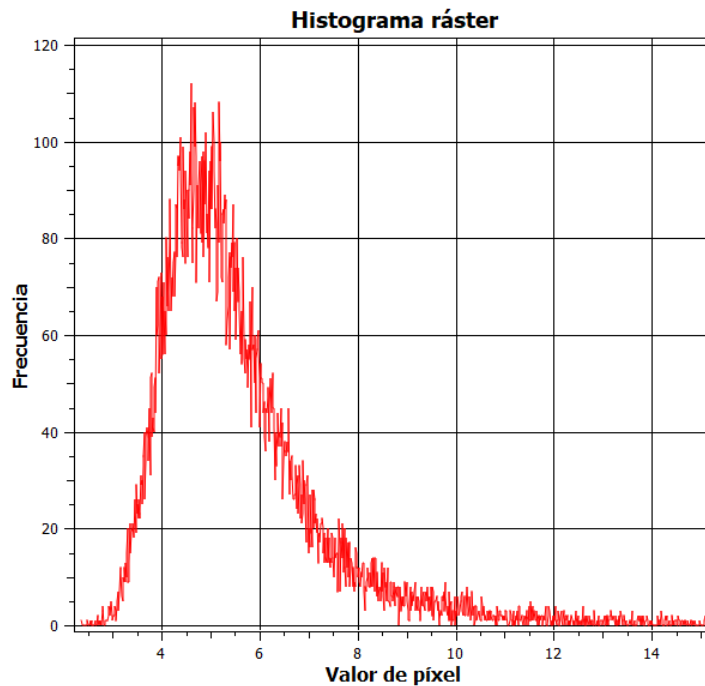


Figura: 62. “Histograma del índice de humedad de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.2. Dirección de drenaje (DD)

A continuación, en la tabla 10 se presenta las características de las direcciones del drenaje, las cuales son extraídas del programa QGIS. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
DD	-	-8	8,000	16,000	3,9240	2,1170

Tabla 10. “Características de la dirección del drenaje”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.2.1. Perfiles de la dirección de drenaje

Aquí se presentan los perfiles de la dirección del drenaje a lo largo de los diversos transectos en la microcuenca de Yutujapina. Estos gráficos brindan una representación visual detallada de las complejidades topográficas específicas de cada ruta. Son

herramientas fundamentales para comprender con precisión cómo fluye el agua en el terreno, ofreciendo una visión variada de la dirección predominante del drenaje en toda la región estudiada.

En la figura 63, se observa el perfil del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la dirección del drenaje que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

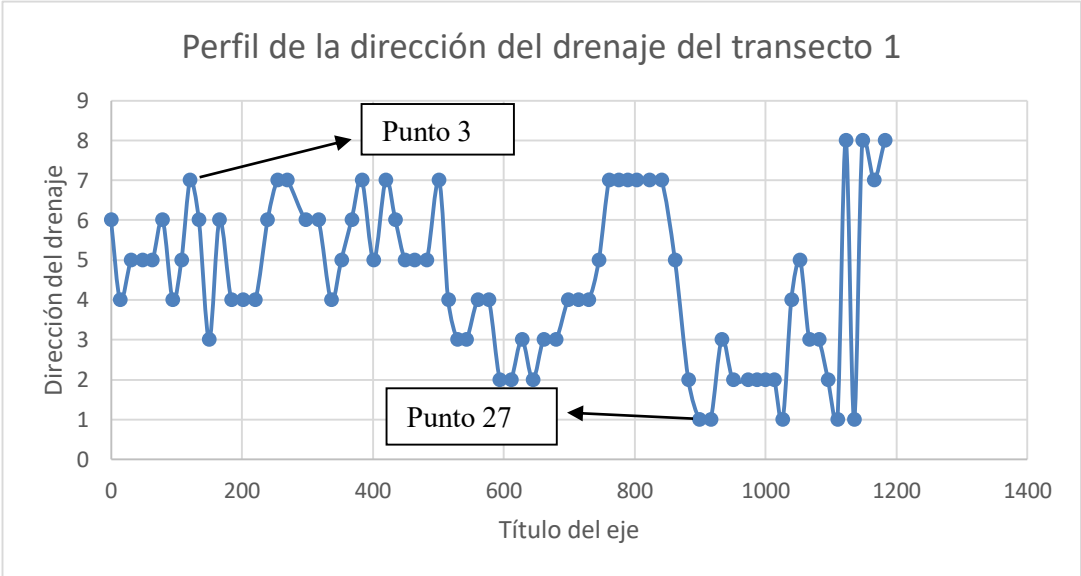


Figura: 63. “Perfil de la dirección del drenaje del transecto 1 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

A continuación, se muestra una fotografía donde destaca el máximo valor de la dirección del drenaje registrada en el punto 3 del transecto 1, este valor es de 8, lo que significa que la dirección del drenaje esta al Este, y un valor mínimo de la dirección del drenaje registrada en el punto 27 del transecto, este valor es de 1, lo que significa que la dirección del drenaje esta al Noroeste.



Ilustración 9. “Elevación máxima y mínima en el perfil del transecto 1”. A) Se obtuvo una capa de suelo orgánico en el punto 3 de 40 cm de espesor utilizando la vía de acceso. B) Se extrajo una capa de suelo orgánico de 100 cm de profundidad mediante barrenación en el punto 27.

En la figura 64, se observa el perfil del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la dirección del drenaje que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

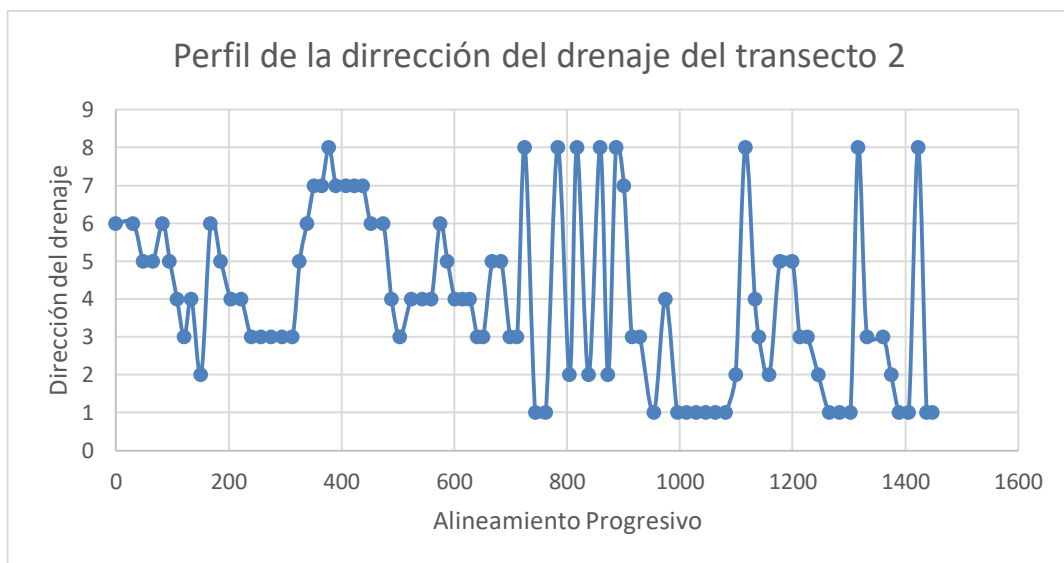


Figura: 64. “Perfil de la dirección del drenaje del transecto 2 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 65, se observa el perfil del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la dirección del drenaje que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

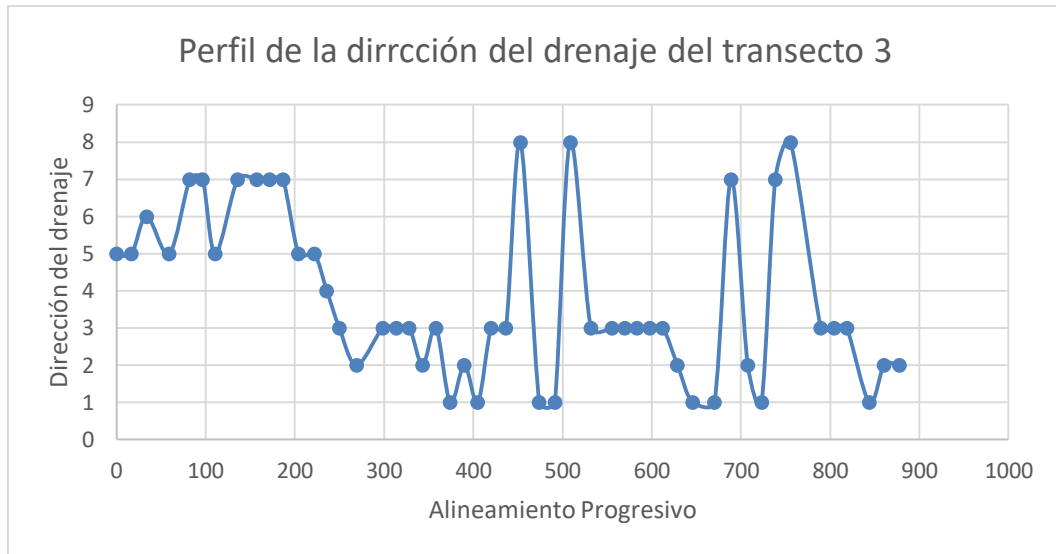


Figura: 65. “Perfil de la dirección del drenaje del transecto 3 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 66, se observa el perfil del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la dirección del drenaje que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

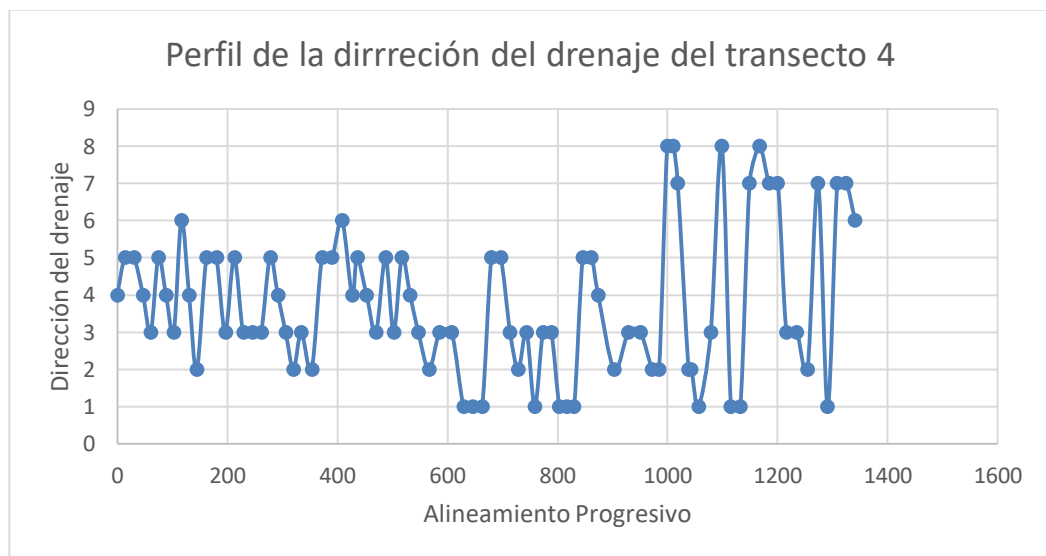


Figura: 66. “Perfil de la dirección del drenaje del transecto 4 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

En la figura 67, se observa el perfil del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina, donde se evidencia la dirección del drenaje que tiene la microcuenca a lo largo del transecto.

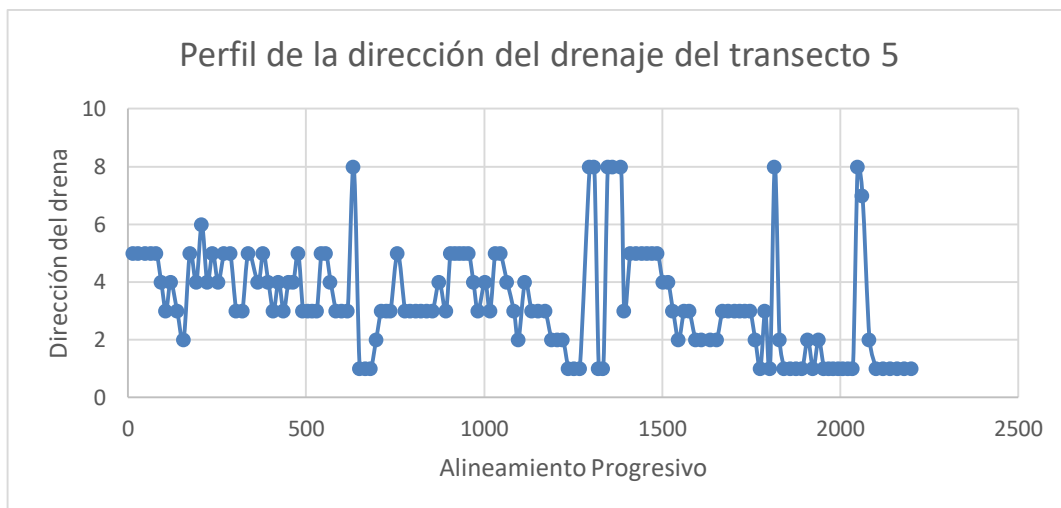


Figura: 67. “Perfil de la dirección del drenaje del transecto 5 de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.2.2. Mapa de Direcciones del drenaje

El mapa de direcciones del drenaje, elaborado en QGIS, presenta una visualización detallada de la orientación y distribución de los flujos de agua a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Los valores negativos corresponden a celdillas en los límites del mapa y no debe preocuparnos mientras que el resto de los valores indican la dirección del drenaje. Por lo tanto con los datos obtenidos se puede expresar de la siguiente manera:

(1) NE; (2) N; (3); NO; (4) O; (5) SO; (6) S; (7) SE; (8) E.

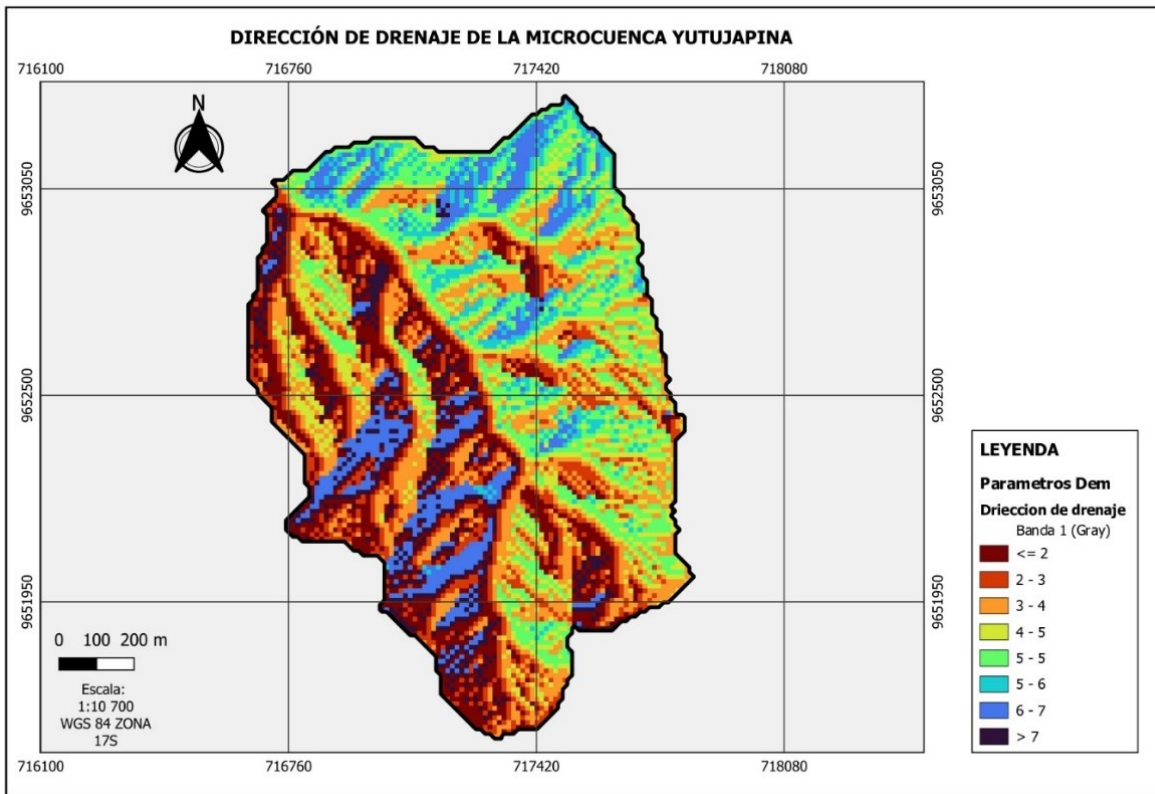


Figura: 68. “Dirección de drenaje de la microcuenca Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.2.2.3. Histograma de dirección del drenaje

El histograma de la dirección del drenaje ofrece una representación visual de la distribución de las direcciones del flujo de agua a lo largo de los transectos en la microcuenca de Yutujapina. Este gráfico permite analizar la variabilidad en las orientaciones del drenaje, proporcionando información sobre la topografía y el patrón de escurrimiento en diferentes áreas del terreno.

Las direcciones 1, 2, y 3 parecen ser las más frecuentes, con una alta concentración en la dirección 1, las direcciones 4, 5 y 6 también tienen presencia, pero con menor frecuencia en comparación con las direcciones 1, 2 y 3 y las direcciones 7 y 8 son menos comunes, con una frecuencia baja en comparación con otras direcciones.

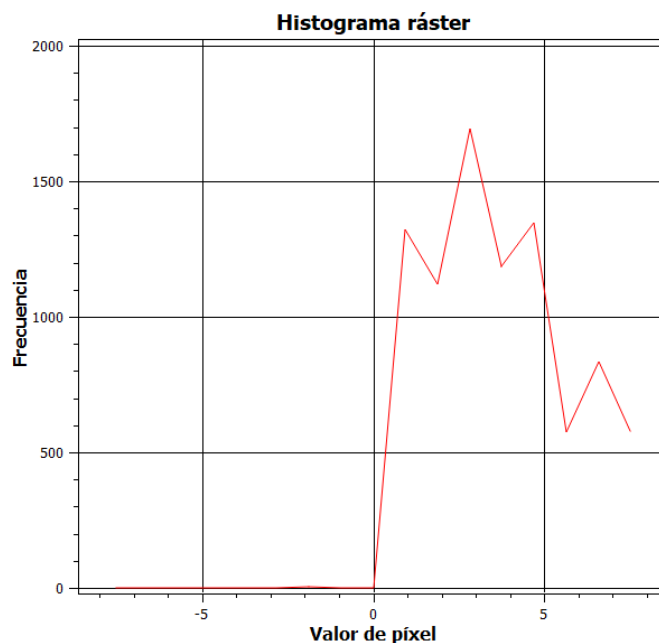


Figura: 69. “Histograma de las direcciones de drenaje de la microcuenca de Yutujapina”
Fuente: Yanez, 2024.

5.2.3. Resultados de las características de todos los índices topográficos

A continuación, en tabla 11, detalla las características de todos los parámetros topográficos considerados. Este programa proporciona información clave, como el valor mínimo, el valor máximo, el rango, la suma, el valor promedio y la desviación estándar.

Variable	Unit	Minimo	Maximo	Rango	Valor promedio	Desviación Estandar
Elevación	msnm	3218	3469	251	3360	54,66
Pendiente	%	0	84,96	84,96	29,41	12,39
Aspecto	°	0	358,99	358,99	175,30	111,00
PROFC	1/m	-0,027	0,260	0,053	7,988	0,005
TANG	1/m	-0,025	0,025	0,051	-1,394	0,005
Somb	-	56	254	198	178,02	34,92
Irreg	-	0	30	30	9,40	4,00
WI	-	2,34	15,14	12,80	5,55	1,66
DD	-	-8	8,00	16,00	3,92	2,12

Tabla 11. “Características de todos los índices topográficos”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.4. Resultado de los índices topográficos

En la tabla 12, se proporciona un detalle de los parámetros topográficos, incluyendo las profundidades del suelo recolectadas en campo. Para las profundidades, fue necesario

sumar el material orgánico "O" al material orgánico "A", ya que la suma de ambos proporciona el total de material orgánico que se utilizó para el modelamiento en el programa "R"

Profundidad	S	M	A	PROFC	TANG	DD	WI	Irreg	Somb
45	31,145	3398	185,53	-7,56E-05	0,00415661	4	4,57727818	9	139
45	39,294	3396	194,74	0	0	6	4,76621603	12	135
40	36,249	3390	204,44	-0,00011535	0,00213613	4	5,3731443	12	148
60	34,67	3384	213,23	-0,00249319	0,0048085	7	5,0119018	12	159
30	46,755	3373	221,53	0,00146798	-0,00178888	6	5,48260149	16	159
65	46,648	3375	210,96	0,00051371	-0,00449215	4	5,63775272	16	145
55	41,761	3380	196,7	-0,0007074	-0,00901207	6	6,47707878	13	134
40	44,181	3385	174,81	0,00481771	-0,00575813	7	5,5312227	12	110
60	50,16	3380	184,57	0,00304713	0,00381378	6	4,13682607	13	109
35	55,946	3369	204,27	0,00202885	0,00105966	4	4,28947259	18	127
45	52,555	3367	201,19	-0,00058851	-0,00302579	7	4,63942622	17	126
35	46,819	3361	199,98	0,00108731	0,00060641	6	4,27333148	15	131
45	37,443	3354	235,89	0,00130916	0,00649879	5	3,9986983	13	181
40	42,45	3336	226,91	-0,00274284	-0,00069036	5	4,56012952	15	169
35	25,612	3325	231,34	-0,00212861	0,00846812	3	4,41583264	9	180
30	36,878	3308	282,53	0,00489198	0,00845367	2	3,82322908	11	222
25	43,081	3293	291,8	0,00136762	0,01013405	2	3,84613872	14	231
40	39,319	3282	277,31	-0,00061785	-0,00722813	3	6,82573621	11	220
75	28,601	3263	216,47	0,00041142	-0,00249617	7	5,85129714	10	166
20	33,971	3252	222,61	-0,00044804	0,0025197	7	5,27614379	12	169
15	26,87	3240	225	-0,0024019	0,00051506	7	6,70815091	9	174
20	5,099	3233	348,69	-0,00870449	-0,00405627	2	14,2944428	2	188
105	31,78	3237	347,28	0,00151843	0,00036133	2	5,18544148	9	218
40	28,636	3238	335,22	0,00089688	-0,00302133	3	5,77325545	10	220

