



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DE LA COBERTURA BOScosa EN LA
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE CAUDALES, CUENCA NESHUYA, UCAYALI,
2000 – 2020

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Montes Velasquez, Isaac

Asesor

Sernaqué Aucchuasi, Fernando Antonio

ORCID: 0000-0003-1485-5854

Jurado

Aylas Humareda, María del Carmen

Vasquez Aranda, Ahuber Omar

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

Lima - Perú

2025



INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSA EN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE CAUDALES, CUENCA NESHUYA, UCAYALI, 2000 – 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%	26%	12%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	vsip.info Fuente de Internet	1 %
4	sinia.minam.gob.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	geobosques.minam.gob.pe Fuente de Internet	1 %
7	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	1 %
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1 %
9	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
10	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**INFLUENCIA DE LA DEFORESTACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSA EN LA
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE CAUDALES, CUENCA NESHUYA, UCAYALI,**

2000 – 2020

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Montes Velasquez, Isaac

Asesor

Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio

ORCID: 0000-0003-1485-5854

Jurado

Aylas Humareda, María del Carmen

Vasquez Aranda, Ahuber Omar

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

Lima-Perú

2025

Dedicatoria

A mi mamá Paulina y Susana por su amor inconmensurable y a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron en mi formación profesional, brindándome su apoyo incondicional.

A mis seres queridos por ser el motor y motivo que me da la fortaleza día a día para no rendirme y perseverar en todo lo que me proponga.

Y por último y no menos importante a mí por no desistir y seguir avanzando con determinación y ahínco en la continua realización de mi tesis.

Agradecimientos

A mi asesor el Ing. Sernaqué Auccahuasi Fernando Antonio por su tiempo, dedicación y conocimientos brindados para la mejora de la tesis.

A mi alma mater la Universidad Nacional Federico Villarreal por brindarme la confianza, formación y educación para mi desarrollo profesional.

A la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo por brindarme a una plana docente con mucha experiencia y conocimientos en el ámbito de las ciencias ambientales.

ÍNDICE

RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21
I. INTRODUCCIÓN.....	22
1.1. Descripción y formulación del problema	22
1.1.1. Descripción del problema.....	22
1.1.2. Formulación del Problema.....	24
1.1.2.1. Problema General.....	24
1.1.2.2. Problemas Específicos.	24
1.2. Antecedentes	25
1.2.1. Antecedentes Nacionales	25
1.2.2. Antecedentes Internacionales	27
1.3. Objetivos	30
1.3.1. Objetivo General.....	30
1.3.2. Objetivos Específicos	31
1.4. Justificación.....	31
1.4.1. Justificación teórica	31
1.4.2. Justificación práctica	31
1.4.3. Justificación social.....	32
1.4.4. Justificación ambiental	32

1.5. Hipótesis.....	32
II. MARCO TEÓRICO	33
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	33
2.1.1. Ecosistema boscoso	33
2.1.1.1. Bosques y lluvia.....	33
2.1.1.2. Bosques y caudal.	33
2.1.1.3. Bosques y rendimiento hídrico.	34
2.1.2. Deforestación.....	34
2.1.2.1. Definición.	34
2.1.2.2. Efectos hidrológicos de la deforestación.	35
2.1.3. Cuenca hidrográfica.....	35
2.1.3.1. División de una cuenca hidrográfica.....	35
2.1.3.2. Parámetros geomorfológicos.	36
2.1.4. Ciclo Hidrológico	37
2.1.4.1. Año Hidrológico.	38
2.1.4.2. Precipitación.	38
2.1.4.3. Temperatura.	38
2.1.4.4. Caudal.	38
2.1.4.5. Evaporación.	39
2.1.4.6. Transpiración.	39
2.1.4.7. Intercepción.....	39