50	28,636	3238	335,22	0,00089688	-0,00302133	3	5,77325545	10	220
110	28,178	3257	297,47	-0,00090444	0,005083	5	5,11406684	10	220
100	7,211	3253	33,69	0,00504776	-0,00081839	1	9,24882908	3	183
15	11,402	3257	74,74	0,00443428	0,00610608	7	5,05523604	3	169
105	8,602	3259	56,31	0,00169645	0,00679293	1	4,01132571	3	182
45	28,844	3387	236,31	0,00858824	-0,00110372	5	4,67128926	10	183
80	31,401	3379	279,16	0,00034855	-0,00445362	4	5,2826361	9	216
50	32,062	3376	266,42	-0,0018206	0,00403923	6	4,4944975	8	208
45	20	3356	270	-0,00603434	0	3	6,21215407	5	202
60	13,416	3348	153,43	0,0024924	0,0038059	6	4,72407991	4	156
60	25,495	3334	221,82	-0,00051214	-0,00979061	6	8,42058668	8	173
80	13,038	3320	237,53	0,00273468	-0,00278117	6	8,48018656	4	184
35	25,298	3305	288,43	-0,00777511	-0,00827271	3	8,93786041	8	215
60	26	3311	270	-0,01160372	0	5	5,57232784	8	207
115	16,125	3310	29,74	-0,00735835	0,00333741	8	6,96575937	6	186
60	28,32	3308	42,14	-0,00616859	-0,00359975	1	5,81198093	10	176
55	29,833	3310	39,56	-3,69E-05	0,0041288	8	5,18780832	10	178
35	31,241	3315	50,19	-0,00228099	-0,00360521	8	4,84126382	11	168
90	21,633	3319	56,31	0,00398376	0,0041702	8	4,35340142	7	169
45	11,402	3322	344,74	0,00443428	0,00610608	3	3,89663328	3	197
25	21,024	3318	2,73	0,00712655	0,00090923	3	4,95685439	6	202
25	18,385	3322	22,38	-0,00423027	0,00227509	1	5,2051335	6	190
45	18,111	3320	6,34	-0,00473428	-0,00350717	1	6,20636453	5	198
15	21,541	3315	21,8	0,00515437	0,00086297	1	4,63672578	7	191
40	16,492	3311	14,04	0,00036162	0,00594324	1	4,56287259	5	193
25	12,806	3309	321,34	0,00279281	0,0056256	4	3,93594884	5	202
50	17,889	3311	296,57	-0,00040698	0,00462	5	5,2546529	6	208
25	10,296	3303	330,95	0,00625005	-0,01056053	3	9,40250359	5	197
30	26	3299	360	-0,00580186	0	1	5,05450393	7	207
20	19,698	3299	336,04	0,00201493	0,00209311	3	5,10397356	7	210
30	19,235	3303	332,1	-0,00226315	0,00025196	4	5,64236269	7	210
15	17,088	3301	339,44	-0,00204319	-0,00210285	2	8,55459364	5	206
35	14	3299	360	0,00414423	-0,00211273	1	8,59812854	4	196
30	16,553	3302	25,02	0,00220183	-0,00015747	1	8,21816444	5	188
55	12,166	3303	18,43	-0,00400447	0,00194601	1	8,60257668	4	192
30	12,166	3303	18,43	-0,00400447	0,00194601	1	8,60257668	4	192
45	29,12	3364	254,05	-0,00523692	-0,00046376	6	5,56056811	9	198
60	26,833	3358	243,43	-0,006535	-0,00329671	5	6,23713076	9	189
45	21,213	3354	225	0,00249629	-0,00052172	7	6,43374752	7	177
50	23,022	3348	214,38	-0,00158131	-0,00457173	5	6,18766828	8	169
45	29,155	3344	202,17	0,00598375	-0,0044443	7	5,9875984	9	154
50	36,056	3338	199,44	0,00365581	0,00791016	7	4,4576668	11	144
60	14,765	3332	208,3	-0,00832329	0,00639429	7	5,47595608	6	171
45	12,649	3327	251,57	-0,0060411	-0,00232812	5	7,77733566	4	189
10	5,099	3326	348,69	0,00690638	-0,00266321	3	11,8353176	3	188
40	12	3326	360	0,00626421	0	2	9,15343206	5	194
35	22,672	3332	41,42	-0,00048316	0,00258852	3	5,53038113	8	179
50	26,87	3336	45	-0,00432342	-0,00154519	1	5,53655455	9	174
25	26,87	3347	45	0,00336266	0,00669583	3	4,71806178	9	174
45	17,889	3352	26,57	0	0	2	5,4573224	6	188
85	18,385	3354	22,38	-5,70E-05	0,00215714	3	5,81198098	6	190
45	29,53	3354	28,3	0,00013812	0,00189583	8	5,31532104	9	188
45	32,249	3352	29,74	-0,00415919	-0,00149935	1	5,23343907	11	186
60	38,079	3362	13,67	0,00110417	0,01069783	8	3,74021574	12	202
35	47,518	3374	351,53	0,00741717	0,00824972	3	3,57104649	13	225

25	33,136	3379	354,81	-0,00169757	-0,00621625	3	6,68982183	10	215
40	38,419	3380	38,66	-0,00232783	-0,00529427	1	7,28968828	13	176
50	39,623	3387	47,05	-0,00128892	-0,00445867	1	6,03566063	14	166
40	38,079	3390	60,07	-0,00155928	-0,00220199	2	6,28760198	13	152
40	35,777	3396	63,43	0	0	7	4,99549122	12	151
40	24,698	3403	68,63	0,00395685	-0,00212712	8	4,65830341	8	158
115	17,889	3405	26,57	0,00244186	0,01007999	3	3,85427102	6	188
100	16	3405	360	0	0	4	5,64082851	4	198
30	23,195	3408	7,43	-0,00126645	0,00549091	1	4,5964174	6	201
80	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4,46009698	12	223
33	25,06	3381	241,39	-0,00389414	-0,00413869	5	5,08958963	9	188
60	23,195	3382	262,57	0,00126645	-0,00549091	4	6,25791282	6	201
70	20	3382	270	0,00201145	0,00836762	2	4,62255004	5	202
100	29,12	3376	285,95	0,00523692	0,00046376	5	5,07472211	9	217
65	29,833	3376	283,57	0,00502528	-0,00138392	3	5,50283776	9	217
30	29,155	3370	264,09	0,00500885	0,00480573	5	4,74313222	8	205
60	27,459	3377	259,51	0,00147023	0,0004761	4	5,29004981	8	201
35	35,014	3368	268,36	0,00455637	-0,00108803	5	6,0586069	9	211
50	28,636	3365	294,78	-0,00352281	-0,00849374	4	6,84919546	9	220
70	34,205	3362	307,87	0,00583133	0,00357898	2	6,13719593	12	229
65	31,241	3364	309,81	0,00231141	-0,00457328	2	5,9607019	11	226
37	17,72	3369	286,39	0,00233178	0,00599744	5	4,10481258	6	205
60	10,296	3372	299,05	0,00090135	-0,00515514	3	10,1474003	4	197
45	29,017	3374	358,03	0,00461991	-0,00091126	1	5,55961994	8	210
20	24	3374	360	0,00196145	0,00207443	1	4,70741182	7	205
50	28,32	3370	312,14	0,00616859	0,00359975	5	4,98943139	10	223
40	24,083	3372	318,37	0,00196034	0,00207403	4	4,54869334	9	218
35	25,612	3371	308,66	0,00444643	-0,00267149	2	5,53133079	9	219
25	32,558	3368	312,51	0,00525318	0,00027557	3	5,03236762	12	227
43	28,46	3360	341,57	0,00142358	-0,00153889	3	6,37493178	9	218
50	24,739	3356	14,04	0,00068876	-0,01315634	2	10,3616165	7	198
45	25,298	3353	18,43	-0,00116627	-0,01116816	2	10,2696793	8	195
30	33,971	3352	42,61	-0,00542901	-0,0040443	8	5,9890466	12	173
40	42,521	3356	48,81	-0,00197161	0,0042913	7	4,67040757	15	162
30	41,617	3359	54,78	-0,00168268	4,55E-06	7	4,95465602	14	155
50	35,384	3367	47,29	0,00178737	0,00201115	2	4,9251955	13	168
50	33,015	3370	54,87	0,00327712	0,00649459	2	4,90702586	11	162
35	32,558	3370	42,51	0,00183411	0,00202853	1	5,38502889	11	174
43	31,401	3373	37,23	0,00496333	0,00675938	3	4,64357432	11	180
55	31,241	3380	39,81	-0,00228099	-0,00360521	1	5,67558869	11	177
40	46,648	3400	59,04	-0,0075188	0,00142157	7	4,61735646	16	145
70	39,446	3414	59,53	0,00672795	0,01008584	7	3,99040547	14	152
80	24,042	3423	45	0,00931423	0,01296394	3	4,45509543	9	176
35	27,313	3435	66,25	0,00103327	0,00300555	7	5,23039224	9	157
50	17,029	3444	86,63	0,01173768	-0,00156279	7	4,60300447	6	158
35	4,472	3446	135	0,0042539	0,00426241	6	4,13472467	1	173
40	18,439	3391	220,6	0,00558566	0,00051832	6	4,95488656	6	175
55	31,401	3386	279,16	0,00034855	-0,00445362	4	5,04450723	9	216
75	21,541	3389	248,2	0,00515437	0,00086297	4	4,97627428	7	191
50	23,022	3386	235,62	0,00631594	0,00374408	4	4,019035	8	183
65	9,055	3387	263,66	0,00140062	0,00071253	5	5,24512384	3	190
30	9,487	3394	288,43	0,00347301	-0,00350427	3	4,96160221	3	195
75	12,806	3396	308,66	0,00172646	0,00036128	4	4,45362731	4	202
35	7,211	3403	308,66	0,0042336	0,00425562	3	4,79617201	3	193
15	5,831	3407	30,96	0,00671084	0,00391492	1	4,49237668	2	183
35	15,811	3411	288,43	0,00770911	0,0047411	4	3,74908418	5	203
30	23,324	3410	300,96	0,00278172	-0,00293304	3	4,85722263	8	215
20	14,422	3420	303,69	0,00429604	0,00194907	5	4,37121317	5	204
35	14,422	3424	303,69	0,00429604	0,00194907	3	4,53681772	5	204
40	14,56	3424	285,95	-0,0041345	-0,00422215	3	6,53797499	5	201

15	14,422	3429	22,62	0,00350048	0,00698415	1	4,60849542	5	184
30	11,045	3444	90	0,00699724	0,00139914	8	4,13872134	3	167
40	23,537	3454	102,53	0,00037114	0,00168488	8	4,46975963	6	141
35	1,414	3459	315	0,00159952	0,00479952	3	4,26139176	1	183
55	16,553	3452	217,37	-3,74E-06	0,01052731	5	3,8885731	5	168
35	10,198	3446	341,57	-0,00274678	0,00065302	3	5,31665885	4	195
30	7,071	3451	360	0,00061406	0,00151089	2	5,10787133	2	188
25	5,099	3455	360	0,00494481	0,01208686	1	3,89293918	2	185
45	12,649	3457	18,43	0,00229145	0,00613776	3	4,17410427	4	189
45	24,331	3460	9,46	0,00275038	-0,00498607	1	5,04341365	7	200
40	17,889	3459	26,57	0	0	8	5,35243347	6	188
35	20,248	3464	32,91	0,00140843	0,00689742	1	4,13779642	7	185
40	9,055	3460	12,53	1,28E-05	0,00211169	1	4,51882411	4	193
45	27,459	3446	79,51	0,00529613	0,00459047	1	4,10798686	8	147

Tabla 12. “Resultados de profundidades e índices topográficos”

Fuente: Yanez, 2024.

5.2.5. Resultados y Discusión

El estudio se realizó en dos ubicaciones experimentales en el ecosistema tropical alpino, específicamente en el Páramo del sur de Ecuador. Según el informe de (Mosquera et al., 2021) se observó que los Andosoles en ambos sitios están mayormente cubiertos por matas, principalmente de los géneros Calamagrostis y Festuca. Estas plantas tienen raíces que se extienden hasta aproximadamente 10 a 15 centímetros de profundidad. Este tipo de suelo se conoce como material orgánico tipo "O".

En mi investigación, se encontró que las profundidades del material orgánico tipo "O" varían desde 0 hasta 15 centímetros de profundidad.

El estudio realizado por (Mosquera et al., 2021) proporciona información detallada sobre las elevaciones, pendientes y profundidades del suelo encontradas en las biografías publicadas. Destaca que la elevación máxima alcanza los 4200 metros sobre el nivel del mar (msnm), con pendientes que oscilan entre el 0% y el 60%. En este caso, las profundidades del suelo varían de 0 a 15 centímetros. Por otro lado, la elevación mínima registrada es de 3400 msnm, con pendientes que van desde el 0% hasta el 30%, y profundidades de suelo que varían

de 0 a 10 centímetros.



Ilustración 10. “Elevación máxima y mínima”. A) Elevación máxima con capa de suelo orgánico tipo “O” en el punto 151 de 5 cm mediante barrenaciones. B) Elevación mínima con capa de suelo orgánico tipo “O” en el punto 22 de 5 cm mediante barrenaciones.

En mi estudio, se identificaron diversas características topográficas en el área de investigación. Se encontró que la elevación máxima registrada es de 3464 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una pendiente del terreno del 20.25% y una profundidad de suelo orgánico tipo "O" de 5 centímetros. Por otro lado, la elevación mínima detectada es de 3233 msnm, con una pendiente del 5.10% y una profundidad de suelo orgánico tipo "O" de 5 centímetros.

El estudio realizado por (Patiño et al., 2021) revela que se seleccionaron 32 artículos para su revisión, los cuales fueron leídos en su totalidad. De estos, se extrajeron datos cuantitativos sobre las propiedades hidrofísicas del suelo, centrándose en horizontes superficiales (O y A). Los resultados muestran que la mayor elevación encontrada en Ecuador se sitúa entre 3919 y 4880 metros sobre el nivel del mar (msnm), perteneciente al Parque Nacional Cayambe-Coca, con profundidades de hasta 53 centímetros. Además, se

identificaron las mayores profundidades de suelo, alcanzando los 162 centímetros, en las cuencas de Huagrahuma, Soroche y Queseras en Ecuador, con una elevación que oscila entre los 3500 y 4500 msnm.



Ilustración 11. “Elevación máxima y mínima”. A) Elevación máxima con capa de suelo orgánico tipo “O+A” en el punto 151 de 35 cm mediante barrenaciones. B) Elevación mínima con capa de suelo orgánico tipo “O+A” en el punto 86 de 115 cm mediante barrenaciones.

En mi estudio, se encontró que la mayor elevación registrada es de 3464 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una profundidad de suelo orgánico tipo "O+A" de 35 centímetros. Además, se identificó la mayor profundidad de suelo orgánico tipo "O+A", alcanzando los 115 centímetros, con una elevación de 3405 msnm.

Otro hallazgo relevante de la investigación llevada a cabo por (Patiño et al., 2021) es la representación del contenido de materia orgánica del suelo a través de un diagrama de cajas. Este diagrama revela que el mayor porcentaje de materia orgánica se encuentra en áreas de vegetación natural, seguido por zonas de forestación. La ganadería muestra un nivel intermedio de contenido de materia orgánica, mientras que la agricultura presenta el menor porcentaje de materia orgánica en comparación con las otras categorías.



Ilustración 11. “Profundidades”. A) Suelo orgánico tipo “O+A” en el punto 86 de 115 cm mediante barrenaciones. B) Suelo orgánico tipo “O+A” en el punto 39 de 115 cm mediante acceso de la vía.

En mi estudio, se observa una variación en la profundidad del suelo, ya que se seleccionaron muestras tanto mediante barrenaciones como a través de vías de acceso. En las barrenaciones, se encontró que la profundidad más alta, sumando los horizontes orgánicos "O" y "A", alcanzó los 115 centímetros. Por otro lado, la profundidad máxima encontrada a través del acceso vial fue también de 115 centímetros. En resumen, se observa que las profundidades de suelo obtenidas coinciden tanto en las muestras extraídas por barrenaciones como en las obtenidas a través del acceso vial. Sin embargo, se evidencia que las muestras obtenidas por barrenaciones tienden a contener más material orgánico en comparación con aquellas extraídas por el acceso vial.

5.3. Programa “R”

En esta sección, utilizaremos la "Tabla 22" que presenta los resultados de los atributos del terreno obtenidos mediante QGIS, así como los datos de profundidades reales de suelo recogidos en campo. Estos datos específicos se emplearán en el proceso de

modelación estadística con el objetivo de analizar y predecir patrones o relaciones significativas. En total, se llevarán a cabo seis modelaciones, las cuales describiremos detalladamente en cada apartado.

5.3.1. Primera modelación mediante el programa “R”

En esencia, esta sección se centrará en la exploración de posibles relaciones entre la profundidad real del suelo y los diversos atributos topográficos obtenidos a través del programa QGIS.

5.3.1.1.Código para modelación

En esta sección, se presenta el código implementado en el programa "R" para llevar a cabo la modelación y analizar posibles relaciones entre la profundidad real del suelo y los atributos topográficos obtenidos.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)

#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS TESIS\\R\\Todos los
parametros.csv",skip = 0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~S+M+A+PROFC+TANG+DD+WI+Irreg+Somb)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)
```

5.3.1.2.Resultado del modelo1

En los resultados obtenidos mediante el programa "R", se destaca que el índice topográfico de la dirección del drenaje muestra una significancia moderada. Esto implica que existe una relación moderada entre la profundidad de los suelos y la dirección del

drenaje. Por otro lado, los demás atributos topográficos no presentan significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), es muy baja. En consecuencia, la regresión lineal utilizada no ofrece un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo no explica adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos.

Finalmente, el p-value asociado a nuestro análisis es considerablemente elevado. Esto sugiere que existe una alta probabilidad de que la hipótesis nula sea aceptada. En términos más simples, no hay suficiente evidencia estadística para afirmar que existe una relación significativa entre estos dos factores.

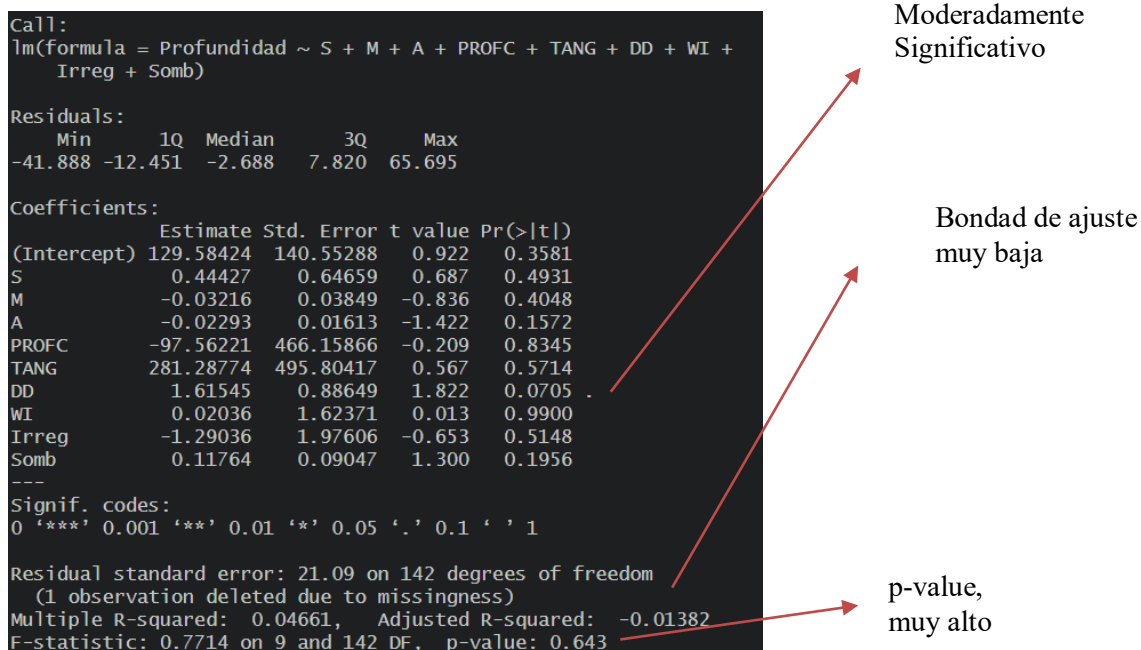


Figura: 70. “Resultados del modelo1 entre la profundidad con todos los atributos topográficos”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.1.3.Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y los diferentes atributos topográficos proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación moderadamente significativa entre la profundidad del suelo y la dirección del drenaje (DD), mientras que, con los otros atributos como la pendiente (S), la elevación(M), el aspecto (A), la curvatura de perfil (PROFC), la curvatura tangencial (TANG), el índice de humedad (WI), la irregularidad del terreno (Irreg) y el relieve sombreado (Somb) la correlación es casi nula.

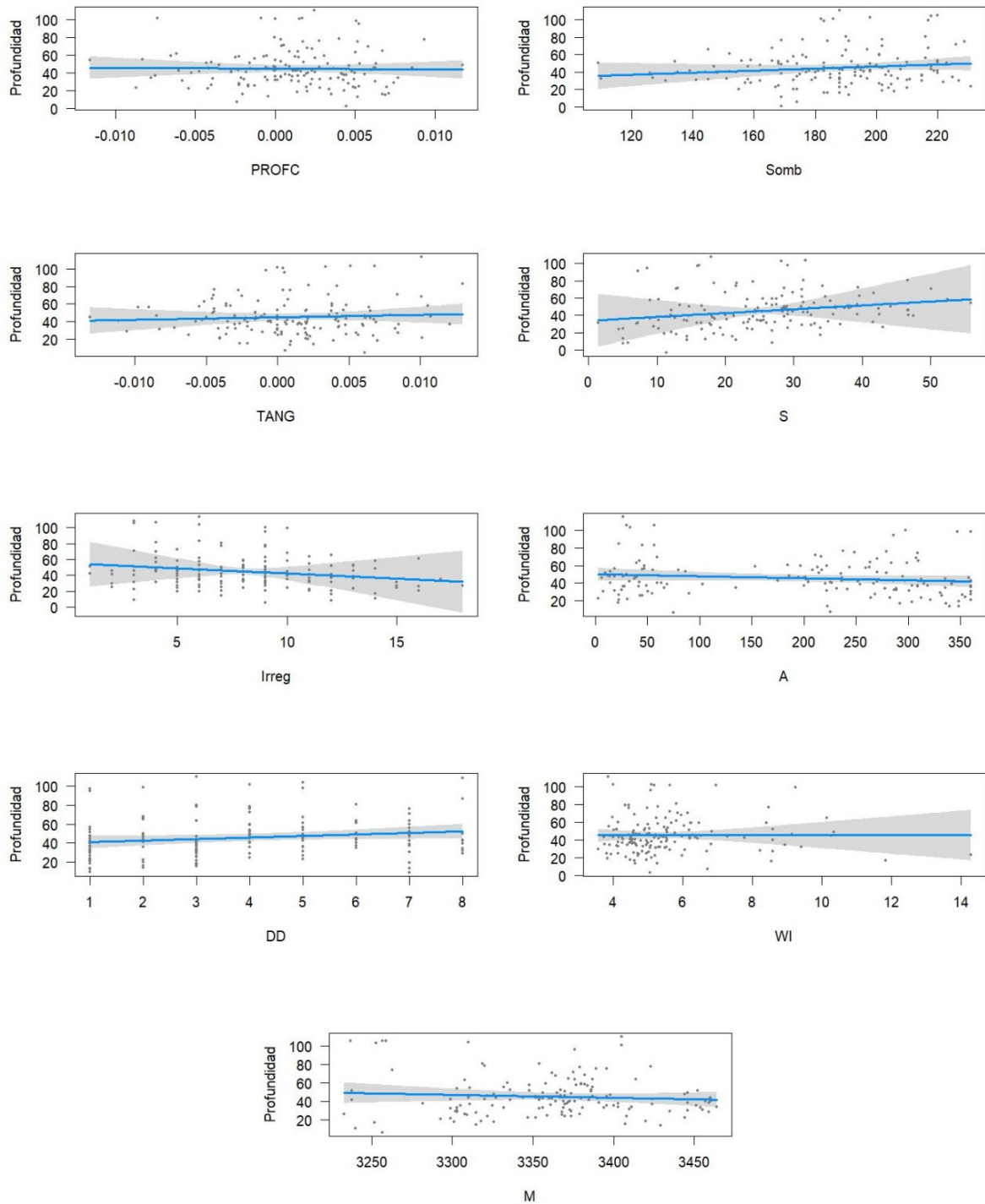


Figura: 71. “Resultados visreg entre la profundidad con todos los atributos topográficos”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.1.4.Resultado hist

Asimismo, el programa "R" proporcionó un histograma a través del código `hist(residuals())`, el cual se utiliza para analizar la distribución de los residuos en nuestro

modelo de regresión. Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiendo evaluar la adecuación de nuestro modelo. En este caso el histograma dice que el modelo no sigue una distribución normal alrededor de cero.

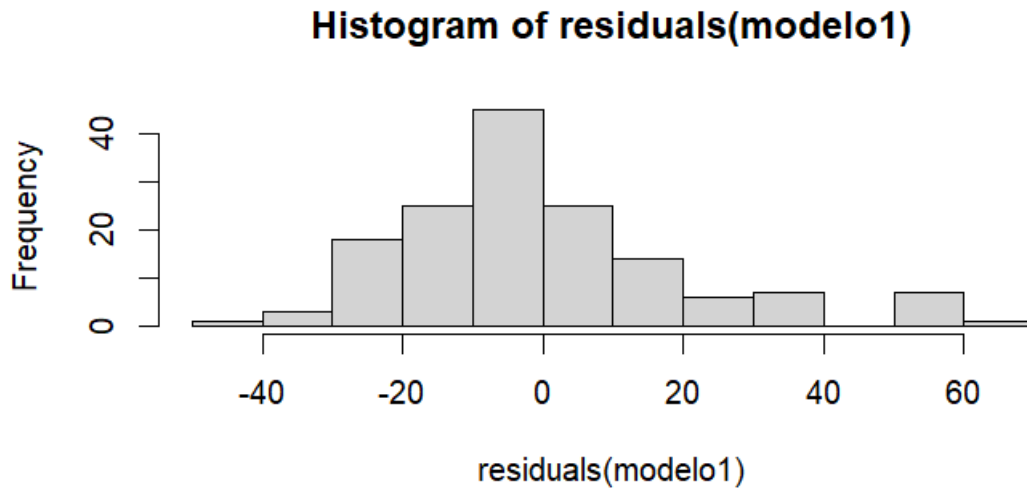


Figura: 72. “Resultado del hist entre la profundidad con todos los atributos topográficos”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.1.5.Resultado plot

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante el programa "R" al utilizar el código `plot()`, el cual proporciona visualizaciones gráficas para analizar la relación entre las variables. Estas representaciones gráficas permiten una mejor comprensión de la distribución de los datos y las tendencias observadas en el modelo.

En la figura 73, los diagnósticos muestran problemas en el modelo de regresión, incluyendo la presencia de no linealidad, variación no constante y desviaciones de la normalidad en los residuos.

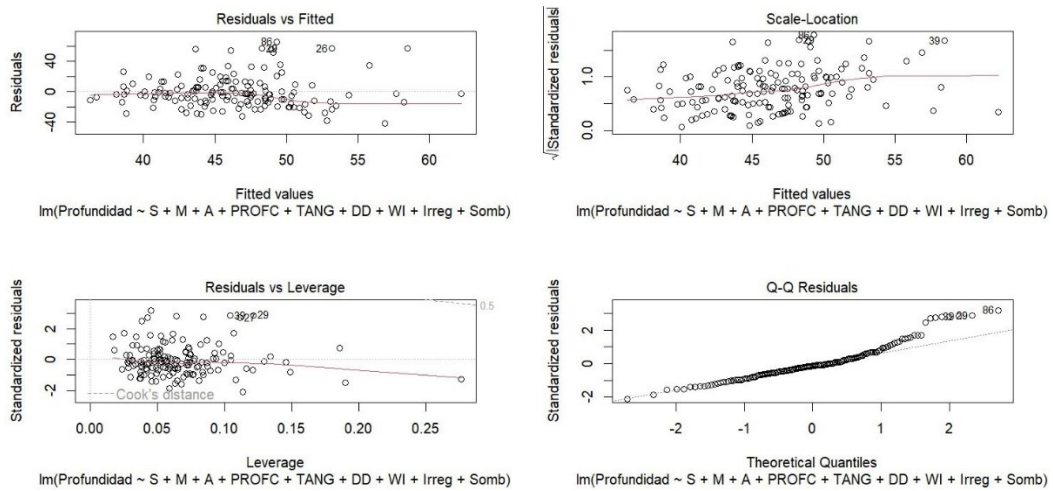


Figura: 73. “Resultados plot entre la profundidad con todos los atributos topográficos”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.2. Segunda modelación mediante el programa “R”

A continuación, se presenta el código utilizado para realizar la selección de variables y determinar cuáles son las más relevantes para el modelo. Este proceso es esencial para identificar los predictores más significativos y mejorar la eficacia del modelo.

```
#-----SELECCION DE VARIABLES -----
seleccion=stepAIC(modelo1,direction = c("both"))
summary(seleccion)
```

El código utilizado en conjunto con el modelo anterior fue crucial para seleccionar las variables más relevantes en la relación entre la profundidad del suelo y los atributos topográficos. Los resultados indicaron que las variables más influyentes para el modelo es el aspecto, la dirección del drenaje y el relieve sombreado.

```
> summary(seleccion)
Call:
lm(formula = Profundidad ~ A + DD + Somb)
```

Figura: 74. “Selección de mejor variable. (Profundidad~A+DD+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.2.1.Código de la modelación

En esta sección, se presenta el código implementado en el programa "R" para llevar

a cabo la modelación y analizar posibles relaciones entre la profundidad real del suelo y los parámetros seleccionados como mejor variable.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)

#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS TESIS\\R\\Todos los
parametros.csv",skip = 0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~A+DD+Somb)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)
```

5.3.2.2.Resultado del modelo 2

En los resultados obtenidos mediante el programa "R", se destaca que el índice topográfico de la dirección del drenaje muestra una significancia. Esto implica que existe una relación significativa entre la profundidad de los suelos y la dirección del drenaje. Por otro lado, los demás atributos topográficos considerados como mejores variables no presentan significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), es baja. En consecuencia, la regresión lineal utilizada no ofrece un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo no explica adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos.

Finalmente, el p-value asociado a nuestro análisis es elevado. Esto sugiere que existe

una alta probabilidad de que la hipótesis nula sea aceptada. En términos más simples, no hay suficiente evidencia estadística para afirmar que existe una relación significativa entre estos la profundidad del suelo y los índices topográficos.

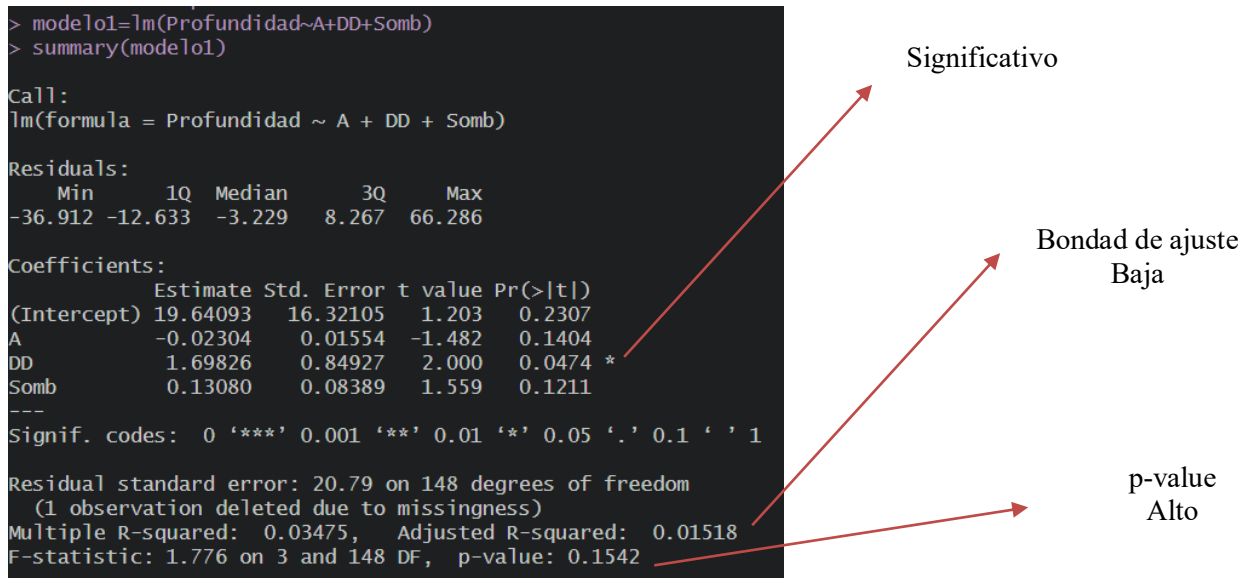


Figura: 75. “Resultado modelo 2 (Profundidad~A+DD+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.2.3.Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y la selección de las mejores variables proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación significativa entre la profundidad del suelo y la dirección del drenaje (DD), mientras que, mientras que, con el aspecto (A) y el relieve sombreado (Somb) la correlación es casi nula.

con los otros atributos, la correlación es casi nula.

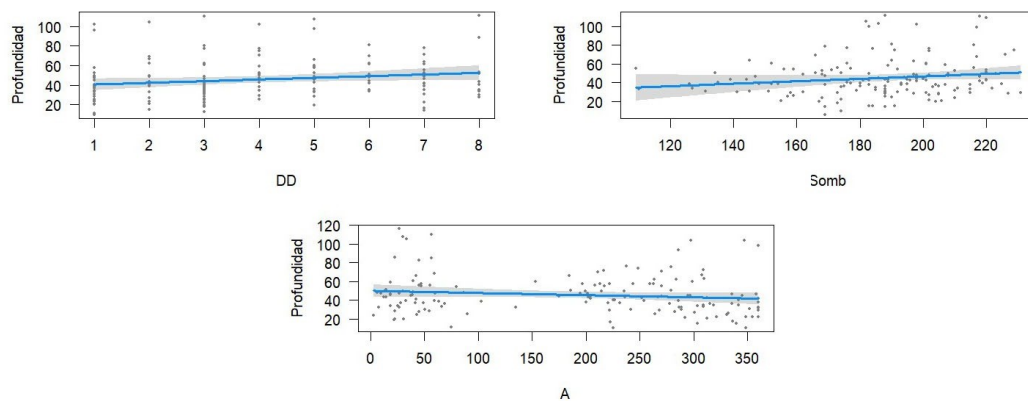


Figura: 76. “Resultados visreg (Profundidad~A+DD+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.2.4. Resultado hist

Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiendo evaluar la adecuación modelo. La forma y la distribución de los residuos son indicadores importantes para comprender la calidad de ajuste del modelo y verificar si cumple con los supuestos de la regresión lineal. En este caso el histograma dice que el modelo no sigue una distribución normal alrededor de cero.

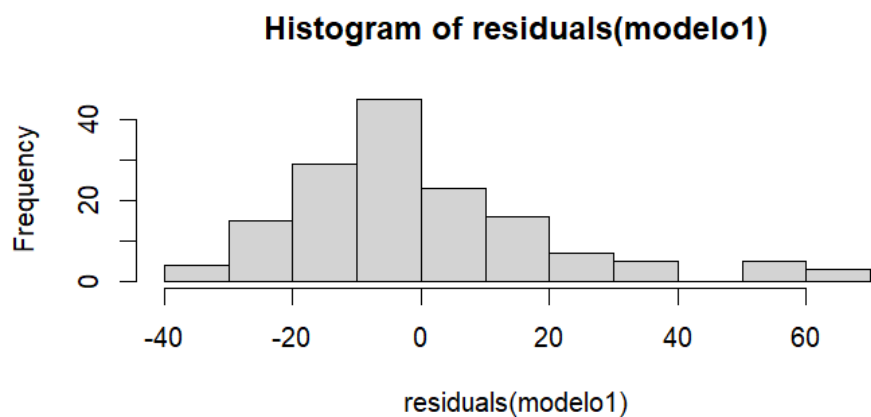


Figura: 77. “Resultado his (Profundidad~A+DD+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.2.5.Resultados plot

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante el programa "R" al utilizar el código plot(), el cual proporciona visualizaciones gráficas para analizar la relación entre las variables. Estas representaciones gráficas permiten una mejor comprensión de la distribución de los datos y las tendencias observadas en el modelo.

En la figura 78, los diagnósticos muestran problemas en el modelo de regresión, incluyendo la presencia de no linealidad, variación no constante y desviaciones de la normalidad en los residuos.

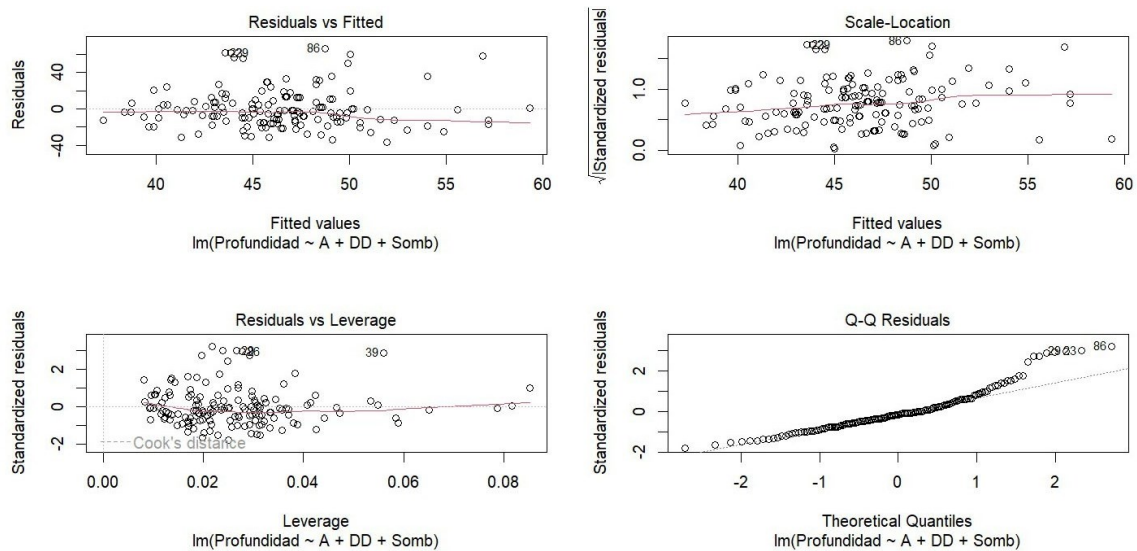


Figura: 78. “Resultados plot (Profundidad~A+DD+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.3. Tercera modelación en el programa “R”

Esta fase, se enfoca en modelar la relación específica entre la profundidad del suelo y las muestras recopiladas exclusivamente mediante barrenaciones. Para este análisis, se utiliza la información detallada en la Tabla 23 que se encuentra en la parte de anexos, donde se describe la profundidad obtenida a través de barrenaciones y la presencia de vías de acceso en cada punto. A continuación, se presenta la tabla depurada, seleccionando únicamente los puntos asociados

a muestras de barrenaciones.

5.3.3.1. Código de modelación

En esta etapa, se emplea un conjunto de 75 puntos obtenidos exclusivamente mediante barrenaciones para modelar la relación entre la profundidad real del suelo y los atributos topográficos. A través del siguiente código implementado en el programa "R", se exploran posibles vínculos y patrones entre estos dos conjuntos de datos.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)
#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS
TESIS\\R\\BARRENACIONES.csv",skip = 0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~S+M+A+PROFC+TANG+DD+WI+Irreg+Somb)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)
```

5.3.3.2. Resultado modelo 3

En los resultados obtenidos mediante el programa "R", se destaca que el índice topográfico de elevación muestra una significancia. Esto implica que existe una relación significativa entre la profundidad de los suelos y la elevación. Por otro lado, los demás atributos topográficos no presentan significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), es baja. En consecuencia, la regresión lineal utilizada no ofrece un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo no explica

adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos.

Finalmente, el p-value asociado a nuestro análisis es elevado. Esto sugiere que existe una alta probabilidad de que la hipótesis nula sea aceptada. En términos más simples, no hay suficiente evidencia estadística para afirmar que existe una relación significativa entre la profundidad del suelo y los índices topográficos.

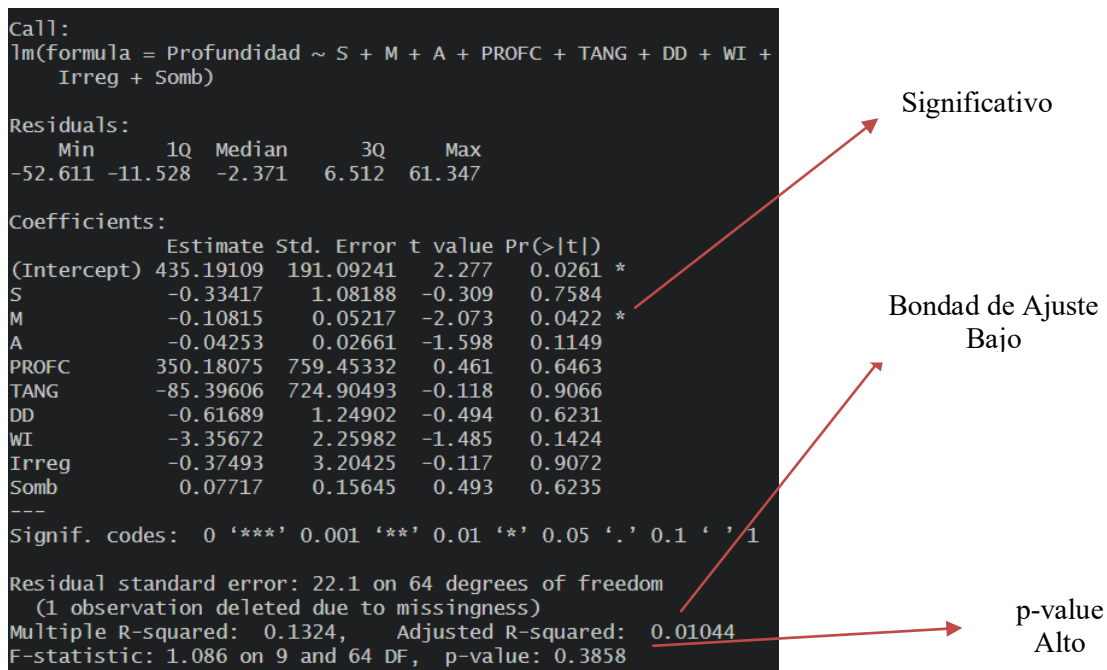


Figura: 79. “Resultado modelo 3 de muestras obtenidas por barrenaciones”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.3.3. Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y los atributos topográficos obtenidos mediante barrenaciones proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación significativa entre la profundidad del suelo y la elevación (M), mientras que, mientras que, con los otros atributos como la pendiente (S), el aspecto (A), la curvatura de perfil (PROFC),

la curvatura tangencial (TANG), el índice de humedad (WI), la irregularidad del terreno (Irreg) y el relieve sombreado (Somb) la correlación es casi nula.

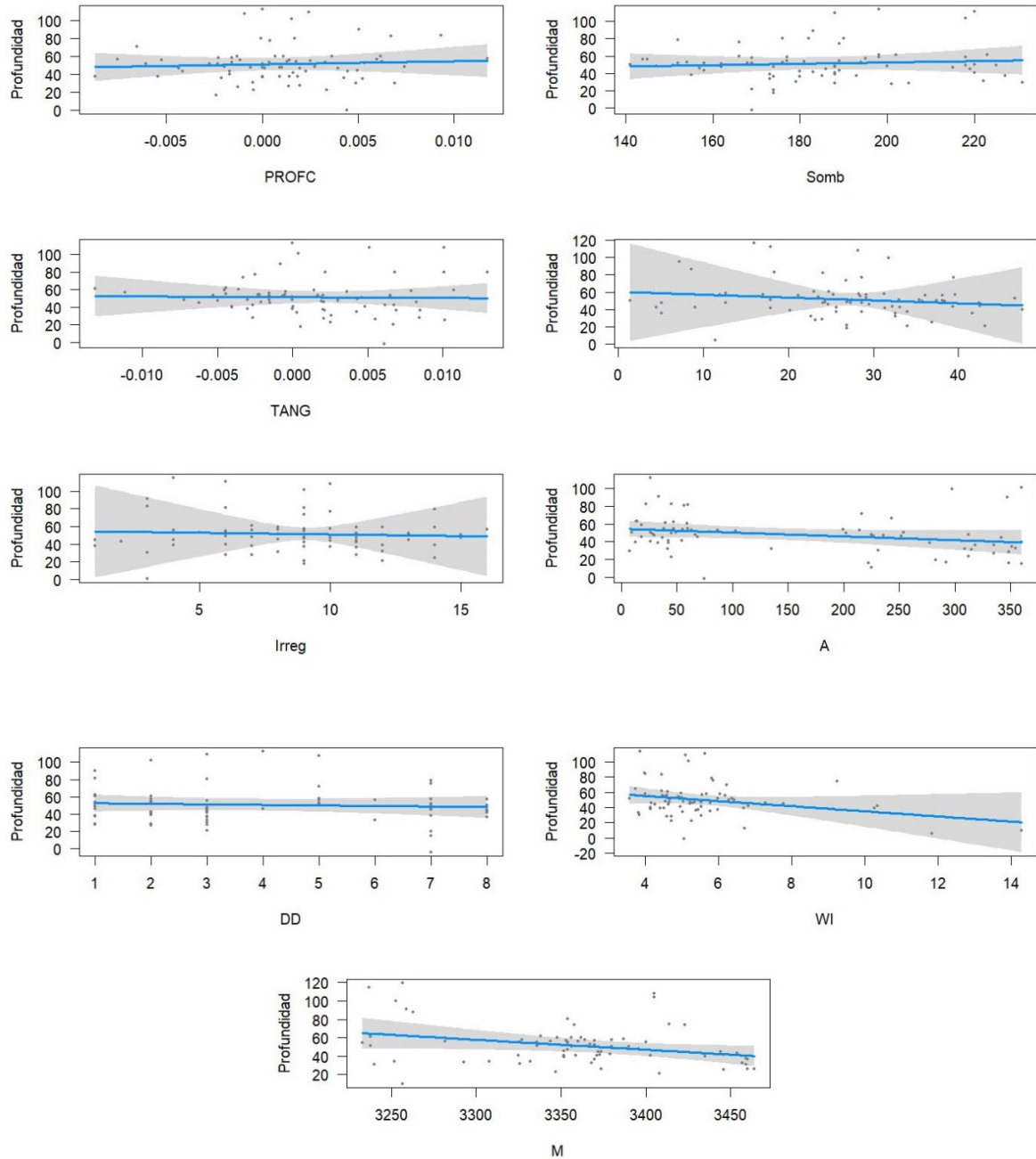


Figura: 80. “Resultados visreg de muestras obtenidas por barrenaciones”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.3.4.Resultado hist

Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiéndonos evaluar la adecuación de nuestro modelo. La forma y la distribución de los residuos son indicadores importantes para comprender la calidad de ajuste del modelo y verificar si cumple con los supuestos de la regresión lineal. En este caso el histograma dice que el modelo si sigue una distribución normal alrededor de cero, pero todavía el modelo no es el adecuado.

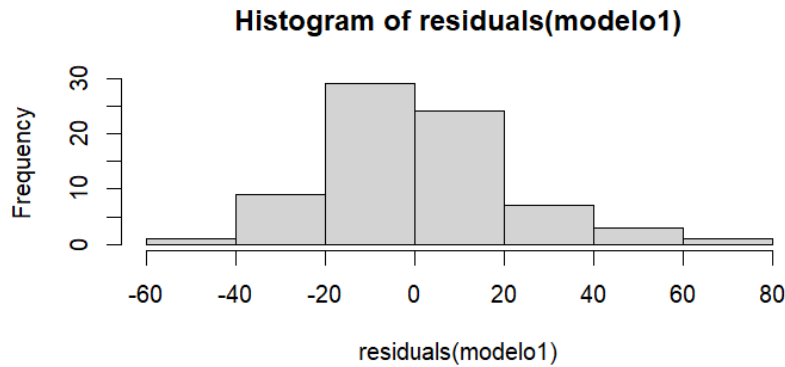


Figura: 81. “Restulados hist de muestras obtenidas por barrenaciones”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.3.5.Resultados plot

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante el programa "R" al utilizar el código plot(), el cual proporciona visualizaciones gráficas para analizar la relación entre las variables. Estas representaciones gráficas permiten una mejor comprensión de la distribución de los datos y las tendencias observadas en el modelo.

En la figura 82, muestra que el modelo actual puede no cumplir completamente con las suposiciones de linealidad, homocedasticidad y normalidad de los residuos. Esto se evidencia a través de los gráficos diagnósticos que muestran cierta curvatura en la línea de ajuste, una tendencia ascendente en la dispersión de los residuos, la presencia de puntos

influyentes y una desviación de la distribución normal en los residuos.

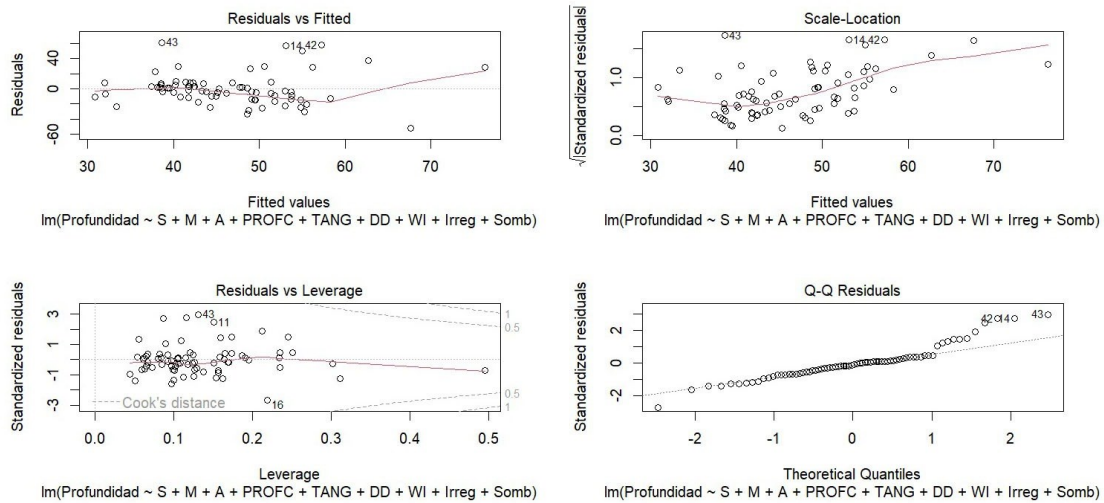


Figura: 82. “Resultados plot de muestras obtenidas mediante barrenaciones”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.4. Cuarta modelación mediante el programa “R”

A continuación, se presenta el código utilizado para realizar la selección de variables y determinar cuáles son las más relevantes para el modelo. Este proceso es esencial para identificar los predictores más significativos y mejorar la eficacia del modelo.

```
#-----SELECCION DE VARIABLES -----
seleccion=stepAIC(modelo1,direction = c("both"))
summary(seleccion)
```

El código utilizado en conjunto con el modelo anterior fue crucial para seleccionar las variables más relevantes en la relación entre la profundidad del suelo y los atributos topográficos mediante puntos obtenidos con barrenaciones. Los resultados indicaron que las variables más influyentes para el modelo es la pendiente, elevación, aspecto y índice de humedad.