2.1.4.8. Evapotranspiración.	40
2.1.5. Balance hidrológico.....	42
2.1.6. Regulación hídrica y rendimiento hídrico	43
2.1.7. Teledetección.....	44
2.1.7.1. Componentes de un sistema de Teledetección.....	44
2.1.7.2. Tipos de orbitas de los satélites.	45
2.1.7.3. Plataformas satelitales.....	46
2.1.7.4. Sensores remotos.	48
2.1.8. Estudios multitemporales	49
2.1.9. Detección de cambios.....	49
2.1.10. El espectro electromagnético.....	50
2.1.11. Firmas espectrales.....	51
2.1.12. Perturbaciones de la radiación electromagnética por la atmósfera.....	51
2.1.13. Clasificación digital.....	52
2.1.14. Métodos de clasificación	52
2.1.14.1. Método supervisado.	52
2.1.14.2. Método no supervisado.	52
2.1.15. Medidas de la fiabilidad	52
2.1.15.1. Diseño del muestreo para la verificación.....	53
2.1.15.2. Tamaño de la muestra.	53
2.1.15.3. La matriz de confusión.....	54

2.1.16. Método de clasificación Random Forest	55
2.1.17. Descripción del área de estudio	57
2.1.17.1. Ubicación.	57
2.1.17.2. Infraestructura vial.	58
2.1.17.3. Descripción física de la cuenca.	59
III. MÉTODO	91
3.1. Tipo de investigación	91
3.1.1. Enfoque.....	91
3.1.2. Alcance o nivel	91
3.1.3. Diseño.....	92
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	92
3.2.1. Temporal.....	92
3.2.2. Espacial.....	92
3.3. Variables.....	93
3.4. Población y muestra	93
3.4.1. Población	93
3.4.2. Muestra	93
3.5. Instrumentos	94
3.5.1. Materiales	94
3.5.1.1. Cartas nacionales.	94
3.5.1.2. Imágenes satelitales.	94

3.5.1.3. Datos meteorológicos.....	95
3.5.1.4. Libreta de campo.....	96
3.5.2. Equipos	96
3.5.2.1. GPS Garmin eTrex 10.....	96
3.5.2.2. Ordenador portátil.....	96
3.5.2.3. Cámara fotográfica.....	97
3.5.2.4. Impresora.	97
3.5.3. Software.....	97
3.6. Procedimientos	98
3.6.1. Cuantificación de las áreas de bosque y no bosque	98
3.6.1.1. Delimitación de la cuenca Neshuya	98
3.6.1.2. Descarga de imágenes satelitales.	99
3.6.1.3. Determinación de áreas de bosque y no bosque	100
3.6.1.4. Escenarios futuros de cobertura boscosa en la cuenca Neshuya.....	107
3.6.1.5. Validación de resultados	109
3.6.2. Cálculo de la tasa de cambio anual de perdida de cobertura boscosa	115
3.6.2.1. Cálculo de la tasa anual de cambio (s) mediante la fórmula proporcionado por (FAO, 1996).....	116
3.6.2.2. Cálculo de la tasa anual de cambio (s) mediante la fórmula proporcionado por (Puyravaud J. P., 2003).	116
3.6.3. Cuantificación de caudales anuales	117
3.6.3.1. Descarga de datos meteorológicos.	117

3.6.3.2. Descarga de datos PISCO mediante R.....	119
3.6.3.3. Completación, análisis y generación de los datos meteorológicos para la cuenca del Rio Neshuya.....	122
IV. RESULTADOS	183
4.1. Área de bosque y no bosque.....	183
4.2. Tasa de cambio anual de la deforestación de la cobertura boscosa	184
4.3. Caudales de la cuenca Neshuya	185
4.4. Grado de asociación entre los caudales calculados y los cambios de la cobertura boscosa de la cuenca del rio Neshuya	187
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	189
VI. CONCLUSIONES	192
VII. RECOMENDACIONES	194
VIII. REFERENCIAS	195
IX. ANEXOS	206