```
> summary(seleccion)
Call:
lm(formula = Profundidad ~ S + M + A + WI)
```

Figura: 83. “Selección de mejor variable. (Profundidad~S+M+A+WI)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.4.1. Código de modelación

En esta etapa, se emplea la “tabla23” la cual describe los puntos obtenidos exclusivamente mediante barrenaciones para modelar la relación entre la profundidad real del suelo y los atributos topográficos. A través del siguiente código implementado en el programa "R", se exploran posibles vínculos y patrones entre estos dos conjuntos de datos.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)

#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS
TESIS\\R\\BARRENACIONES.csv",skip = 0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~S+M+A+WI)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)
```

5.3.4.2. Resultado modelo 4

Los resultados del análisis realizado en el programa "R" revelan que ciertos índices topográficos, específicamente la elevación y el índice de humedad, muestran una significancia estadística en relación con la profundidad de los suelos. Esta significancia implica una relación sustancial entre la elevación, el índice de humedad y la profundidad de los suelos. En cambio, la pendiente presenta una significancia moderada, indicando una

relación significativamente moderada con la profundidad de los suelos. Contrariamente, el aspecto no muestra significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), es moderado. En consecuencia, la regresión lineal utilizada podría ofrecer un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo podría explicar adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos seleccionados.

Finalmente, el p-value asociado a nuestro análisis es moderado. Esto sugiere que existe cierta evidencia para rechazar la hipótesis nula, aunque no de manera concluyente. En otras palabras, hay indicios moderados de una relación entre la profundidad del suelo y los índices topográficos analizados. Sin embargo, se debe interpretar con precaución y considerar otros factores antes de llegar a conclusiones definitivas.

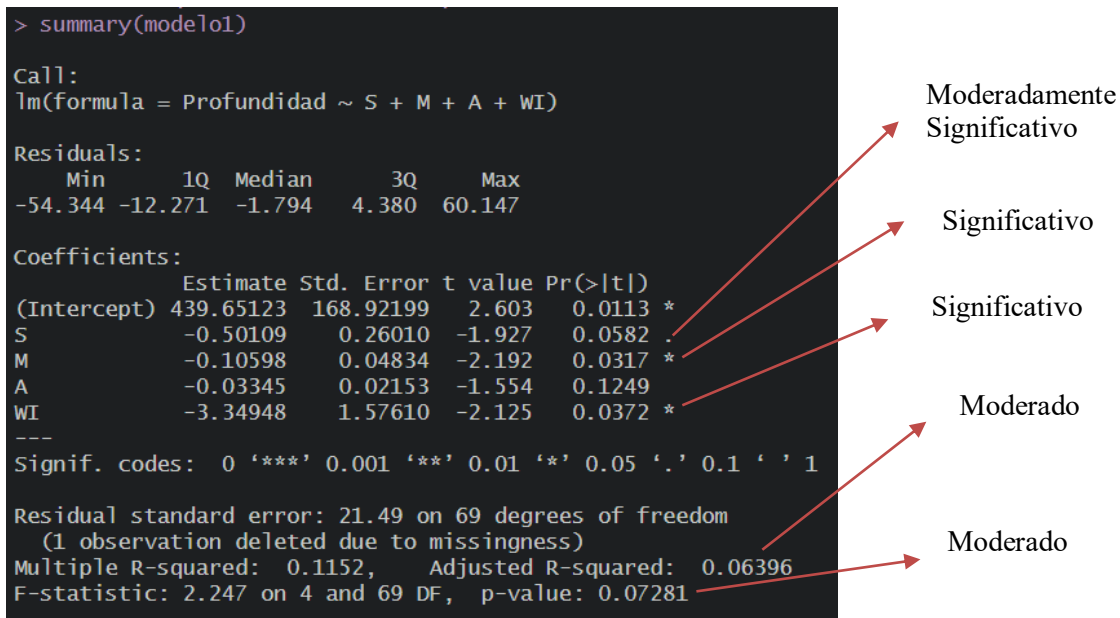


Figura: 84. “Resultado modelo 4. (Profundidad~S+M+A+WI)”
 Fuente: Yanez, 2024.

5.3.4.3.Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y la selección de las mejores variables proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación significativa entre la profundidad del suelo, la elevación (M) y el índice de humedad (WI) mientras que, con la pendiente (S) la correlación es moderadamente significativa y con el aspecto (A) la correlación es casi nula.

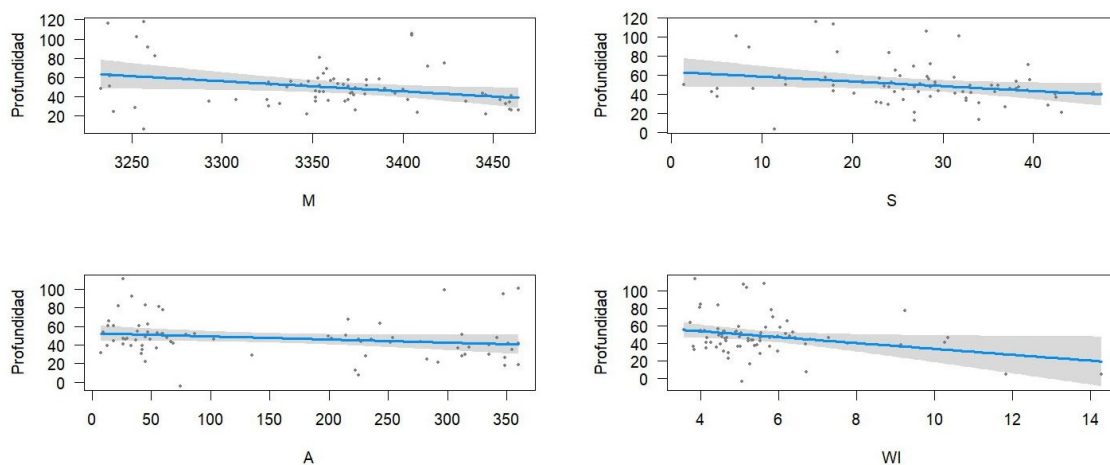


Figura: 85. “Resultados visreg. (Profundidad~S+M+A+WI)”

Fuente: Yanez, 2024.

5.3.4.4.Resultado hist

Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiéndonos evaluar la adecuación de nuestro modelo. La forma y la distribución de los residuos son indicadores importantes para comprender la calidad de ajuste del modelo y verificar si cumple con los supuestos de la regresión lineal. En este caso el histograma dice que el modelo si sigue una distribución normal alrededor de cero pero que todavía no es el adecuado.

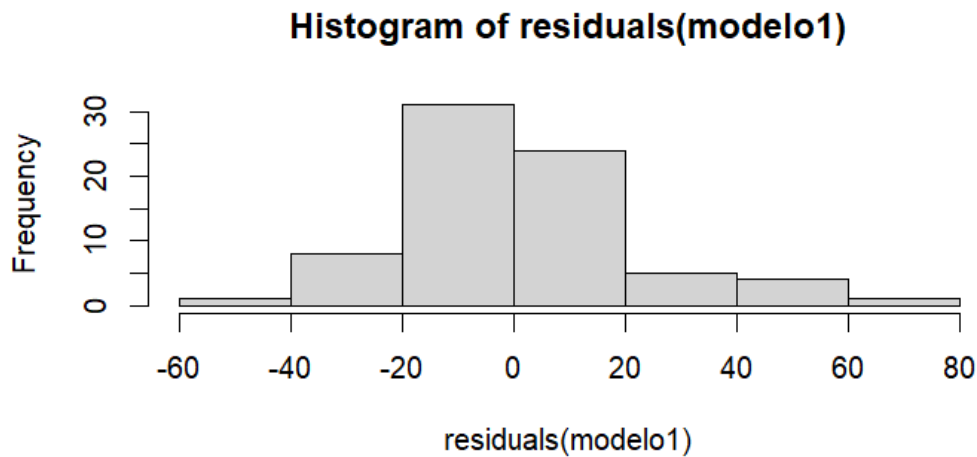


Figura: 86. “Resultado his. (Profundidad~S+M+A+WI)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.4.5. Resultados plot

En el gráfico 87, muestra que, el primer gráfico "Residuals vs Fitted" tiene puntos dispersos y una línea suave en rojo que intenta capturar la tendencia de los residuos. El segundo gráfico "Scale-Location" muestra los residuales estandarizados en función de los valores ajustados, similar al primero, pero mirando la dispersión de los residuales estandarizados para identificar posibles problemas de heterocedasticidad. El tercer gráfico "Residuals vs Leverage" muestra los residuos estandarizados en función del apalancamiento (leverage) de cada observación. También incluye curvas de distancia de Cook que ayudan a identificar los puntos con mayor influencia en el modelo. El cuarto gráfico, "Q-Q Plot" de los residuales, Los puntos deberían estar alrededor de la línea inclinada que representa la distribución teórica.

Por lo tanto, el modelo parece no cumplir completamente con las suposiciones del análisis de regresión.

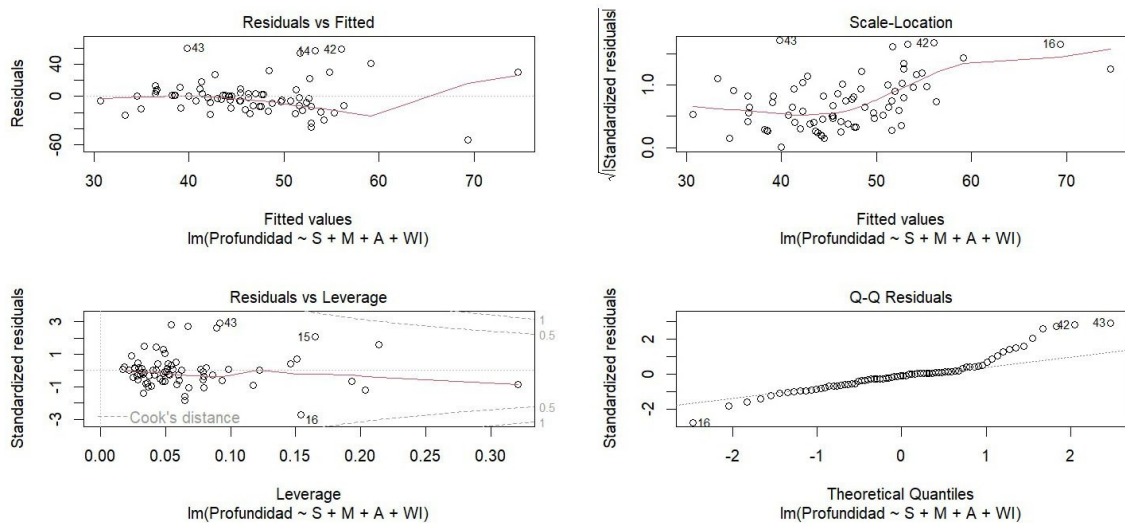


Figura: 87. “Resultados plot. (Profundidad~S+M+A+WI)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.5. Quinta modelación mediante el programa “R”

Esta fase, se centra en modelar la relación específica entre la profundidad del suelo y las muestras recopiladas exclusivamente mediante las vías de acceso. Para este análisis, se utiliza la información detallada en la Tabla 24 que se encuentra en la parte de anexos, donde se describe la profundidad obtenida a través de barrenaciones y la presencia de vías de acceso en cada punto. A continuación, se presenta la tabla depurada, seleccionando únicamente los puntos asociados a muestras de donde existió presencia de vías.

5.3.5.1. Código de modelación

En esta etapa, se emplea un conjunto de 78 puntos obtenidos exclusivamente mediante barrenaciones para modelar la relación entre la profundidad real del suelo y los atributos topográficos. A través del siguiente código implementado en el programa "R", se exploran posibles vínculos y patrones entre estos dos conjuntos de datos.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)
```

```

#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS TESIS\\R\\VIAL.csv",skip
= 0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~S+M+A+PROFC+TANG+DD+WI+Irreg+Somb)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)

```

5.3.5.2.Resultado modelo 5

Los resultados del análisis realizado en el programa "R" revelan que la dirección de drenaje es altamente significativa lo que significa que hay relación con la profundidad de los suelos, en ciertos índices topográficos, específicamente en el índice de humedad y el relieve sombreado, muestran una significancia estadística en relación con la profundidad de los suelos. Esta significancia implica una relación sustancial entre el índice de humedad y el relieve sombreado y la profundidad de los suelos. En cambio, los demás atributos del terreno no muestran significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), moderadamente alta. En consecuencia, la regresión lineal utilizada ofrecería un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo podría explicar adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos seleccionados.

Finalmente, el p-value asociado al análisis es moderadamente bajo. Esto sugiere que existe cierta evidencia para rechazar la hipótesis nula, aunque no de manera concluyente. En otras palabras, hay indicios moderados de una relación entre la profundidad del suelo y

los índices topográficos analizados. Sin embargo, se debe interpretar con precaución y considerar otros factores antes de llegar a conclusiones definitivas.

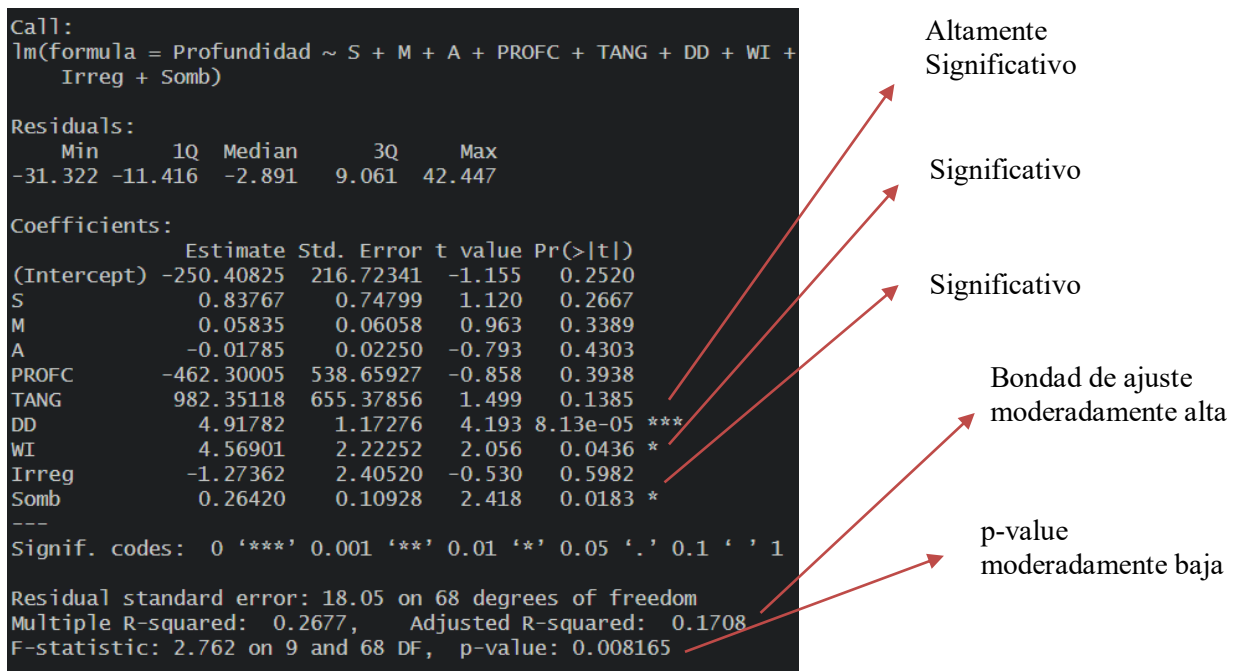


Figura: 88. “Resultados modelo 5”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.5.3. Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y los atributos topográficos obtenidos mediante tramos viales proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación altamente significativa entre la profundidad del suelo y la dirección del drenaje (DD), mientras que, con el índice de humedad (WI) y el mapa de sobras (Somb), la correlación es significativa y con los otros atributos, la correlación es casi nula.

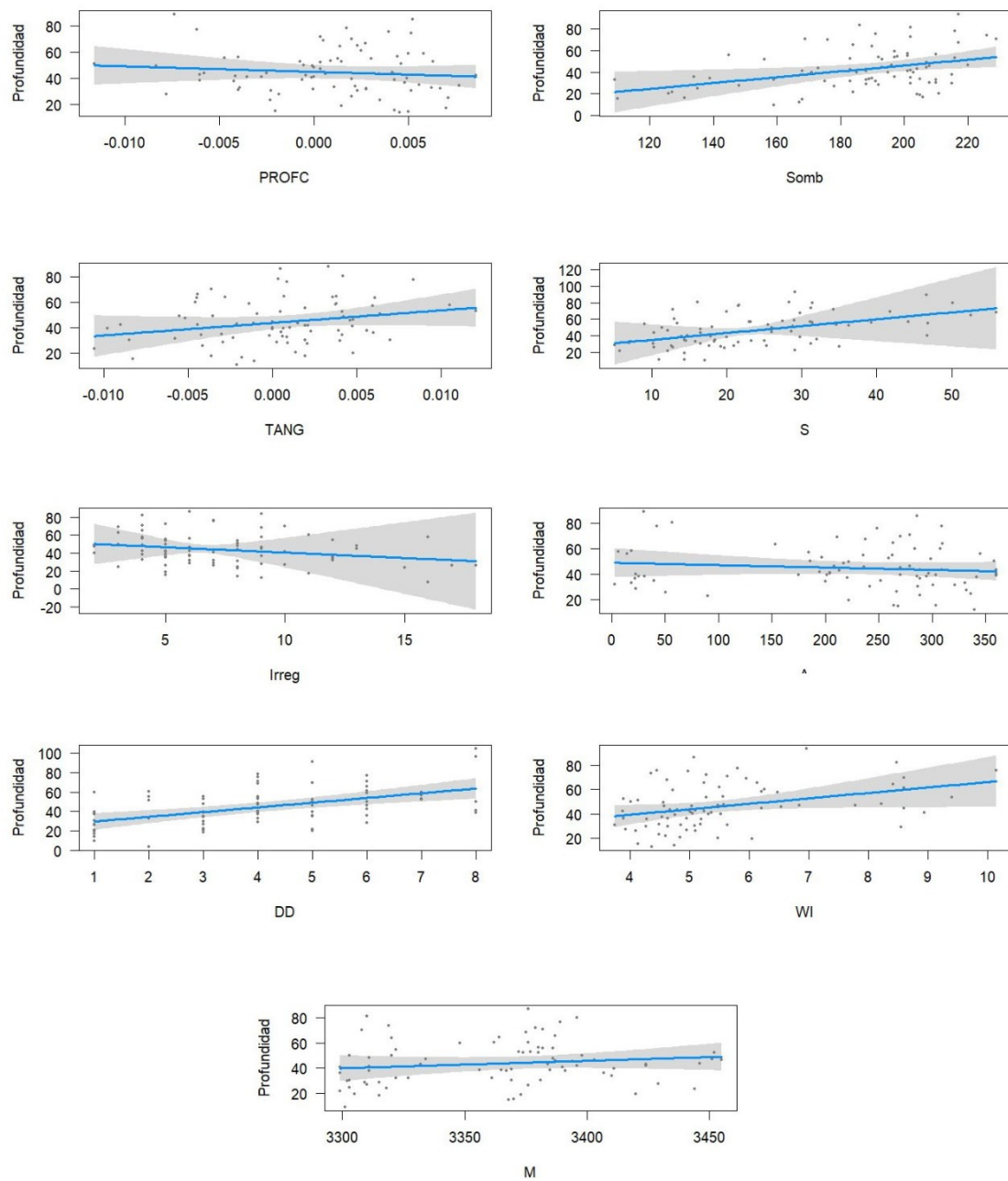


Figura: 89. “Resultados visreg. Profundidades obtenidas por acceso de via”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.5.4.Resultado hist

Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiéndolo evaluar la adecuación de nuestro modelo. La forma y la distribución de los residuos son indicadores importantes para comprender la calidad de ajuste del modelo y

verificar si cumple con los supuestos de la regresión lineal. En este caso el histograma dice que el modelo si sigue una distribución normal alrededor de cero y se podría decir que el modelo es adecuado.

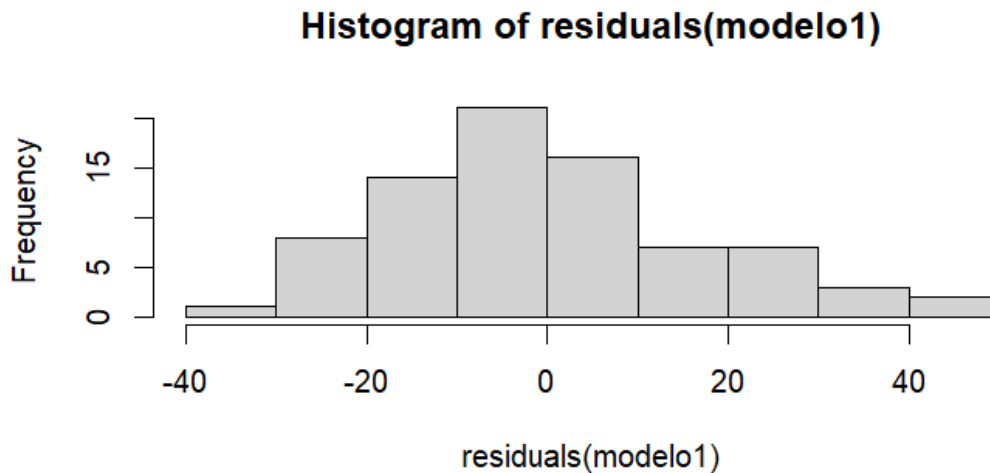


Figura: 90. “Resultados hist. Profundidades obtenidas por acceso de vías”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.5.5.Resultados plot

Estas representaciones gráficas permiten una mejor comprensión de la distribución de los datos y las tendencias observadas en el modelo.

La figura 91, muestra cuatro gráficos utilizados para evaluar la idoneidad de un modelo de regresión. Estos gráficos permiten detectar problemas como no linealidad, heterocedasticidad, puntos influyentes y distribución no normal de los residuos. En resumen, los gráficos sugieren que el modelo de regresión puede presentar problemas con la no linealidad, la varianza no constante de los errores y la distribución no normal de los residuos, lo que podría requerir ajustes adicionales al modelo.

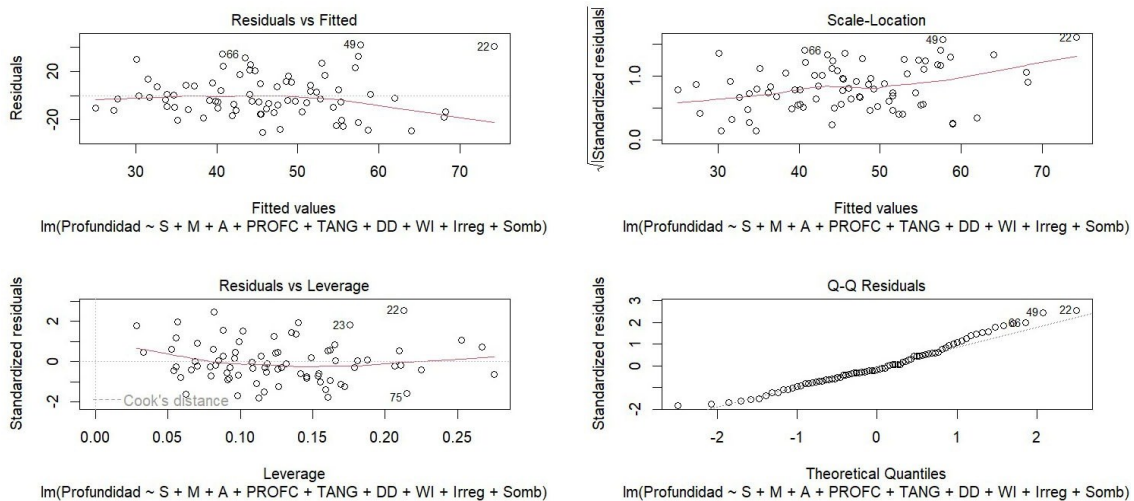


Figura: 91. “Resultados plot. Profundidades obtenidas mediante acceso de vías”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.6. Sexta modelación mediante el programa “R”

A continuación, se presenta el código utilizado para realizar la selección de variables y determinar cuáles son las más relevantes para el modelo. Este proceso es esencial para identificar los predictores más significativos y mejorar la eficacia del modelo.

```
#-----SELECCION DE VARIABLES -----
seleccion=stepAIC(modelo1,direction = c("both"))
summary(seleccion)
```

El código utilizado en conjunto con el modelo anterior fue crucial para seleccionar las variables más relevantes en la relación entre la profundidad del suelo y los atributos topográficos mediante puntos obtenidos con barrenaciones. Los resultados indicaron que las variables más influyentes para el modelo es la pendiente, la curvatura tangencial, la dirección del drenaje, el índice de humedad y el relieve sombreado.

```
> summary(seleccion)

Call:
lm(formula = Profundidad ~ S + TANG + DD + WI + Somb)
```

Figura: 92. “Selección de la mejor variable. (Profundidad~S+TANG+DD+WI+SOMB)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.6.1.Código de modelación

En esta etapa, se emplea la “tabla24” la cual describe los puntos obtenidos exclusivamente mediante accesos de vía para modelar la relación entre la profundidad real del suelo y los atributos topográficos escogidos. A través del siguiente código implementado en el programa "R", se exploran posibles vínculos y patrones entre estos dos conjuntos de datos.

```
#librerias
library(visreg)
library(ggplot2)

#importar bases con extension cvs
bdatos=read.table("C:\\Users\\Alex\\Desktop\\10° CICLO\\FOTOS TESIS\\R\\VIAL.csv",skip =
0,header = TRUE,sep = ",")
str(bdatos)
attach(bdatos)

#modelo Multiple
modelo1=lm(Profundidad~S+TANG+DD+WI+Somb)
summary(modelo1)

#Resultados
visreg(modelo1)
hist(residuals(modelo1))
plot(modelo1)
```

5.3.6.2.Resultado modelo 6

Los resultados del análisis realizado en el programa "R" revelan que la dirección de drenaje es altamente significativa lo que significa que hay relación con la profundidad de los suelos, en ciertos índices topográficos, específicamente en el índice de humedad y el relieve sombreado, muestran una significancia estadística en relación con la profundidad de los suelos. Esta significancia implica una relación sustancial entre el índice de humedad y el relieve sombreado y la profundidad de los suelos. En cambio, la curvatura tangencial no muestra significancia estadística, indicando que no hay evidencia de una relación significativa con la profundidad del suelo.

Este resultado sugiere que la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado (Adjusted R-squared), moderadamente alta en comparación con las anteriores modelaciones. En consecuencia, la regresión lineal utilizada ofrecería un ajuste aceptable a los datos, lo que implica que el modelo podría explicar adecuadamente la variabilidad entre la profundidad del suelo y los índices topográficos seleccionados.

Finalmente, el p-value asociado a nuestro análisis bajo. Esto sugiere que existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, aunque no de manera concluyente. En otras palabras, hay indicios moderados de una relación entre la profundidad del suelo y los índices topográficos analizados. Sin embargo, se debe interpretar con precaución y considerar otros factores antes de llegar a conclusiones definitivas.

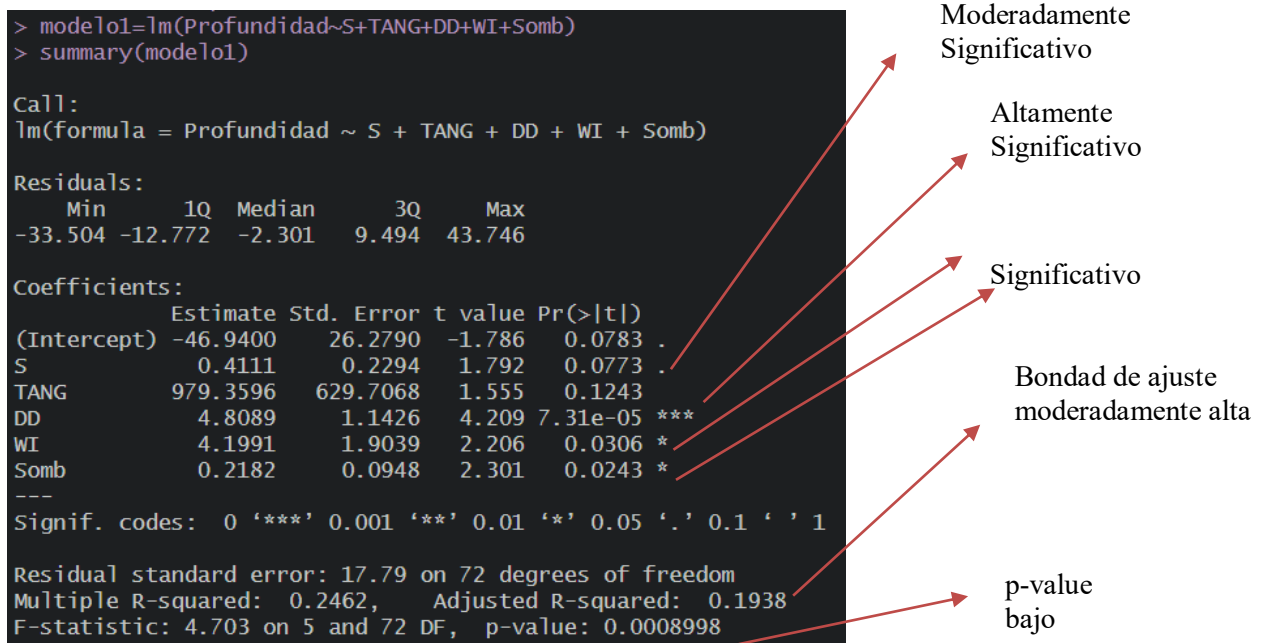


Figura: 93. “Resultado modelo 6”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.6.3.Resultados visreg

Las gráficas de resultados visreg entre la profundidad del suelo y la selección de las mejores variables proporcionan una visión detallada de las relaciones potenciales entre estas

variables. Al analizar estas representaciones gráficas, se observa una variabilidad significativa en las tendencias. Se destaca una aparente correlación altamente significativa entre la profundidad del suelo y la dirección de drenaje (DD) mientras que, con el índice de humedad (WI) y el mapa de sombras (Somb), la correlación es significativa y con los otros atributos restantes como la pendiente (S) y la curvatura tangencial (TANG) la correlación es moderadamente significativa.

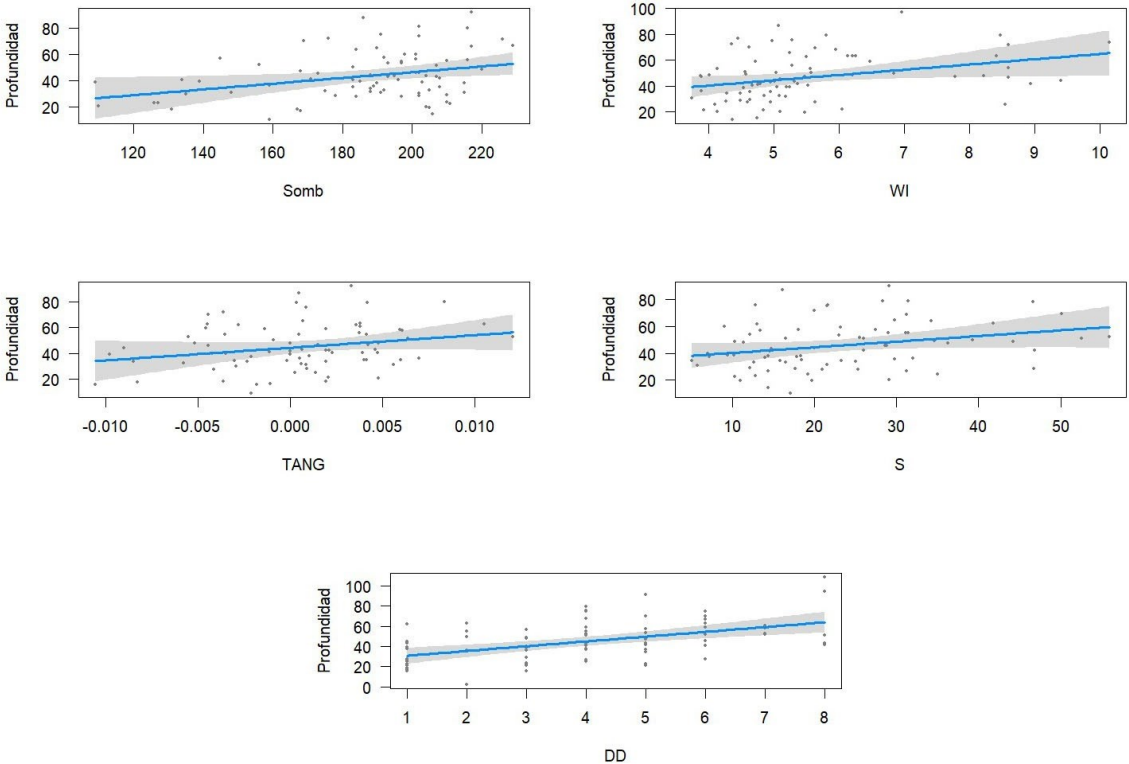


Figura: 94. “Resultado visreg. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb)”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.6.4.Resultado hist

Este histograma ayuda a visualizar la dispersión y la forma de los residuos, permitiéndonos evaluar la adecuación de nuestro modelo. La forma y la distribución de los residuos son indicadores importantes para comprender la calidad de ajuste del modelo y verificar si cumple con los supuestos de la regresión lineal. En este caso el histograma dice

que los residuos muestran una distribución cercana a cero, este resultado indicaría que el modelo actual es más adecuado en comparación con los modelos previos. Una distribución centrada alrededor de cero sugiere que los residuos están distribuidos de manera más uniforme y se acercan a una distribución normal

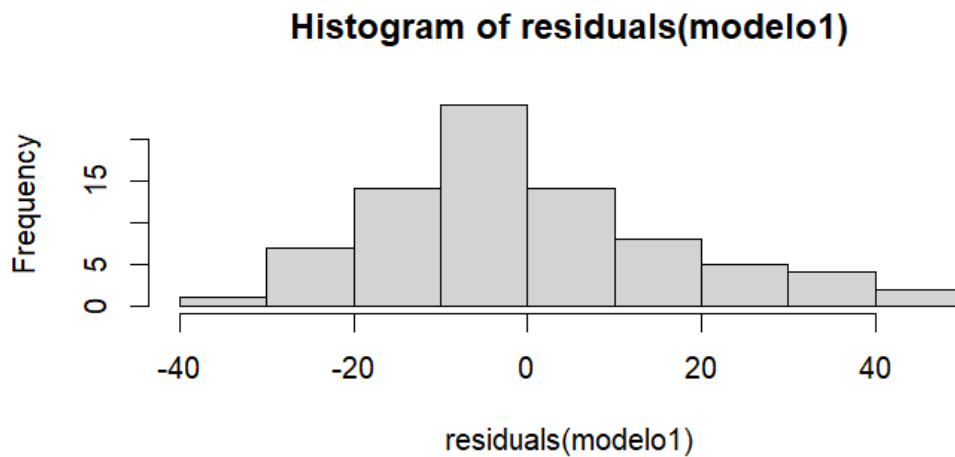


Figura: 95. “Resultados hist. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb”
Fuente: Yanez, 2024.

5.3.6.5.Resultados plot

Estas representaciones gráficas permiten una mejor comprensión de la distribución de los datos y las tendencias observadas en el modelo.

La figura 96, muestra cuatro gráficos utilizados para evaluar la idoneidad de un modelo de regresión. Estos gráficos permiten detectar problemas como no linealidad, heterocedasticidad, puntos influyentes y distribución no normal de los residuos. En resumen, los gráficos sugieren que el modelo de regresión puede presentar problemas con la no linealidad, la varianza no constante de los errores y la distribución no normal de los residuos, lo que podría requerir ajustes adicionales al modelo, sin embargo, se necesitaría un análisis más detallado y datos más relevantes para una evaluación completa.

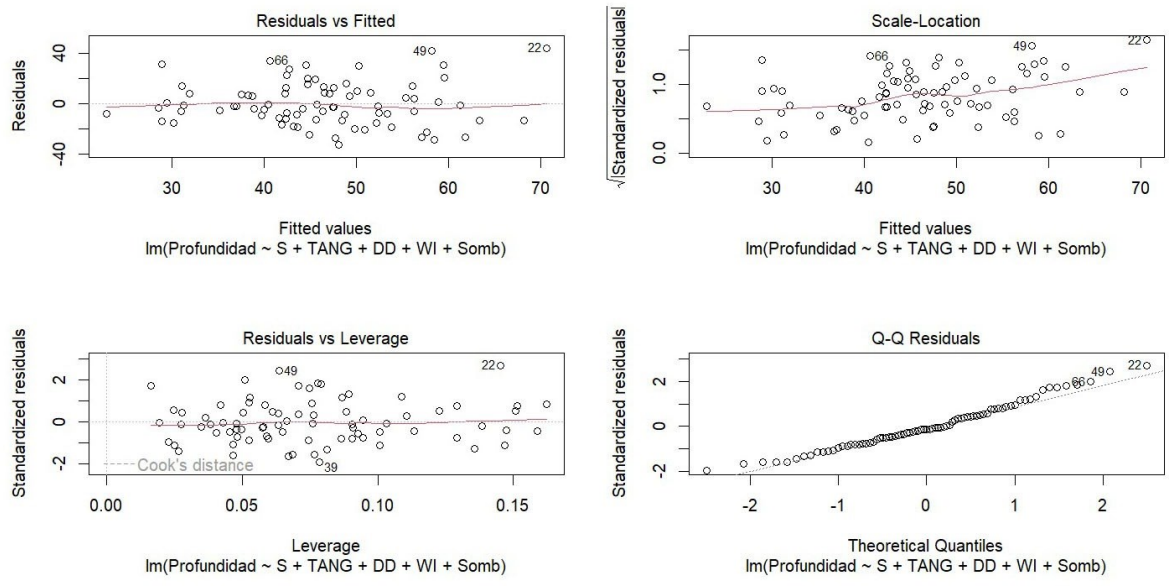


Figura: 96. “Resultados plot. (Profundidad~S+TANG+WI+Somb
Fuente: Yanez, 2024.

6. CONCLUSIONES

6.1. Paquete de trabajo 1

En este paquete, se logró satisfactoriamente alcanzar los parámetros esenciales para la obtención de las profundidades reales del suelo a lo largo de la microcuenca Yutujapina. Se recolectaron un total de 153 muestras, destacándose la identificación del material orgánico en las vías de acceso, con sus respectivos perfiles, mediante la recopilación de 78 muestras. Asimismo, se realizó una observación detallada del material orgánico a través de barrenaciones, de las cuales se recolectaron 75 muestras.

El análisis de este estudio ha revelado que la profundidad promedio del horizonte orgánico en la microcuenca Yutujapina es de 46.5 cm. Este dato es crucial para comprender la composición del suelo y su influencia en los procesos ecológicos locales. Además, se observó que la variabilidad en la profundidad es significativa, con un rango que va desde 10 cm hasta 115 cm. La mediana de 45 cm indica que la mitad de las muestras tienen profundidades inferiores a este valor, y la otra mitad, mayores. Estos hallazgos proporcionan una visión más completa de la distribución de las profundidades del horizonte orgánico en la microcuenca.

Durante la ejecución de los transectos en el campo, se destacó la observación de parámetros adicionales, entre los cuales se incluyó la textura del suelo y la predominancia de la vegetación en distintas áreas. Estos aspectos proporcionan una perspectiva más completa y detallada de las condiciones del suelo a lo largo de la microcuenca.

6.2. Paquete de trabajo 2

En esta investigación, se identificó una clara tendencia sobre el material orgánico: a mayor elevación y pendiente, se observa un aumento en el contenido de material orgánico del suelo, mientras que, a menor elevación y pendiente, se registra una disminución en dicho contenido. Además, se destacó que las zonas cóncavas presentan mayores concentraciones de suelo orgánico en comparación con las zonas convexas. Estos hallazgos revelan patrones significativos en la distribución del material orgánico en la microcuenca Yutujapina.

Se ha logrado exitosamente representar los atributos topográficos clave, tales como pendiente, elevación, aspecto, curvatura del perfil, curvatura tangencial, dirección del drenaje, índice de humedad, irregularidad del terreno y relieve sombreado. Este logro se debe a la eficaz utilización del programa QGIS, que posibilitó la generación de mapas detallados, la obtención de perfiles específicos para cada atributo topográfico, la creación de histogramas representativos y, finalmente, la recopilación de los resultados necesarios para la modelación subsiguiente en el programa "R".

En base a los resultados obtenidos mediante el análisis realizado en el programa "R", se presentan las conclusiones relevantes de cada modelo:

Resultados del Modelo 1

El índice topográfico de la dirección del drenaje muestra una significancia moderada con un valor de 0.070. Sin embargo, la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de determinación ajustado, es relativamente baja (-0.013), y el p-value asociado es alto (0.643) por lo que el modelo no parece ser estadísticamente significativo.

Resultados del modelo 2

El índice topográfico de la dirección del drenaje exhibe una significancia moderada con un valor de 0.047, Sin embargo, la bondad de ajuste, representada por el coeficiente de

determinación ajustado, es relativamente baja (0.015) el p-value asociado es alto (0.154) por lo que el modelo no parece ser estadísticamente significativo.

Resultados del modelo 3

El índice topográfico de la elevación muestra una significancia moderada con un valor de 0.042, pero la bondad de ajuste es relativamente baja (0.010) y El p-value es alto (0.385) por lo que el modelo no parece ser estadísticamente significativo.

Resultados del modelo 4

El índice topográfico de la pendiente es moderadamente significativo con un valor de 0.058, mientras que el índice de humedad (0.037) y la elevación (0.031) son significativos respectivamente. La bondad de ajuste es más destacada (0.063), aunque no es un valor muy alto, sugiere que el conjunto de variables predictoras tiene cierta capacidad para explicar la variabilidad observada. y el p-value (0.072) está por encima del nivel de significancia convencional de 0.05. Esto sugiere que el modelo no es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95%.

Resultados del modelo 5

El índice topográfico de la dirección del drenaje es altamente significativo con un valor de $8.13e-05$, mientras que el índice de humedad (0.043) y el relieve de sombras (0.018) son significativos respectivamente. La bondad de ajuste es más destacada (0.1708) este valor es más alto que en los casos anteriores, lo cual es positivo y sugiere una mejor capacidad explicativa del conjunto de variables predictoras y el p-value (0.008) está por debajo del nivel de significancia convencional de 0.05. Esto indica que el modelo es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95%. En este caso, hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes son iguales a cero.

Resultados del modelo 6

El índice topográfico de la dirección del drenaje sigue siendo altamente significativo con un valor de $7.13e-05$, mientras que el índice de humedad (0.030) y el relieve de sombras (0.024) son significativos respectivamente, la pendiente (0.077) es moderadamente significativa comparado con los otros atributos. La bondad de ajuste alcanza un valor considerable (0.193), este valor es más alto que en los casos anteriores, lo cual es positivo y sugiere una mejor capacidad explicativa del conjunto de variables predictoras. El p-value (0.0008) está significativamente por debajo del nivel de significancia convencional de 0.05. Esto indica que el modelo es altamente estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95%. La evidencia es fuerte para rechazar la hipótesis nula de que los coeficientes son iguales a cero.

En general, al analizar los seis modelos, se observa que el Modelo 6 destaca como el que presenta la mayor relación con los atributos del terreno, mientras que el Modelo 1 muestra la menor relación. Ahora, profundicemos en el porqué de estas observaciones:

Modelo 6:

- **Razón de Destaque:** Este modelo se destaca por tener múltiples atributos topográficos (índice de dirección del drenaje, índice de humedad, relieve de sombras y la pendiente) que son altamente significativos, significativos y moderadamente significativos.
- **Bondad de Ajuste:** La bondad de ajuste (Adjusted R-squared) es notablemente alta (0.193), indicando que el modelo explica una proporción significativa de la variabilidad en los datos.
- **Significancia Global:** El p-value asociado al análisis es muy bajo (0.0008),

respaldando la validez global del modelo.

Modelo 1:

- **Razón de Menor Relación:** Este modelo tiene solo un atributo topográfico, la dirección del drenaje, con una significancia moderada.
- **Bondad de Ajuste:** El coeficiente de determinación ajustado es negativo (-0.01382), lo que sugiere que el modelo no ajusta bien los datos.

Significancia Global: El p-value asociado (0.643) es elevado, indicando que el modelo no parece ser estadísticamente significativo.

En resumen, el Modelo 6 presenta la mejor relación global con los atributos topográficos debido a la significancia de múltiples variables, una alta bondad de ajuste y un bajo p-value. Por otro lado, el Modelo 1 muestra la menor relación, ya que tiene menos variables significativas y una baja capacidad de ajuste a los datos.

7. RECOMENDACIONES

7.1. Paquete de trabajo 1

Con relación a este paquete, se sugiere considerar ajustes en la metodología de muestreo. En lugar de emplear el muestreo detallado por transectos, se propone explorar la viabilidad y eficacia del muestreo detallado por cuadrículas. Este enfoque podría proporcionar una mejora en la eficiencia de la recolección de datos, facilitando una cobertura más sistemática y completa del área de estudio.

Asimismo, se recomienda implementar un proceso organizado y secuencial durante las actividades de campo. Se sugiere que la captura de datos y la toma de fotografías se realicen de manera coordinada y ordenada. Esta práctica no solo optimizará la eficiencia del trabajo en campo, sino que también facilitará la posterior fase de análisis, permitiendo una interpretación más ágil y precisa de los resultados obtenidos.

7.2. Paquete de trabajo 2

En el contexto de este paquete, se sugiere un enfoque organizado en el manejo de datos y programa. Es recomendable crear y mantener una carpeta única que albergue todos los archivos generados durante el proceso en QGIS. Esta práctica garantiza una localización coherente de los datos y evita posibles inconvenientes, como la pérdida de información que podría ocurrir si los archivos se dispersan en diferentes ubicaciones.

Adicionalmente, en relación con las modelaciones en el programa "R", se aconseja trabajar exclusivamente con formato CSV para la entrada de datos. Esto previene posibles interpretaciones erróneas del programa al manipular datos en otros formatos, evitando potenciales errores de conversión que podrían surgir al tratar de interpretar caracteres en lugar de valores numéricos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beven, K. (2012). *Rainfall-Runoff Modelling* (1.^a ed.). Wiley Blackwell.
- Calle, Jhoana, B., Chisaca. (2012). *CARACTERIZACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA DE LOS SUELOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO TARQUI* [Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/771/1/ti897.pdf>
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (Eds.). (2008). *Soil sampling and methods of analysis* (2nd ed). Canadian Society of Soil Science ; CRC Press.
- Fiolleau, S., Uhlemann, S., Falco, N., & Dafflon, B. (2023). Assessing probability of failure of urban landslides through rapid characterization of soil properties and vegetation distribution. *Geomorphology*, 423, 108560.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108560>
- Florinsky, I., Eilers, R. G., Manning, G. R., & Fuller, L. G. (2002). Prediction of soil properties by digital terrain modeling. *Environmental Modelling & Software*, 17, 295-311. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00067-6)
- Foereid, B., & Høgh-Jensen, H. (2004). Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe – a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68(1), 13-24. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000012231.89516.80>
- Guns, M., & Vanacker, V. (2013). Forest cover change trajectories and their impact on landslide occurrence in the tropical Andes. *Environmental Earth Sciences*, 70(7), 2941-2952. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2352-9>
- Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., & Stein, A. (2004). A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma*, 120(1), 75-93.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.08.018>

Kuriakose, S. L., Devkota, S., Rossiter, D. G., & Jetten, V. G. (2009). Prediction of soil depth using environmental variables in an anthropogenic landscape, a case study in the Western Ghats of Kerala, India. *CATENA*, 79(1), 27-38.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.005>

Mehnatkesh, A., Ayoubi, S., Jalalian, A., & Sahrawat, K. L. (2013). Relationships between soil depth and terrain attributes in a semi arid hilly region in western Iran. *Journal of Mountain Science*, 10(1), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s11629-013-2427-9>

Meyer, M. D., North, M. P., Gray, A. N., & Zald, H. S. J. (2007). Influence of soil thickness on stand characteristics in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Plant and Soil*, 294(1), 113-123. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9235-3>

Minasny, B., & McBratney, Alex. B. (1999). A rudimentary mechanistic model for soil production and landscape development. *Geoderma*, 90(1), 3-21.

[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00115-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00115-3)

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2013). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (Segunda Edición). LIMUSA,S.A DE C.V.

Odeh, I. O. A., McBratney, A. B., & Chittleborough, D. J. (1995). Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: Heterotopic cokriging and regression-kriging.

Geoderma, 67(3), 215-226. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(95\)00007-B](https://doi.org/10.1016/0016-7061(95)00007-B)

Saulnier, G.-M., Beven, K., & Obled, C. (1997). Including spatially variable effective soil depths in

TOPMODEL. *Journal of Hydrology*, 202(1), 158-172.

[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00059-0)

Schweizer, S. (2011). *MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS PARA DIAGNÓSTICO DE FERTILIDAD*. 19.

Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería* (Novena Edición). Person Educación.

Yang, Q., Zhang, F., Jiang, Z., Li, W., Zhang, J., Zeng, F., & Li, H. (2014). Relationship between soil depth and terrain attributes in karst region in Southwest China. *Journal of Soils and Sediments*, 14(9), 1568-1576. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0904-6>

Ziadat, F. M. (2010). Prediction of Soil Depth from Digital Terrain Data by Integrating Statistical and Visual Approaches. *Pedosphere*, 20(3), 361-367.

[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60025-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60025-2)

Beven, K. (2012). *Rainfall-Runoff Modelling* (1.^a ed.). Wiley Blackwell.

Calle, Jhoana, B., Chisaca. (2012). *CARACTERIZACION DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA DE LOS SUELOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO TARQUI* [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/771/1/ti897.pdf>

Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (Eds.). (2008). *Soil sampling and methods of analysis* (2nd ed). Canadian Society of Soil Science ; CRC Press.

Fiolleau, S., Uhlemann, S., Falco, N., & Dafflon, B. (2023). Assessing probability of failure of urban landslides through rapid characterization of soil properties and vegetation distribution. *Geomorphology*, 423, 108560.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108560>

- Florinsky, I., Eilers, R. G., Manning, G. R., & Fuller, L. G. (2002). Prediction of soil properties by digital terrain modeling. *Environmental Modelling & Software*, *17*, 295-311. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00067-6)
- Foereid, B., & Høgh-Jensen, H. (2004). Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe – a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *68*(1), 13-24. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000012231.89516.80>
- Guns, M., & Vanacker, V. (2013). Forest cover change trajectories and their impact on landslide occurrence in the tropical Andes. *Environmental Earth Sciences*, *70*(7), 2941-2952. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2352-9>
- Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., & Stein, A. (2004). A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma*, *120*(1), 75-93. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.08.018>
- Kuriakose, S. L., Devkota, S., Rossiter, D. G., & Jetten, V. G. (2009). Prediction of soil depth using environmental variables in an anthropogenic landscape, a case study in the Western Ghats of Kerala, India. *CATENA*, *79*(1), 27-38. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.005>
- Mehnatkesh, A., Ayoubi, S., Jalalian, A., & Sahrawat, K. L. (2013). Relationships between soil depth and terrain attributes in a semi arid hilly region in western Iran. *Journal of Mountain Science*, *10*(1), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s11629-013-2427-9>
- Meyer, M. D., North, M. P., Gray, A. N., & Zald, H. S. J. (2007). Influence of soil thickness on stand characteristics in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Plant and Soil*, *294*(1), 113-123. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9235-3>

- Minasny, B., & McBratney, Alex. B. (1999). A rudimentary mechanistic model for soil production and landscape development. *Geoderma*, 90(1), 3-21.
[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00115-3](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00115-3)
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2013). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (Segunda Edición). LIMUSA,S.A DE C.V.
- Odeh, I. O. A., McBratney, A. B., & Chittleborough, D. J. (1995). Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: Heterotopic cokriging and regression-kriging.
Geoderma, 67(3), 215-226. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(95\)00007-B](https://doi.org/10.1016/0016-7061(95)00007-B)
- Saulnier, G.-M., Beven, K., & Obled, C. (1997). Including spatially variable effective soil depths in TOPMODEL. *Journal of Hydrology*, 202(1), 158-172.
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00059-0)
- Schweizer, S. (2011). *MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS PARA DIAGNÓSTICO DE FERTILIDAD*. 19.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería* (Novena Edición). Person Educación.
- Yang, Q., Zhang, F., Jiang, Z., Li, W., Zhang, J., Zeng, F., & Li, H. (2014). Relationship between soil depth and terrain attributes in karst region in Southwest China. *Journal of Soils and Sediments*, 14(9), 1568-1576. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0904-6>
- Ziadat, F. M. (2010). Prediction of Soil Depth from Digital Terrain Data by Integrating Statistical and Visual Approaches. *Pedosphere*, 20(3), 361-367.
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60025-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60025-2)
- Long, J. (JD), & Teetor, P. (2019). *R Cookbook, 2nd Edition*. <https://rc2e.com/>
- Mosquera, G. M., Franklin, M., Jan, F., Rolando, C., Lutz, B., David, W., & Patricio, C. (2021). A

field, laboratory, and literature review evaluation of the water retention curve of volcanic ash soils: How well do standard laboratory methods reflect field conditions? *Hydrological Processes*, 35(1), e14011. <https://doi.org/10.1002/hyp.14011>

Patiño, S., Hernández, Y., Plata, C., Domínguez, I., Daza, M., Oviedo-Ocaña, R., Buytaert, W., & Ochoa-Tocachi, B. F. (2021). Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering. *CATENA*, 202, 105227. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105227>

9. ANEXOS

9.1. Profundidades reales de suelo con sus respectivos parámetros

PROFUNDIDADES REALES DE LOS SUELOS DE LA MICROCUENCA YUTUJAPINA								
#Punto	x	y	Profundidad (O) (cm)	Profundidad (A) (cm)	Vegetación Predominante	textura	Transecto	Observaciones
1	717614	9653052	5	40	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
2	717580	9653052	5	40	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
3	717534	9653051	5	35	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
4	717494	9653049	10	50	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
5	717463	9653056	5	25	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
6	717439	9653081	10	55	ARBUSTIVO	F.A.L	1	VIA
7	717412	9653107	5	50	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
8	717383	9653120	5	35	ARBUSTIVO	F.A.L	1	VIA
9	717357	9653105	10	50	PAJONAL	F.A.L	1	VIA
10	717322	9653092	5	30	PAJONAL	F.A.A	1	VIA
11	717278	9653106	10	35	ARBUSTIVO	F.A.L	1	VIA
12	717241	9653102	10	25	ARBUSTIVO	F.A.L	1	VIA
13	717201	9653117	5	40	ARBUSTIVO	F.A.L	1	BARRENACIÓN
14	717177	9653085	5	35	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
15	717159	9653045	5	30	PAJONAL	F.A.A	1	BARRENACIÓN
16	717101	9653019	5	25	ARBUSTIVO	F.A.A	1	BARRENACIÓN
17	717053	9653023	5	20	ARBUSTIVO	F.A.A	1	BARRENACIÓN
18	717041	9653057	5	35	ARBUSTIVO	F.A.A	1	BARRENACIÓN
19	716976	9653058	5	70	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
20	716933	9653043	5	15	ARBUSTIVO	F.A.A	1	BARRENACIÓN
21	716920	9653008	5	10	PAJONAL	F.A.A	1	BARRENACIÓN
22	716885	9652984	5	15	PAJONAL	F.A.A	1	BARRENACIÓN
23	716828	9652952	5	100	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
24	716808	9652943	5	35	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
25	716806	9652938	5	45	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
26	716793	9652858	10	100	PAJONAL	F.A.A	1	BARRENACIÓN
27	716750	9652838	5	95	PAJONAL	F.A.A	1	BARRENACIÓN
28	716713	9652842	5	10	PAJONAL	F.A.L	1	BARRENACIÓN
29	716684	9652837	5	50	ARBUSTIVO	F.A.L	1	BARRENACIÓN
30	717613	9653003	15	30	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
31	717594	9652921	5	75	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
32	717586	9652887	5	45	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
33	717522	9652799	5	40	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
34	717417	9652737	5	55	PAJONAL	F.A.A	2	VIA
35	717413	9652674	10	50	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
36	717340	9652626	10	70	PAJONAL	F.L	2	VIA
37	717277	9652605	5	30	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
38	717280	9652560	NA	60	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
39	717262	9652547	10	105	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
40	717228	9652572	10	50	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
41	717186	9652600	10	45	PAJONAL	F.L	2	VIA
42	717147	9652613	5	30	PAJONAL	F.L	2	VIA
43	717118	9652632	10	80	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
44	717084	9652631	5	40	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
45	717066	9652653	5	20	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
46	717019	9652607	5	20	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
47	717006	9652623	10	35	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
48	716965	9652653	5	10	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
49	716941	9652679	5	35	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
50	716909	9652697	5	20	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
51	716892	9652660	5	45	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
52	716852	9652651	5	20	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
53	716815	9652662	5	25	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
54	716765	9652671	10	10	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
55	716765	9652644	10	20	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
56	716721	9652635	NA	15	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
57	716709	9652641	5	30	ARBUSTIVO	F.A.L	2	VIA
58	716678	9652635	15	15	PAJONAL	F.A.A	2	VIA
59	716663	9652633	5	50	PAJONAL	F.A.L	2	VIA
60	716656	9652629	10	20	PAJONAL	F.A.L	2	VIA

61	717562	9652425	5	40	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
62	717547	9652404	10	50	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
63	717526	9652401	5	40	ARBUSTIVO	F.A.L	3	BARRENACIÒN
64	717499	9652392	5	45	ARBUSTIVO	F.A.L	3	BARRENACIÒN
65	717478	9652378	5	40	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
66	717464	9652361	5	45	ARBUSTIVO	F.A.L	3	BARRENACIÒN
67	717436	9652351	5	55	PAJONAL	F.A.L	3	VIA
68	717402	9652352	5	40	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
69	717375	9652359	NA	10	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
70	717357	9652350	10	30	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
71	717335	9652330	10	25	ARBUSTIVO	F.A.L	3	BARRENACIÒN
72	717318	9652314	10	40	ARBUSTIVO	F.A.L	3	BARRENACIÒN
73	717280	9652310	5	20	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
74	717248	9652308	10	35	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
75	717218	9652306	5	80	ARBUSTIVO	F.A.A	3	BARRENACIÒN
76	717189	9652321	10	35	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
77	717168	9652324	5	40	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
78	717134	9652319	10	50	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
79	717098	9652288	5	30	PAJONAL	F.A.A	3	BARRENACIÒN
80	717045	9652272	5	20	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
81	717014	9652282	5	35	ARBUSTIVO	F.A.A	3	BARRENACIÒN
82	716989	9652282	5	45	ARBUSTIVO	F.A.A	3	BARRENACIÒN
83	716957	9652301	5	35	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
84	716930	9652314	5	35	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
85	716913	9652320	5	35	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
86	716888	9652344	5	110	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
87	716860	9652336	5	95	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
88	716836	9652329	5	25	PAJONAL	F.A.A	3	BARRENACIÒN
89	716783	9652329	5	75	PAJONAL	F.A.L	3	BARRENACIÒN
90	717651	9652784	8	25	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
91	717653	9652752	5	55	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
92	717673	9652656	10	60	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
93	717611	9652548	15	85	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
94	717591	9652493	15	50	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
95	717573	9652459	15	15	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
96	717604	9652416	10	50	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
97	717586	9652361	10	25	ARBUSTIVO	F.A.L	4	VIA
98	717577	9652319	10	40	ARBUSTIVO	F.A.L	4	VIA
99	717551	9652301	10	60	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
100	717541	9652287	15	50	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
101	717525	9652228	12	25	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
102	717551	9652182	10	50	PAJONAL	F.A.L	4	VIA
103	717462	9652157	10	35	ARBUSTIVO	F.A.A	4	VIA
104	717433	9652157	5	15	ARBUSTIVO	F.A.L	4	BARRENACIÒN
105	717397	9652151	10	40	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
106	717404	9652149	12	28	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
107	717378	9652127	10	25	PAJONAL	F.A.A	4	BARRENACIÒN
108	717356	9652117	13	12	PAJONAL	F.A.A	4	BARRENACIÒN
109	717340	9652129	13	30	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
110	717322	9652142	12	38	PAJONAL	F.A.A	4	BARRENACIÒN
111	717322	9652153	12	33	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
112	717312	9652169	10	20	ARBUSTIVO	F.A.L	4	BARRENACIÒN
113	717302	9652162	11	29	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
114	717297	9652155	8	22	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
115	717276	9652152	10	40	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN

116	717274	9652148	8	42	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
117	717264	9652153	13	22	PAJONAL	F.A.A	4	BARRENACIÒN
118	717242	9652155	13	30	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
119	717227	9652140	5	50	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
120	717186	9652110	13	27	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
121	717158	9652090	10	60	ARBUSTIVO	F.A.L	4	BARRENACIÒN
122	717131	9652075	5	75	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
123	717082	9652046	10	25	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
124	717048	9652042	5	45	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
125	717016	9652040	10	25	PAJONAL	F.A.L	4	BARRENACIÒN
126	717626	9653016	10	30	PAJONAL	F.A.A	5	VIA
127	717618	9652926	15	40	ARBUSTIVO	F.A.A	5	VIA
128	717632	9652856	15	60	ARBUSTIVO	F.A.A	5	VIA
129	717655	9652798	5	45	ARBUSTIVO	F.A.A	5	VIA
130	717701	9652726	5	60	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
131	717752	9652648	NA	30	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
132	717752	9652585	5	70	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
133	717763	9652506	15	20	PAJONAL	F.A.A	5	VIA
134	717774	9652417	NA	15	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
135	717777	9652348	5	30	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
136	717758	9652318	10	20	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
137	717766	9652258	5	15	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
138	717766	9652114	10	25	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
139	717762	9652018	10	30	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
140	717696	9651933	NA	15	ARBUSTIVO	F.A.A	5	VIA
141	717603	9651877	10	20	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
142	717546	9651878	10	30	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
143	717513	9651889	10	25	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
144	717495	9651829	10	45	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
145	717498	9651759	15	20	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
146	717484	9651702	5	25	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
147	717462	9651667	10	15	PAJONAL	F.A.L	5	VIA
148	717405	9651642	10	35	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
149	717333	9651648	10	35	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
150	717266	9651661	5	35	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
151	717219	9651676	5	30	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
152	717167	9651704	5	35	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN
153	717086	9651909	5	40	PAJONAL	F.A.L	5	BARRENACIÒN

Tabla 13.“Profundidades reales de suelo con sus respectivos parámetros”

Fuente: Yanez, 2024.

9.2.Resultado de las elevaciones en la microcuenca de Yutujapina

#Punto	x	y	Elevación
1	717614	9653052	3398
2	717580	9653052	3396
3	717534	9653051	3390
4	717494	9653049	3384
5	717463	9653056	3373
6	717439	9653081	3375
7	717412	9653107	3380
8	717383	9653120	3385
9	717357	9653105	3380
10	717322	9653092	3369
11	717278	9653106	3367
12	717241	9653102	3361
13	717201	9653117	3354
14	717177	9653085	3336
15	717159	9653045	3325
16	717101	9653019	3308
17	717053	9653023	3293
18	717041	9653057	3282
19	716976	9653058	3263
20	716933	9653043	3252
21	716920	9653008	3240
22	716885	9652984	3233
23	716828	9652952	3237
24	716808	9652943	3238
25	716806	9652938	3238
26	716793	9652858	3257
27	716750	9652838	3253
28	716713	9652842	3257
29	716684	9652837	3259
30	717613	9653003	3387
31	717594	9652921	3379
32	717586	9652887	3376
33	717522	9652799	3356
34	717417	9652737	3348
35	717413	9652674	3334
36	717340	9652626	3320
37	717277	9652605	3305
38	717280	9652560	3311
39	717262	9652547	3310
40	717228	9652572	3308
41	717186	9652600	3310
42	717147	9652613	3315
43	717118	9652632	3319
44	717084	9652631	3322
45	717066	9652653	3318
46	717019	9652607	3322
47	717006	9652623	3320
48	716965	9652653	3315
49	716941	9652679	3311
50	716909	9652697	3309
51	716892	9652660	3311

51	716892	9652660	3311
52	716852	9652651	3303
53	716815	9652662	3299
54	716765	9652671	3299
55	716765	9652644	3303
56	716721	9652635	3301
57	716709	9652641	3299
58	716678	9652635	3302
59	716663	9652633	3303
60	716656	9652629	3303
61	717562	9652425	3364
62	717547	9652404	3358
63	717526	9652401	3354
64	717499	9652392	3348
65	717478	9652378	3344
66	717464	9652361	3338
67	717436	9652351	3332
68	717402	9652352	3327
69	717375	9652359	3326
70	717357	9652350	3326
71	717335	9652330	3332
72	717318	9652314	3336
73	717280	9652310	3347
74	717248	9652308	3352
75	717218	9652306	3354
76	717189	9652321	3354
77	717168	9652324	3352
78	717134	9652319	3362
79	717098	9652288	3374
80	717045	9652272	3379
81	717014	9652282	3380
82	716989	9652282	3387
83	716957	9652301	3390
84	716930	9652314	3396
85	716913	9652320	3403
86	716888	9652344	3405
87	716860	9652336	3405
88	716836	9652329	3408
89	716783	9652329	Na
90	717651	9652784	3381
91	717653	9652752	3382
92	717673	9652656	3382
93	717611	9652548	3376
94	717591	9652493	3376
95	717573	9652459	3370
96	717604	9652416	3377
97	717586	9652361	3368
98	717577	9652319	3365
99	717551	9652301	3362
100	717541	9652287	3364
101	717525	9652228	3369

102	717551	9652182	3372
103	717462	9652157	3374
104	717433	9652157	3374
105	717397	9652151	3370
106	717404	9652149	3372
107	717378	9652127	3371
108	717356	9652117	3368
109	717340	9652129	3360
110	717322	9652142	3356
111	717322	9652153	3353
112	717312	9652169	3352
113	717302	9652162	3356
114	717297	9652155	3359
115	717276	9652152	3367
116	717274	9652148	3370
117	717264	9652153	3370
118	717242	9652155	3373
119	717227	9652140	3380
120	717186	9652110	3400
121	717158	9652090	3414
122	717131	9652075	3423
123	717082	9652046	3435
124	717048	9652042	3444
125	717016	9652040	3446
126	717626	9653016	3391
127	717618	9652926	3386
128	717632	9652856	3389
129	717655	9652798	3386
130	717701	9652726	3387
131	717752	9652648	3394
132	717752	9652585	3396
133	717763	9652506	3403
134	717774	9652417	3407
135	717777	9652348	3411
136	717758	9652318	3410
137	717766	9652258	3420
138	717766	9652114	3424
139	717762	9652018	3424
140	717696	9651933	3429
141	717603	9651877	3444
142	717546	9651878	3454
143	717513	9651889	3459
144	717495	9651829	3452
145	717498	9651759	3446
146	717484	9651702	3451
147	717462	9651667	3455
148	717405	9651642	3457
149	717333	9651648	3460
150	717266	9651661	3459
151	717219	9651676	3464
152	717167	9651704	3460
153	717086	9651909	3446

Tabla 14. “Resultados de las elevaciones de la microcuenca de Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

9.3. Resultados de las pendientes de la microcuenca de Yutujapina

#Punto	x	y	Pendiente
1	717614	9653052	31,14
2	717580	9653052	39,29
3	717534	9653051	36,25
4	717494	9653049	34,67
5	717463	9653056	46,75
6	717439	9653081	46,65
7	717412	9653107	41,76
8	717383	9653120	44,18
9	717357	9653105	50,16
10	717322	9653092	55,95
11	717278	9653106	52,55
12	717241	9653102	46,82
13	717201	9653117	37,44
14	717177	9653085	42,45
15	717159	9653045	25,61
16	717101	9653019	36,88
17	717053	9653023	43,08
18	717041	9653057	39,32
19	716976	9653058	28,60
20	716933	9653043	33,97
21	716920	9653008	26,87
22	716885	9652984	5,10
23	716828	9652952	31,78
24	716808	9652943	28,64
25	716806	9652938	28,64
26	716793	9652858	28,18
27	716750	9652838	7,21
28	716713	9652842	11,40
29	716684	9652837	8,60
30	717613	9653003	28,84
31	717594	9652921	31,40
32	717586	9652887	32,06
33	717522	9652799	20,00
34	717417	9652737	13,42
35	717413	9652674	25,50
36	717340	9652626	13,04
37	717277	9652605	25,30
38	717280	9652560	26,00
39	717262	9652547	16,12
40	717228	9652572	28,32
41	717186	9652600	29,83
42	717147	9652613	31,24
43	717118	9652632	21,63
44	717084	9652631	11,40
45	717066	9652653	21,02
46	717019	9652607	18,38
47	717006	9652623	18,11
48	716965	9652653	21,54
49	716941	9652679	16,49
50	716909	9652697	12,81
51	716892	9652660	17,89
52	716852	9652651	10,30
53	716815	9652662	26,00
54	716765	9652671	19,70
55	716765	9652644	19,24
56	716721	9652635	17,09
57	716709	9652641	14,00
58	716678	9652635	16,55
59	716663	9652633	12,17
60	716656	9652629	12,17
61	717562	9652425	29,12
62	717547	9652404	26,83
63	717526	9652401	21,21
64	717499	9652392	23,02
65	717478	9652378	29,15
66	717464	9652361	36,06
67	717436	9652351	14,76
68	717402	9652352	12,65
69	717375	9652359	5,10
70	717357	9652350	12,00
71	717335	9652330	22,67
72	717318	9652314	26,87
73	717280	9652310	26,87
74	717248	9652308	17,89
75	717218	9652306	18,38

76	717189	9652321	29,53
77	717168	9652324	32,25
78	717134	9652319	38,08
79	717098	9652288	47,52
80	717045	9652272	33,14
81	717014	9652282	38,42
82	716989	9652282	39,62
83	716957	9652301	38,08
84	716930	9652314	35,78
85	716913	9652320	24,70
86	716888	9652344	17,89
87	716860	9652336	16,00
88	716836	9652329	23,19
89	716783	9652329	38,83
90	717651	9652784	25,06
91	717653	9652752	23,19
92	717673	9652656	20,00
93	717611	9652548	29,12
94	717591	9652493	29,83
95	717573	9652459	29,15