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales características de las bandas del sensor TM.....	49
Tabla 2 Coordenadas cuenca del Rio Neshuya extremos	58
Tabla 3 Datos Rectángulo equivalente.	70
Tabla 4 Calculo de la altitud media	73
Tabla 5 Cálculo del índice de pendiente	74
Tabla 6 Calculo de la curva hipsométrica.....	75
Tabla 7 Áreas de bosque y no bosque año 2003	107
Tabla 8 Área boscosa en los años de estudio	107
Tabla 9 Errores del modelo con los datos del estudio	108
Tabla 10 Escenarios futuros de Área boscosa.....	109
Tabla 11 Matriz de confusión año 2000	110
Tabla 12 Matriz de confusión año 2003	111
Tabla 13 Matriz de confusión año 2007	111
Tabla 14 Matriz de confusión año 2011	112
Tabla 15 Matriz de confusión año 2014	113
Tabla 16 Matriz de confusión año 2017	113
Tabla 17 Matriz de confusión año 2020	114
Tabla 18 Valores de concordancia de la clasificación	114
Tabla 19 Datos para el cálculo de la tasa de cambio	116
Tabla 20 Tasas de cambio del periodo de análisis 2000-2003.....	117
Tabla 21 Análisis de doble masa	126
Tabla 22 Resultados de las pruebas estadísticas	134
Tabla 23 Evaluación de las ecuaciones de regresión	136
Tabla 24 Datos de entrada de la Ec. Múltiple	137

Tabla 25 Error generado por la Ec. múltiple.....	138
Tabla 26 Precipitación media por áreas parciales.....	140
Tabla 27 Estación El Maronal – Estación representativa	141
Tabla 28 Valores del factor adimensional – Est. El Maronal	143
Tabla 29 PP generada cuenca Neshuya	144
Tabla 30 Precipitación media multimensual.....	145
Tabla 31 Ecuaciones regionales mensuales	145
Tabla 32 Evaluación de las ecuaciones de regresión – temperatura.....	146
Tabla 33 Temperatura media por áreas parciales	149
Tabla 34 Registro de temperatura representativa – Est. El Maronal	150
Tabla 35 Temperatura media multimensual	151
Tabla 36 Modelos regionales mensuales temperatura	151
Tabla 37 Índice térmico mensual.....	154
Tabla 38 Registro de evapotranspiración no corregida.....	156
Tabla 39 Registro de evapotranspiración corregida – Thornthwaite.....	157
Tabla 40 Registro de evapotranspiración – Oudin.....	158
Tabla 41 Evapotranspiración promedio representativa.....	159
Tabla 42 Evapotranspiración media por áreas parciales.....	166
Tabla 43 Datos de precipitación total anual (Pisco- generada).....	170
Tabla 44 Datos de la temperatura media anual (Pisco- generada).....	171
Tabla 45 Datos de evapotranspiración total anual (Pisco – generado)	173
Tabla 46 Balance hídrico de la cuenca Neshuya	174
Tabla 47 Caudal anual	175
Tabla 48 Datos de rendimiento hídrico.....	177
Tabla 49 Escorrentía media por áreas parciales.....	182

Tabla 50 Datos incompletos de precipitación de la Estación Tingo María	207
Tabla 51 Datos incompletos de precipitación de la Estación Tulumayo	208
Tabla 52 Datos incompletos de precipitación de la estación El Maronal	208
Tabla 53 Datos incompletos de precipitación de la Estación Dos de Mayo	209
Tabla 54 Datos incompletos de T° mínima Estación Tingo María.....	210
Tabla 55 Datos incompletos de T° máxima Estación Tingo María	211
Tabla 56 Datos incompletos de T° mínima Estación Tulumayo	212
Tabla 57 Datos incompletos de T° máxima Estación Tulumayo.....	212
Tabla 58 Datos incompletos de T° mínima Estación Maronal	213
Tabla 59 Datos incompletos de T° máxima Estación Maronal.....	214
Tabla 60 Datos incompletos de T° mínima Estación Dos de Mayo	215
Tabla 61 Datos incompletos de T° max estación Dos de Mayo	216
Tabla 62 Datos pisco de precipitación de la Est. Tingo María	217
Tabla 63 Datos Pisco de precipitación de la Est. Tulumayo.....	218
Tabla 64 