96	717604	9652416	27,46
97	717586	9652361	35,01
98	717577	9652319	28,64
99	717551	9652301	34,21
100	717541	9652287	31,24
101	717525	9652228	17,72
102	717551	9652182	10,30
103	717462	9652157	29,02
104	717433	9652157	24,00
105	717397	9652151	28,32
106	717404	9652149	24,08
107	717378	9652127	25,61
108	717356	9652117	32,56
109	717340	9652129	28,46
110	717322	9652142	24,74
111	717322	9652153	25,30
112	717312	9652169	33,97
113	717302	9652162	42,52
114	717297	9652155	41,62
115	717276	9652152	35,38
116	717274	9652148	33,02
117	717264	9652153	32,56
118	717242	9652155	31,40
119	717227	9652140	31,24
120	717186	9652110	46,65
121	717158	9652090	39,45
122	717131	9652075	24,04
123	717082	9652046	27,31
124	717048	9652042	17,03
125	717016	9652040	4,47
126	717626	9653016	18,44
127	717618	9652926	31,40
128	717632	9652856	21,54
129	717655	9652798	23,02
130	717701	9652726	9,06
131	717752	9652648	9,49
132	717752	9652585	12,81
133	717763	9652506	7,21
134	717774	9652417	5,83
135	717777	9652348	15,81
136	717758	9652318	23,32
137	717766	9652258	14,42
138	717766	9652114	14,42
139	717762	9652018	14,56
140	717696	9651933	14,42
141	717603	9651877	11,05
142	717546	9651878	23,54
143	717513	9651889	1,41
144	717495	9651829	16,55
145	717498	9651759	10,20
146	717484	9651702	7,07
147	717462	9651667	5,10
148	717405	9651642	12,65
149	717333	9651648	24,33
150	717266	9651661	17,89
151	717219	9651676	20,25
152	717167	9651704	9,06
153	717086	9651909	27,46

Tabla 15. “Resultados de las pendientes de la microcuenca de Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

9.4. Resultado de los aspectos de la microcuenca de Yutujapina

#Punto	x	y	Aspecto
1	717614	9653052	185,53
2	717580	9653052	194,74
3	717534	9653051	204,44
4	717494	9653049	213,23
5	717463	9653056	221,53
6	717439	9653081	210,96
7	717412	9653107	196,70
8	717383	9653120	174,81
9	717357	9653105	184,57
10	717322	9653092	204,27
11	717278	9653106	201,19
12	717241	9653102	199,98
13	717201	9653117	235,89
14	717177	9653085	226,91
15	717159	9653045	231,34
16	717101	9653019	282,53
17	717053	9653023	291,80
18	717041	9653057	277,31
19	716976	9653058	216,47
20	716933	9653043	222,61
21	716920	9653008	225,00
22	716885	9652984	348,69
23	716828	9652952	347,28
24	716808	9652943	335,22
25	716806	9652938	335,22
26	716793	9652858	297,47
27	716750	9652838	33,69
28	716713	9652842	74,74
29	716684	9652837	35,54
30	717613	9653003	236,31
31	717594	9652921	279,16
32	717586	9652887	266,42
33	717522	9652799	270,00
34	717417	9652737	153,43
35	717413	9652674	221,82
36	717340	9652626	237,53
37	717277	9652605	288,43
38	717280	9652560	270,00
39	717262	9652547	29,74
40	717228	9652572	42,14
41	717186	9652600	39,56
42	717147	9652613	50,19
43	717118	9652632	56,31
44	717084	9652631	344,74
45	717066	9652653	2,73
46	717019	9652607	22,38
47	717006	9652623	6,34
48	716965	9652653	21,80
49	716941	9652679	14,04
50	716909	9652697	321,34
51	716892	9652660	296,57
52	716852	9652651	330,95
53	716815	9652662	0,00
54	716765	9652671	336,04
55	716765	9652644	332,10

56	716721	9652635	339,44
57	716709	9652641	0,00
58	716678	9652635	25,02
59	716663	9652633	9,46
60	716656	9652629	9,46
61	717562	9652425	254,05
62	717547	9652404	243,43
63	717526	9652401	225,00
64	717499	9652392	214,38
65	717478	9652378	202,17
66	717464	9652361	199,44
67	717436	9652351	208,30
68	717402	9652352	251,57
69	717375	9652359	348,69
70	717357	9652350	0,00
71	717335	9652330	41,42
72	717318	9652314	45,00
73	717280	9652310	45,00
74	717248	9652308	26,57
75	717218	9652306	22,38
76	717189	9652321	28,30
77	717168	9652324	29,74
78	717134	9652319	13,67
79	717098	9652288	351,53
80	717045	9652272	354,81
81	717014	9652282	38,66
82	716989	9652282	47,05
83	716957	9652301	60,07
84	716930	9652314	63,43
85	716913	9652320	68,63
86	716888	9652344	26,57
87	716860	9652336	0,00
88	716836	9652329	7,43
89	716783	9652329	348,11
90	717651	9652784	241,39
91	717653	9652752	262,57
92	717673	9652656	270,00
93	717611	9652548	285,95
94	717591	9652493	283,57
95	717573	9652459	264,09
96	717604	9652416	259,51
97	717586	9652361	268,36
98	717577	9652319	294,78
99	717551	9652301	307,88
100	717541	9652287	309,81
101	717525	9652228	286,39
102	717551	9652182	299,05
103	717462	9652157	358,03
104	717433	9652157	0,00
105	717397	9652151	312,14
106	717404	9652149	318,37
107	717378	9652127	308,66
108	717356	9652117	312,51
109	717340	9652129	341,57
110	717322	9652142	14,04

111	717322	9652153	18,43
112	717312	9652169	42,61
113	717302	9652162	48,81
114	717297	9652155	54,78
115	717276	9652152	47,29
116	717274	9652148	54,87
117	717264	9652153	42,51
118	717242	9652155	37,23
119	717227	9652140	39,81
120	717186	9652110	59,04
121	717158	9652090	59,53
122	717131	9652075	45,00
123	717082	9652046	66,25
124	717048	9652042	86,63
125	717016	9652040	153,43
126	717626	9653016	220,60
127	717618	9652926	279,16
128	717632	9652856	248,20
129	717655	9652798	235,62
130	717701	9652726	263,66
131	717752	9652648	288,43
132	717752	9652585	308,66
133	717763	9652506	303,69
134	717774	9652417	30,96
135	717777	9652348	288,43
136	717758	9652318	300,96
137	717766	9652258	303,69
138	717766	9652114	303,69
139	717762	9652018	285,95
140	717696	9651933	33,69
141	717603	9651877	84,81
142	717546	9651878	102,26
143	717513	9651889	315,00
144	717495	9651829	205,02
145	717498	9651759	348,69
146	717484	9651702	8,13
147	717462	9651667	11,31
148	717405	9651642	18,43
149	717333	9651648	9,46
150	717266	9651661	26,57
151	717219	9651676	32,91
152	717167	9651704	353,66
153	717086	9651909	79,51

Tabla 16. “Resultados de las orientaciones de la microcuenca Yutuajapina”

Fuente: Yanez, 2024.

9.5. Resultados de las curvaturas de perfil de la microcuenca de Yutujapina

#Punto	x	y	PROFC
1	717614	9653052	-7,56091E-05
2	717580	9653052	0
3	717534	9653051	-0,000115347
4	717494	9653049	-0,002493191
5	717463	9653056	0,00146798
6	717439	9653081	0,000513707
7	717412	9653107	-0,000707402
8	717383	9653120	0,004817708
9	717357	9653105	0,003047126
10	717322	9653092	0,00202885
11	717278	9653106	-0,000588514
12	717241	9653102	0,00108731
13	717201	9653117	0,001309161
14	717177	9653085	-0,002742837
15	717159	9653045	-0,00212861
16	717101	9653019	0,004891976
17	717053	9653023	0,001367618
18	717041	9653057	-0,000617854
19	716976	9653058	0,000411418
20	716933	9653043	-0,000448036
21	716920	9653008	-0,0024019
22	716885	9652984	-0,008704492
23	716828	9652952	0,001518434
24	716808	9652943	0,000896883
25	716806	9652938	0,000896883
26	716793	9652858	-0,000904444
27	716750	9652838	0,005047756
28	716713	9652842	0,004434277
29	716684	9652837	0,00169645
30	717613	9653003	0,008588244
31	717594	9652921	0,000348551
32	717586	9652887	-0,001820598
33	717522	9652799	-0,006034343
34	717417	9652737	0,002492403
35	717413	9652674	-0,000512136
36	717340	9652626	0,002734676
37	717277	9652605	-0,007775105
38	717280	9652560	-0,011603717
39	717262	9652547	-0,007358347
40	717228	9652572	-0,006168587
41	717186	9652600	-3,69118E-05
42	717147	9652613	-0,002280993
43	717118	9652632	0,00398376
44	717084	9652631	0,004434277
45	717066	9652653	0,00712655
46	717019	9652607	-0,004230272
47	717006	9652623	-0,00473428
48	716965	9652653	0,005154368
49	716941	9652679	0,000361617
50	716909	9652697	0,002792805
51	716892	9652660	-0,000406976
52	716852	9652651	0,006250047
53	716815	9652662	-0,005801858
54	716765	9652671	0,002014934
55	716765	9652644	-0,00226315
56	716721	9652635	-0,002043191
57	716709	9652641	0,004144231
58	716678	9652635	0,002201832
59	716663	9652633	-0,004004466
60	716656	9652629	-0,004004466
61	717562	9652425	-0,005236917
62	717547	9652404	-0,006534998
63	717526	9652401	0,002496286
64	717499	9652392	-0,001581314
65	717478	9652378	0,005983749
66	717464	9652361	0,003655812
67	717436	9652351	-0,008323292
68	717402	9652352	-0,006041102
69	717375	9652359	0,006906381
70	717357	9652350	0,006264207
71	717335	9652330	-0,000483156
72	717318	9652314	-0,004323421
73	717280	9652310	0,003362661
74	717248	9652308	0
75	717218	9652306	-5,70441E-05

76	717189	9652321	0,00013812
77	717168	9652324	-0,004159193
78	717134	9652319	0,001104166
79	717098	9652288	0,007417174
80	717045	9652272	-0,00169757
81	717014	9652282	-0,002327833
82	716989	9652282	-0,001288917
83	716957	9652301	-0,001559281
84	716930	9652314	0
85	716913	9652320	0,003956853
86	716888	9652344	0,002441858
87	716860	9652336	0
88	716836	9652329	-0,001266448
89	716783	9652329	0,003818234
90	717651	9652784	-0,003894139
91	717653	9652752	0,001266448
92	717673	9652656	0,002011447
93	717611	9652548	0,005236917
94	717591	9652493	0,005025275
95	717573	9652459	0,00500885
96	717604	9652416	0,001470232
97	717586	9652361	0,00455637
98	717577	9652319	-0,003522808
99	717551	9652301	0,005831329
100	717541	9652287	0,002311406
101	717525	9652228	0,002331778
102	717551	9652182	0,000901354
103	717462	9652157	0,004619909
104	717433	9652157	0,001961447
105	717397	9652151	0,006168587
106	717404	9652149	0,001960335
107	717378	9652127	0,004446429
108	717356	9652117	0,005253176
109	717340	9652129	0,001423579
110	717322	9652142	0,000688756
111	717322	9652153	-0,001166266
112	717312	9652169	-0,005429006
113	717302	9652162	-0,001971608
114	717297	9652155	-0,001682684
115	717276	9652152	0,001787369
116	717274	9652148	0,003277123
117	717264	9652153	0,001834113
118	717242	9652155	0,004963329
119	717227	9652140	-0,002280993
120	717186	9652110	-0,007518803
121	717158	9652090	0,006727951
122	717131	9652075	0,009314231
123	717082	9652046	0,001033274
124	717048	9652042	0,011737681
125	717016	9652040	0,004253899
126	717626	9653016	0,005585664
127	717618	9652926	0,000348551
128	717632	9652856	0,005154368
129	717655	9652798	0,006315941
130	717701	9652726	0,001400623
131	717752	9652648	0,003473009
132	717752	9652585	0,001726461
133	717763	9652506	0,004233602
134	717774	9652417	0,006710844
135	717777	9652348	0,007709109

136	717758	9652318	0,002781717
137	717766	9652258	0,004296038
138	717766	9652114	0,004296038
139	717762	9652018	-0,004134495
140	717696	9651933	0,003500476
141	717603	9651877	0,006997244
142	717546	9651878	0,000371142
143	717513	9651889	0,00159952
144	717495	9651829	-3,73825E-06
145	717498	9651759	-0,002746782
146	717484	9651702	0,000614055
147	717462	9651667	0,004944806
148	717405	9651642	0,002291452
149	717333	9651648	0,002750384
150	717266	9651661	0
151	717219	9651676	0,001408434
152	717167	9651704	1,28498E-05
153	717086	9651909	0,005296132

Tabla 17. “Resultados de las curvaturas de perfiles en la microcuenca Yutujapina”

Fuente: Yanez, 2024.

9.6. Resultados de las curvas tangenciales en la microcuenca Yutujapina

#Punto	x	y	TANG
1	717614	9653052	0,004156609
2	717580	9653052	0
3	717534	9653051	0,002136132
4	717494	9653049	0,004808503
5	717463	9653056	-0,00178888
6	717439	9653081	-0,004492153
7	717412	9653107	-0,009012074
8	717383	9653120	-0,005758125
9	717357	9653105	0,003813783

10	717322	9653092	0,001059663
11	717278	9653106	-0,003025785
12	717241	9653102	0,000606414
13	717201	9653117	0,006498792
14	717177	9653085	-0,000690355
15	717159	9653045	0,00846812
16	717101	9653019	0,008453666
17	717053	9653023	0,010134046
18	717041	9653057	-0,007228133
19	716976	9653058	-0,002496165
20	716933	9653043	0,002519703
21	716920	9653008	0,000515064
22	716885	9652984	-0,004056269
23	716828	9652952	0,000361333
24	716808	9652943	-0,00302133
25	716806	9652938	-0,00302133
26	716793	9652858	0,005082999
27	716750	9652838	-0,000818388
28	716713	9652842	0,00610608
29	716684	9652837	0,00679293
30	717613	9653003	-0,00110372
31	717594	9652921	-0,004453616
32	717586	9652887	0,004039226
33	717522	9652799	0
34	717417	9652737	0,0038059
35	717413	9652674	-0,00979061
36	717340	9652626	-0,002781166
37	717277	9652605	-0,008272712
38	717280	9652560	0
39	717262	9652547	0,003337405
40	717228	9652572	-0,003599747
41	717186	9652600	0,004128798
42	717147	9652613	-0,00360521
43	717118	9652632	0,0041702
44	717084	9652631	0,00610608
45	717066	9652653	0,000909233
46	717019	9652607	0,002275086
47	717006	9652623	-0,003507174
48	716965	9652653	0,000862965
49	716941	9652679	0,005943243
50	716909	9652697	0,005625602
51	716892	9652660	0,004619996
52	716852	9652651	-0,010560529
53	716815	9652662	0
54	716765	9652671	0,002093113
55	716765	9652644	0,000251958
56	716721	9652635	-0,002102853
57	716709	9652641	-0,002112729
58	716678	9652635	-0,000157468
59	716663	9652633	0,001946013
60	716656	9652629	0,001946013
61	717562	9652425	-0,000463756
62	717547	9652404	-0,003296714
63	717526	9652401	-0,000521724
64	717499	9652392	-0,004571734
65	717478	9652378	-0,004444302
66	717464	9652361	0,00791016
67	717436	9652351	0,006394287
68	717402	9652352	-0,002328116
69	717375	9652359	-0,002663207
70	717357	9652350	0

71	717335	9652330	0,002588524
72	717318	9652314	-0,001545191
73	717280	9652310	0,006695826
74	717248	9652308	0
75	717218	9652306	0,002157141
76	717189	9652321	0,001895828
77	717168	9652324	-0,001499347
78	717134	9652319	0,010697825
79	717098	9652288	0,008249719
80	717045	9652272	-0,006216248
81	717014	9652282	-0,00529427
82	716989	9652282	-0,004458672
83	716957	9652301	-0,002201988
84	716930	9652314	0
85	716913	9652320	-0,002127121
86	716888	9652344	0,01007999
87	716860	9652336	0
88	716836	9652329	0,005490908
89	716783	9652329	-0,00041672
90	717651	9652784	-0,00413869
91	717653	9652752	-0,005490908
92	717673	9652656	0,008367621
93	717611	9652548	0,000463756
94	717591	9652493	-0,001383923
95	717573	9652459	0,004805726
96	717604	9652416	0,0004761
97	717586	9652361	-0,001088032
98	717577	9652319	-0,008493739
99	717551	9652301	0,003578984
100	717541	9652287	-0,004573276
101	717525	9652228	0,005997438
102	717551	9652182	-0,00515514
103	717462	9652157	-0,000911263
104	717433	9652157	0,002074426
105	717397	9652151	0,003599747
106	717404	9652149	0,002074034
107	717378	9652127	-0,00267149
108	717356	9652117	0,000275574
109	717340	9652129	-0,001538888
110	717322	9652142	-0,013156335
111	717322	9652153	-0,011168161
112	717312	9652169	-0,004044302
113	717302	9652162	0,004291302
114	717297	9652155	4,54867E-06
115	717276	9652152	0,002011147
116	717274	9652148	0,006494586
117	717264	9652153	0,002028529
118	717242	9652155	0,006759382
119	717227	9652140	-0,00360521
120	717186	9652110	0,001421568
121	717158	9652090	0,010085839
122	717131	9652075	0,012963939
123	717082	9652046	0,003005548
124	717048	9652042	-0,001562789
125	717016	9652040	0,004262406
126	717626	9653016	0,000518321
127	717618	9652926	-0,004453616
128	717632	9652856	0,000862965
129	717655	9652798	0,003744076
130	717701	9652726	0,000712532
131	717752	9652648	-0,003504266
132	717752	9652585	0,000361277

133	717763	9652506	0,004255617
134	717774	9652417	0,003914919
135	717777	9652348	0,004741102
136	717758	9652318	-0,002933042
137	717766	9652258	0,001949065
138	717766	9652114	0,001949065
139	717762	9652018	-0,004222147
140	717696	9651933	0,006984149
141	717603	9651877	0,001399141
142	717546	9651878	0,001684884
143	717513	9651889	0,00479952
144	717495	9651829	0,01052731
145	717498	9651759	0,000653023
146	717484	9651702	0,001510894
147	717462	9651667	0,012086862
148	717405	9651642	0,006137759
149	717333	9651648	-0,004986066
150	717266	9651661	0
151	717219	9651676	0,006897422
152	717167	9651704	0,002111685
153	717086	9651909	0,004590473

Tabla 18. “Resultados de las curvaturas tangenciales”

Fuente: Yanez, 2024.

9.7. Resultados de relieve sombreado en la microcuenca de Yutujapina

#Punto	x	y	Somb
1	717614	9653052	139
2	717580	9653052	135
3	717534	9653051	148
4	717494	9653049	159
5	717463	9653056	159
6	717433	9653081	149
7	717412	9653107	134
8	717383	9653128	110
9	717357	9653155	103
10	717322	9653182	127
11	717278	9653206	126
12	717241	9653232	131
13	717201	9653257	131
14	717177	9653285	133
15	717153	9653315	130
16	717131	9653345	222
17	717103	9653373	231
18	717041	9653397	220
19	716975	9653423	135
20	716933	9653443	133
21	716870	9653468	174
22	716805	9653494	133
23	716728	9653522	218
24	716638	9653543	220
25	716535	9653563	220

25	716805	9992898	270
26	716803	9992898	270
27	716799	9992898	183
28	716793	9992842	183
29	716784	9992877	182
30	716783	9992883	183
31	716784	9992821	216
32	716785	9992887	208
33	716772	9992793	202
34	716747	9992777	185
35	716743	9992674	173
36	716740	9992626	184
37	716737	9992686	215
38	716730	9992630	207
39	716722	9992647	185
40	716728	9992672	175
41	716706	9992600	178
42	716747	9992613	188
43	716718	9992672	183
44	716684	9992611	187
45	716676	9992623	202
46	716619	9992607	190
47	716606	9992623	198
48	716576	9992623	191
49	716541	9992673	193
50	716533	9992637	202
51	716522	9992630	208
52	716522	9992621	197
53	716515	9992672	207
54	716576	9992671	210
55	716576	9992644	210
56	716521	9992676	205
57	716503	9992641	195
58	716578	9992676	188
59	716573	9992673	192
60	716525	9992623	192
61	716522	9992426	198
62	716547	9992404	183
63	716526	9992401	177
64	716493	9992392	183
65	716478	9992378	194
66	716464	9992371	144
67	716436	9992371	171
68	716402	9992392	183
69	716376	9992393	188
70	716357	9992393	194

71	717335	9652330	179
72	717318	9652314	174
73	717280	9652310	174
74	717248	9652308	188
75	717218	9652306	190
76	717189	9652321	188
77	717168	9652324	186
78	717134	9652319	202
79	717098	9652288	225
80	717045	9652272	215
81	717014	9652282	176
82	716989	9652282	166
83	716957	9652301	152
84	716930	9652314	151
85	716913	9652320	158
86	716888	9652344	188
87	716860	9652336	198
88	716836	9652329	201
89	716783	9652329	223
90	717651	9652784	188
91	717653	9652752	201
92	717673	9652656	202
93	717611	9652548	217
94	717591	9652493	217
95	717573	9652459	205
96	717604	9652416	201
97	717586	9652361	211
98	717577	9652319	220
99	717551	9652301	229
100	717541	9652287	226
101	717525	9652228	205
102	717551	9652182	197
103	717462	9652157	210
104	717433	9652157	205
105	717397	9652151	223
106	717404	9652149	218
107	717378	9652127	219
108	717356	9652117	227
109	717340	9652129	218
110	717322	9652142	198
111	717322	9652153	195
112	717312	9652169	173
113	717302	9652162	162
114	717297	9652155	155
115	717276	9652152	168
116	717274	9652148	162
117	717264	9652153	174
118	717242	9652155	180
119	717227	9652140	177
120	717186	9652110	145
121	717158	9652090	152
122	717131	9652075	176
123	717082	9652046	157
124	717048	9652042	158
125	717016	9652040	173
126	717626	9653016	175
127	717618	9652926	216
128	717632	9652856	191
129	717655	9652798	183
130	717701	9652726	190
131	717752	9652648	195
132	717752	9652585	202
133	717763	9652506	193
134	717774	9652417	183
135	717777	9652348	203

136	717758	9652318	215
137	717766	9652258	204
138	717766	9652114	204
139	717762	9652018	201
140	717696	9651933	184
141	717603	9651877	167
142	717546	9651878	141
143	717513	9651889	183
144	717495	9651829	168
145	717498	9651759	195
146	717484	9651702	188
147	717462	9651667	185
148	717405	9651642	189
149	717333	9651648	200
150	717266	9651661	188
151	717219	9651676	185
152	717167	9651704	193
153	717086	9651909	147

Tabla 19. “Resultados de los relieves de sombras”

Fuente: Yanez, 2024.

9.8. Resultados de las irregularidades del terreno de la microcuenca de Yutujapina

Punto	X	Y	Irreg
1	717614	9652002	9
2	717580	9652052	12
3	717534	9652051	12
4	717494	9652049	12
5	717463	9652046	16
6	717439	9652081	16
7	717412	9652107	13
8	717383	9652120	12
9	717377	9652106	13
10	717322	9652052	18
11	717278	9652106	17
12	717241	9652102	16
13	717201	9652117	13
14	717177	9652086	16
15	717159	9652046	9
16	717101	9652019	11
17	717063	9652023	14
18	717041	9652057	11
19	716976	9652058	10
20	716933	9652043	12
21	716920	9652008	9
22	716889	9652084	2
23	716828	9652052	9
24	716808	9652043	10
25	716806	9652038	10
26	716793	9652038	10
27	716790	9652038	3
28	716713	9652042	3
29	716684	9652037	3
30	716613	9652003	10

31	717934	9552921	9
32	717936	9552987	8
33	717922	9552753	5
34	717417	9552777	4
35	717413	9552674	8
36	717340	9552626	4
37	717277	9552606	8
38	717280	9552610	8
39	717262	9552647	6
40	717228	9552672	10
41	717186	9552600	10
42	717147	9552613	11
43	717118	9552670	7
44	717084	9552671	3
45	717066	9552693	6
46	717019	9552607	6
47	717006	9552621	5
48	716966	9552693	7
49	716941	9552673	5
50	716939	9552697	5
51	716892	9552660	6
52	716882	9552691	5
53	716819	9552662	7
54	716766	9552671	7
55	716766	9552644	7
56	716721	9552636	5
57	716709	9552641	4
58	716678	9552636	5
59	716663	9552671	4
60	716616	9552673	4
61	717562	9552426	9
62	717547	9552404	9
63	717526	9552401	7
64	717499	9552492	8
65	717478	9552478	9
66	717464	9552461	11
67	717436	9552491	6
68	717402	9552492	4
69	717379	9552493	3
70	717367	9552493	5
71	717336	9552493	8
72	717318	9552414	9
73	717280	9552410	9
74	717248	9552408	6
75	717218	9552406	6
76	717189	9552421	9
77	717168	9552424	11
78	717134	9552419	12
79	717098	9552288	13
80	717049	9552272	10
81	717014	9552282	13
82	716989	9552282	14
83	716967	9552301	13
84	716930	9552314	12
85	716913	9552320	8

85	716888	85672144	5
87	716890	85672136	4
88	716895	85672128	5
89	716783	85672123	12
90	717551	85672784	9
91	717553	85672792	5
92	717573	85672695	5
93	717591	85672548	9
94	717593	85672491	9
95	717573	85672493	8
96	717584	85672415	8
97	717585	85672161	9
98	717577	85672119	9
99	717591	85672101	12
100	717541	85672287	11
101	717525	85672228	5
102	717551	85672182	4
103	717452	85672157	8
104	717433	85672157	7
105	717397	85672191	10
106	717404	85672149	9
107	717378	85672177	9
108	717395	85672117	12
109	717390	85672129	9
110	717322	85672142	7
111	717322	85672193	8
112	717312	85672159	12
113	717302	85672152	15
114	717287	85672195	14
115	717276	85672192	13
116	717274	85672148	11
117	717264	85672193	11
118	717242	85672195	11
119	717227	85672140	11
120	717185	85672110	15
121	717198	85672090	14
122	717131	85672075	9
123	717082	85672045	9
124	717048	85672042	5
125	717015	85672040	1

126	717626	9653016	6
127	717618	9652926	9
128	717632	9652856	7
129	717655	9652798	8
130	717701	9652726	3
131	717752	9652648	3
132	717752	9652585	4
133	717763	9652506	3
134	717774	9652417	2
135	717777	9652348	5
136	717758	9652318	8
137	717766	9652258	5
138	717766	9652114	5
139	717762	9652018	5
140	717696	9651933	5
141	717603	9651877	3
142	717546	9651878	6
143	717513	9651889	1
144	717495	9651829	5
145	717498	9651759	4
146	717484	9651702	2
147	717462	9651667	2
148	717405	9651642	4
149	717333	9651648	7
150	717266	9651661	6
151	717219	9651676	7
152	717167	9651704	4
153	717086	9651909	8

Tabla 20. "Resultados de las irregularidades del terreno"

Fuente: Yanez, 2024.

9.9. Resultados del índice de humedad en la microcuenca Yutujapina

#Punto	x	y	WI
1	717614	9653052	4,577
2	717580	9653052	4,766
3	717534	9653051	5,373
4	717494	9653049	5,012
5	717463	9653056	5,483
6	717439	9653081	5,638
7	717412	9653107	6,477
8	717383	9653120	5,531
9	717357	9653105	4,137
10	717322	9653092	4,289
11	717278	9653106	4,639
12	717241	9653102	4,273
13	717201	9653117	3,999
14	717177	9653085	4,560
15	717159	9653045	4,416

16	717101	9653019	3,823
17	717053	9653023	3,846
18	717041	9653057	6,826
19	716976	9653058	5,851
20	716933	9653043	5,276
21	716920	9653008	6,708
22	716885	9652984	14,294
23	716828	9652952	5,185
24	716808	9652943	5,773
25	716806	9652938	5,773
26	716793	9652858	5,114
27	716750	9652838	9,249
28	716713	9652842	5,055
29	716684	9652837	4,011
30	717613	9653003	4,671
31	717594	9652921	5,283
32	717586	9652887	4,494
33	717522	9652799	6,212
34	717417	9652737	4,724
35	717413	9652674	8,421
36	717340	9652626	8,480
37	717277	9652605	8,938
38	717280	9652560	5,572
39	717262	9652547	6,966
40	717228	9652572	5,812
41	717186	9652600	5,188
42	717147	9652613	4,841
43	717118	9652632	4,353
44	717084	9652631	3,897
45	717066	9652653	4,957
46	717019	9652607	5,205
47	717006	9652623	6,206
48	716965	9652653	4,637
49	716941	9652679	4,563
50	716909	9652697	3,936
51	716892	9652660	5,255
52	716852	9652651	9,403
53	716815	9652662	5,055
54	716765	9652671	5,104
55	716765	9652644	5,642
56	716721	9652635	8,555
57	716709	9652641	8,598
58	716678	9652635	8,218
59	716663	9652633	8,603
60	716656	9652629	8,603
61	717562	9652425	5,561
62	717547	9652404	6,237
63	717526	9652401	6,434
64	717499	9652392	6,188
65	717478	9652378	5,988
66	717464	9652361	4,458
67	717436	9652351	5,476
68	717402	9652352	7,777
69	717375	9652359	11,835
70	717357	9652350	9,153
71	717335	9652330	5,530
72	717318	9652314	5,537
73	717280	9652310	4,718
74	717248	9652308	5,457
75	717218	9652306	5,812

76	717189	9652321	5,315
77	717168	9652324	5,233
78	717134	9652319	3,740
79	717098	9652288	3,571
80	717045	9652272	6,690
81	717014	9652282	7,290
82	716989	9652282	6,036
83	716957	9652301	6,288
84	716930	9652314	4,995
85	716913	9652320	4,658
86	716888	9652344	3,854
87	716860	9652336	5,641
88	716836	9652329	4,596
89	716783	9652329	4,460
90	717651	9652784	5,090
91	717653	9652752	6,258
92	717673	9652656	4,623
93	717611	9652548	5,075
94	717591	9652493	5,503
95	717573	9652459	4,743
96	717604	9652416	5,290
97	717586	9652361	6,059
98	717577	9652319	6,849
99	717551	9652301	6,137
100	717541	9652287	5,961
101	717525	9652228	4,105
102	717551	9652182	10,147
103	717462	9652157	5,560
104	717433	9652157	4,707
105	717397	9652151	4,989
106	717404	9652149	4,549
107	717378	9652127	5,531
108	717356	9652117	5,032
109	717340	9652129	6,375
110	717322	9652142	10,362
111	717322	9652153	10,270
112	717312	9652169	5,989
113	717302	9652162	4,670
114	717297	9652155	4,955
115	717276	9652152	4,925
116	717274	9652148	4,907
117	717264	9652153	5,385
118	717242	9652155	4,644
119	717227	9652140	5,676
120	717186	9652110	4,617
121	717158	9652090	3,990
122	717131	9652075	4,455
123	717082	9652046	5,230
124	717048	9652042	4,603
125	717016	9652040	4,135
126	717626	9653016	4,955
127	717618	9652926	5,045
128	717632	9652856	4,976
129	717655	9652798	4,019
130	717701	9652726	5,245
131	717752	9652648	4,962
132	717752	9652585	4,454
133	717763	9652506	4,796
134	717774	9652417	4,492
135	717777	9652348	3,749

136	717758	9652318	4,857
137	717766	9652258	4,371
138	717766	9652114	4,537
139	717762	9652018	6,538
140	717696	9651933	4,608
141	717603	9651877	4,139
142	717546	9651878	4,470
143	717513	9651889	4,261
144	717495	9651829	3,889
145	717498	9651759	5,317
146	717484	9651702	5,108
147	717462	9651667	3,893
148	717405	9651642	4,174
149	717333	9651648	5,043
150	717266	9651661	5,352
151	717219	9651676	4,138
152	717167	9651704	4,519
153	717086	9651909	4,108

Tabla 21. “Resultados del índice de humedad”

Fuente: Yanez, 2024.

9.10. Resultados de las direcciones de drenaje en la microcuenca de Yutujapina

Punto	X	Y	D10
1	717614	96530632	4
2	7176300	96530632	06
3	7176354	96530651	4
4	7174904	965306490	7
5	7174633	96530636	06
6	7174390	96530681	4
7	7174112	965351007	06
8	7173803	965351200	7
9	7173657	965351005	06
10	7173572	96530602	4
11	7172838	965351006	7
12	7172411	965351002	06
13	7172001	965351117	5
14	7171777	965306825	5
15	7171620	965306465	3
16	7171001	965306190	2
17	7170633	96530623	2
18	7170411	965306577	3
19	7169796	96530638	7
20	7169033	96530643	7
21	7168700	96530688	7
22	7168825	965329884	2
23	7168038	965329822	2
24	7168068	965329433	3
25	7168006	965329088	3

286	F106F9C3	900:278233	55
287	F106F9D0	900:278233	1
288	F106F1C3	900:278422	7
290	F1068894	900:278357	1
300	F1F61C3	900:2800C3	55
351	F1F9204	900:279721	4
352	F1F9386	900:278887	66
353	F1F9372	900:279260	35
354	F1F4117	900:277357	66
355	F1F41C3	900:276574	66
366	F1F5400	900:276796	66
367	F1F2777	900:2760C5	35
388	F1F7390	900:276300	55
390	F1F7062	900:276347	88
400	F1F7773	900:276172	1
411	F1F1886	900:276000	88
422	F1F1417	900:2761C3	88
423	F1F1188	900:276332	88
444	F1F0694	900:276351	35
425	F1F0096	900:276233	35
496	F1F0189	900:276207	1
417	F1F0096	900:276233	1
498	F102025	900:276233	1
499	F102041	900:276790	1
500	F102000	900:276207	4
511	F1038C2	900:276060	55
522	F103832	900:276251	35
523	F103815	900:276062	1
524	F105F025	900:276571	35
525	F105F025	900:276544	4
526	F105F721	900:276295	22
527	F105F000	900:276541	1
528	F1066733	900:276295	1
529	F1066633	900:276295	1
600	F108236	900:276790	1
661	F1F9662	900:274725	66
662	F1F9547	900:274004	55
663	F1F9376	900:274001	7
664	F1F4900	900:2739C2	55
665	F1F4738	900:2735738	7
666	F1F4664	900:273961	7
667	F1F4396	900:273251	7
688	F1F40C2	900:273232	55
689	F1F3575	900:273220	35
700	F1F3257	900:273230	22
711	F1F3325	900:273300	35
722	F1F3188	900:273114	1
723	F1F7390	900:273100	35
724	F1F7488	900:273088	22
725	F1F72188	900:273006	35

796	7171020	900372521	88
797	7171038	900372524	1
798	7171054	9003725190	88
799	71700000	9003725000	35
800	71700455	900372572	35
801	71700114	900372502	1
802	71000000	900372502	1
803	7100057	900372501	22
804	71000300	900372514	7
805	71000135	9003725200	88
806	71000000	900372544	35
807	71000500	900372596	4
808	71000596	9003725290	1
809	71007035	9003725290	100%
900	7170251	900372704	55
901	7170235	900372732	4
902	71706735	900370236	22
903	7170611	9003725488	55
904	7170201	900370905	35
905	71705735	900370920	55
906	7170004	900370106	4
907	7170306	900372961	55
908	7170577	9003725190	4
909	7170251	900372501	22
1000	7170541	900372587	22
1001	7170225	900372738	55
1002	7170251	900371802	35
1003	7174062	900371557	1
1004	7174035	900371557	1
1005	7170207	900371551	55
1006	7174004	900371490	4
1007	71705788	900371277	22
1008	7170236	900371177	35
1009	71705400	900371290	35
1100	7170522	900371422	22
1101	7170522	900371535	22
1102	7170512	900371020	88
1103	7170062	900371062	7
1104	7172907	900371525	7
1105	7172796	900371522	22
1106	7172774	900371488	22
1107	7172964	900371535	1
1108	7172422	900371525	35
1109	7172777	900371400	1
1200	7171006	900371100	7

121	717158	9652090	7
122	717131	9652075	3
123	717082	9652046	7
124	717048	9652042	7
125	717016	9652040	6
126	717626	9653016	6
127	717618	9652926	4
128	717632	9652856	4
129	717655	9652798	4
130	717701	9652726	5
131	717752	9652648	3
132	717752	9652585	4
133	717763	9652506	3
134	717774	9652417	1
135	717777	9652348	4
136	717758	9652318	3
137	717766	9652258	5
138	717766	9652114	3
139	717762	9652018	3
140	717696	9651933	1
141	717603	9651877	8
142	717546	9651878	8
143	717513	9651889	3
144	717495	9651829	5
145	717498	9651759	3
146	717484	9651702	2
147	717462	9651667	1
148	717405	9651642	3
149	717333	9651648	1
150	717266	9651661	8
151	717219	9651676	1
152	717167	9651704	1
153	717086	9651909	1

Tabla 22. “Resultados de las direcciones de drenaje”

Fuente: Yanez, 2024.

9.11. Resultados de profundidades obtenidas por barrenaciones

Profundidad	S	M	A	PROFC	TANG	DD	WI	Irreg	Somb
45	37.443	3354	0	0.00130916	0.00649879	5	3.9986983	13	181
40	42.45	3336	226.91	-0.00274284	-0.00069036	5	4.56012952	15	169
35	25.612	3325	231.34	-0.00212861	0.00846812	3	4.41583264	9	180
30	36.878	3308	282.53	0.00489198	0.00845367	2	3.82322908	11	222
25	43.081	3293	291.8	0.00136762	0.01013405	2	3.84613872	14	231
40	39.319	3282	277.31	-0.00061785	-0.00722813	3	6.82573621	11	220
75	28.601	3263	216.47	0.00041142	-0.00249617	7	5.85129714	10	166
20	33.971	3252	222.61	-0.00044804	0.0025197	7	5.27614379	12	169
15	26.87	3240	225	-0.0024019	0.00051506	7	6.70815091	9	174
20	5.099	3233	348.69	-0.00870449	-0.00405627	2	14.2944428	2	188
105	31.78	3237	347.28	0.00151843	0.00036133	2	5.18544148	9	218
40	28.636	3238	335.22	0.00089688	-0.00302133	3	5.77325545	10	220
50	28.636	3238	335.22	0.00089688	-0.00302133	3	5.77325545	10	220
110	28.178	3257	297.47	-0.00090444	0.005083	5	5.11406684	10	220
100	7.211	3253	33.69	0.00504776	-0.00081839	1	9.24882908	3	183
15	11.402	3257	74.74	0.00443428	0.00610608	7	5.05523604	3	169
105	8.602	3259	56.31	0.00169645	0.00679293	1	4.01132571	3	182
45	29.12	3364	254.05	-0.00523692	-0.00046376	6	5.56056811	9	198
60	26.833	3358	243.43	-0.006535	-0.00329671	5	6.23713076	9	189
45	21.213	3354	225	0.00249629	-0.00052172	7	6.43374752	7	177
50	23.022	3348	214.38	-0.00158131	-0.00457173	5	6.18766828	8	169
45	29.155	3344	202.17	0.00598375	-0.0044443	7	5.9875984	9	154
50	36.056	3338	199.44	0.00365581	0.00791016	7	4.4576668	11	144
45	12.649	3327	251.57	-0.0060411	-0.00232812	5	7.77733566	4	189
10	5.099	3326	348.69	0.00690638	-0.00266321	3	11.8353176	3	188
40	12	3326	360	0.00626421	0	2	9.15343206	5	194
35	22.672	3332	41.42	-0.00048316	0.00258852	3	5.53038113	8	179
50	26.87	3336	45	-0.00432342	-0.00154519	1	5.53655455	9	174
25	26.87	3347	45	0.00336266	0.00669583	3	4.71806178	9	174
45	17.889	3352	26.57	0	0	2	5.4573224	6	188
85	18.385	3354	22.38	-5.70E-05	0.00215714	3	5.81198098	6	190
45	29.53	3354	28.3	0.00013812	0.00189583	8	5.31532104	9	188
45	32.249	3352	29.74	-0.00415919	-0.00149935	1	5.23343907	11	186
60	38.079	3362	13.67	0.00110417	0.01069783	8	3.74021574	12	202
35	47.518	3374	351.53	0.00741717	0.00824972	3	3.57104649	13	225
25	33.136	3379	354.81	-0.00169757	-0.00621625	3	6.68982183	10	215
40	38.419	3380	38.66	-0.00232783	-0.00529427	1	7.28968828	13	176
50	39.623	3387	47.05	-0.00128892	-0.00445867	1	6.03566063	14	166
40	38.079	3390	60.07	-0.00155928	-0.00220199	2	6.28760198	13	152

40	35.777	3396	63.43	0	0	7	4.99549122	12	151
40	24.698	3403	68.63	0.00395685	-0.00212712	8	4.65830341	8	158
115	17.889	3405	26.57	0.00244186	0.01007999	3	3.85427102	6	188
100	16	3405	360	0	0	4	5.64082851	4	198
30	23.195	3408	7.43	-0.00126645	0.00549091	1	4.5964174	6	201
80	NA	NA	NA	NA	NA	NA	4.46009698	12	223
20	24	3374	360	0.00196145	0.00207443	1	4.70741182	7	205
50	28.32	3370	312.14	0.00616859	0.00359975	5	4.98943139	10	223
40	24.083	3372	318.37	0.00196034	0.00207403	4	4.54869334	9	218
35	25.612	3371	308.66	0.00444643	-0.00267149	2	5.53133079	9	219
25	32.558	3368	312.51	0.00525318	0.00027557	3	5.03236762	12	227
43	28.46	3360	341.57	0.00142358	-0.00153889	3	6.37493178	9	218
50	24.739	3356	14.04	0.00068876	-0.01315634	2	10.3616165	7	198
45	25.298	3353	18.43	-0.00116627	-0.01116816	2	10.2696793	8	195
30	33.971	3352	42.61	-0.00542901	-0.0040443	8	5.9890466	12	173
40	42.521	3356	48.81	-0.00197161	0.0042913	7	4.67040757	15	162
30	41.617	3359	54.78	-0.00168268	4.55E-06	7	4.95465602	14	155
50	35.384	3367	47.29	0.00178737	0.00201115	2	4.9251955	13	168
50	33.015	3370	54.87	0.00327712	0.00649459	2	4.90702586	11	162
35	32.558	3370	42.51	0.00183411	0.00202853	1	5.38502889	11	174
43	31.401	3373	37.23	0.00496333	0.00675938	3	4.64357432	11	180
55	31.241	3380	39.81	-0.00228099	-0.00360521	1	5.67558869	11	177
40	46.648	3400	59.04	-0.0075188	0.00142157	7	4.61735646	16	145
70	39.446	3414	59.53	0.00672795	0.01008584	7	3.99040547	14	152
80	24.042	3423	45	0.00931423	0.01296394	3	4.45509543	9	176
35	27.313	3435	66.25	0.00103327	0.00300555	7	5.23039224	9	157
50	17.029	3444	86.63	0.01173768	-0.00156279	7	4.60300447	6	158
35	4.472	3446	135	0.0042539	0.00426241	6	4.13472467	1	173
40	23.537	3454	102.53	0.00037114	0.00168488	8	4.46975963	6	141
35	1.414	3459	315	0.00159952	0.00479952	3	4.26139176	1	183
45	12.649	3457	18.43	0.00229145	0.00613776	3	4.17410427	4	189
45	24.331	3460	9.46	0.00275038	-0.00498607	1	5.04341365	7	200
40	17.889	3459	26.57	0	0	8	5.35243347	6	188
35	20.248	3464	32.91	0.00140843	0.00689742	1	4.13779642	7	185
40	9.055	3460	12.53	1.28E-05	0.00211169	1	4.51882411	4	193
45	27.459	3446	79.51	0.00529613	0.00459047	1	4.10798686	8	147

Tabla 23. “Resultado de muestras obtenidas por barrenaciones”

Fuente: Yanez, 2024.

9.12. Resultado de profundidades obtenidas por acceso de vías

Profundidad	S	M	A	PROFC	TANG	DD	WI	Irreg	Somb
45	31,145	3398	185,53	-7,56E-05	0,00415661	4	4,57727818	9	139
45	39,294	3396	194,74	0	0	6	4,76621603	12	135
40	36,249	3390	204,44	-0,00011535	0,00213613	4	5,3731443	12	148
60	34,67	3384	213,23	-0,00249319	0,0048085	7	5,0119018	12	159
30	46,755	3373	221,53	0,00146798	-0,00178888	6	5,48260149	16	159
65	46,648	3375	210,96	0,00051371	-0,00449215	4	5,63775272	16	145
55	41,761	3380	196,7	-0,0007074	-0,00901207	6	6,47707878	13	134
40	44,181	3385	174,81	0,00481771	-0,00575813	7	5,5312227	12	110
60	50,16	3380	184,57	0,00304713	0,00381378	6	4,13682607	13	109
35	55,946	3369	204,27	0,00202885	0,00105966	4	4,28947259	18	127
45	52,555	3367	201,19	-0,00058851	-0,00302579	7	4,63942622	17	126
35	46,819	3361	199,98	0,00108731	0,00060641	6	4,27333148	15	131
45	28,844	3387	236,31	0,00858824	-0,00110372	5	4,67128926	10	183
80	31,401	3379	279,16	0,00034855	-0,00445362	4	5,2826361	9	216
50	32,062	3376	266,42	-0,0018206	0,00403923	6	4,4944975	8	208
45	20	3356	270	-0,00603434	0	3	6,21215407	5	202
60	13,416	3348	153,43	0,0024924	0,0038059	6	4,72407991	4	156
60	25,495	3334	221,82	-0,00051214	-0,00979061	6	8,42058668	8	173
80	13,038	3320	237,53	0,00273468	-0,00278117	6	8,48018656	4	184
35	25,298	3305	288,43	-0,00777511	-0,00827271	3	8,93786041	8	215
60	26	3311	270	-0,01160372	0	5	5,57232784	8	207
115	16,125	3310	29,74	-0,00735835	0,00333741	8	6,96575937	6	186
60	28,32	3308	42,14	-0,00616859	-0,00359975	1	5,81198093	10	176
55	29,833	3310	39,56	-3,69E-05	0,0041288	8	5,18780832	10	178
35	31,241	3315	50,19	-0,00228099	-0,00360521	8	4,84126382	11	168
90	21,633	3319	56,31	0,00398376	0,0041702	8	4,35340142	7	169
45	11,402	3322	344,74	0,00443428	0,00610608	3	3,89663328	3	197
25	21,024	3318	2,73	0,00712655	0,00090923	3	4,95685439	6	202
25	18,385	3322	22,38	-0,00423027	0,00227509	1	5,2051335	6	190
45	18,111	3320	6,34	-0,00473428	-0,00350717	1	6,20636453	5	198
15	21,541	3315	21,8	0,00515437	0,00086297	1	4,63672578	7	191
40	16,492	3311	14,04	0,00036162	0,00594324	1	4,56287259	5	193
25	12,806	3309	321,34	0,00279281	0,0056256	4	3,93594884	5	202
50	17,889	3311	296,57	-0,00040698	0,00462	5	5,2546529	6	208
25	10,296	3303	330,95	0,00625005	-0,01056053	3	9,40250359	5	197
30	26	3299	360	-0,00580186	0	1	5,05450393	7	207
20	19,698	3299	336,04	0,00201493	0,00209311	3	5,10397356	7	210
30	19,235	3303	332,1	-0,00226315	0,00025196	4	5,64236269	7	210
15	17,088	3301	339,44	-0,00204319	-0,00210285	2	8,55459364	5	206
35	14	3299	360	0,00414423	-0,00211273	1	8,59812854	4	196
30	16,553	3302	25,02	0,00220183	-0,00015747	1	8,21816444	5	188
55	12,166	3303	18,43	-0,00400447	0,00194601	1	8,60257668	4	192
30	12,166	3303	18,43	-0,00400447	0,00194601	1	8,60257668	4	192
60	14,765	3332	208,3	-0,00832329	0,00639429	7	5,47595608	6	171

33	25,06	3381	241,39	-0,00389414	-0,00413869	5	5,08958963	9	188
60	23,195	3382	262,57	0,00126645	-0,00549091	4	6,25791282	6	201
70	20	3382	270	0,00201145	0,00836762	2	4,62255004	5	202
100	29,12	3376	285,95	0,00523692	0,00046376	5	5,07472211	9	217
65	29,833	3376	283,57	0,00502528	-0,00138392	3	5,50283776	9	217
30	29,155	3370	264,09	0,00500885	0,00480573	5	4,74313222	8	205
60	27,459	3377	259,51	0,00147023	0,0004761	4	5,29004981	8	201
35	35,014	3368	268,36	0,00455637	-0,00108803	5	6,0586069	9	211
50	28,636	3365	294,78	-0,00352281	-0,00849374	4	6,84919546	9	220
70	34,205	3362	307,87	0,00583133	0,00357898	2	6,13719593	12	229
65	31,241	3364	309,81	0,00231141	-0,00457328	2	5,9607019	11	226
37	17,72	3369	286,39	0,00233178	0,00599744	5	4,10481258	6	205
60	10,296	3372	299,05	0,00090135	-0,00515514	3	10,1474003	4	197
45	29,017	3374	358,03	0,00461991	-0,00091126	1	5,55961994	8	210
40	18,439	3391	220,6	0,00558566	0,00051832	6	4,95488656	6	175
55	31,401	3386	279,16	0,00034855	-0,00445362	4	5,04450723	9	216
75	21,541	3389	248,2	0,00515437	0,00086297	4	4,97627428	7	191
50	23,022	3386	235,62	0,00631594	0,00374408	4	4,019035	8	183
65	9,055	3387	263,66	0,00140062	0,00071253	5	5,24512384	3	190
30	9,487	3394	288,43	0,00347301	-0,00350427	3	4,96160221	3	195
75	12,806	3396	308,66	0,00172646	0,00036128	4	4,45362731	4	202
35	7,211	3403	308,66	0,0042336	0,00425562	3	4,79617201	3	193
15	5,831	3407	30,96	0,00671084	0,00391492	1	4,49237668	2	183
35	15,811	3411	288,43	0,00770911	0,0047411	4	3,74908418	5	203
30	23,324	3410	300,96	0,00278172	-0,00293304	3	4,85722263	8	215
20	14,422	3420	303,69	0,00429604	0,00194907	5	4,37121317	5	204
35	14,422	3424	303,69	0,00429604	0,00194907	3	4,53681772	5	204
40	14,56	3424	285,95	-0,0041345	-0,00422215	3	6,53797499	5	201
15	14,422	3429	22,62	0,00350048	0,00698415	1	4,60849542	5	184
30	11,045	3444	90	0,00699724	0,00139914	8	4,13872134	3	167
55	16,553	3452	217,37	-3,74E-06	0,01052731	5	3,8885731	5	168
35	10,198	3446	341,57	-0,00274678	0,00065302	3	5,31665885	4	195
30	7,071	3451	360	0,00061406	0,00151089	2	5,10787133	2	188
25	5,099	3455	360	0,00494481	0,01208686	1	3,89293918	2	185

Tabla 24. “Resultado de profundidades obtenidas por acceso de vías”

Fuente: Yanez, 2024.

9.13. Perfiles de las profundidades de los suelos mediante barrenaciones

9.13.1. Transecto 1

PUNTO 22



PUNTO 25



PUNTO 18



PUNTO 20



9.13.2. Transecto 2

En Este transecto no se sacaron muestras de profundidades de suelos mediante barrenaciones.

9.13.3. Transecto 3

PUNTO 61



PUNTO 69



PUNTO 75



PUNTO 78



9.13.4. Transecto 4

PUNTO 106



PUNTO 111



PUNTO 119



PUNTO 124



9.13.5. Transecto 5

PUNTO 143



PUNTO 148



PUNTO 151



PUNTO 153



9.14. Perfiles de las profundidades de los suelos mediante vías de acceso

9.14.1. Transecto 1

PUNTO 1



PUNTO 5



PUNTO 9



PUNTO 12



9.14.2. Transecto 2

PUNTO 35



PUNTO 50



PUNTO 54



PUNTO 60



9.14.3. Transecto 3

En este Transecto solo se logró tomar un perfil

PUNTO 67



9.14.4. Transecto 4

PUNTO 92



PUNTO 97



9.14.5. Transecto 5

PUNTO 133



PUNTO 145



PUNTO 139



PUNTO 147

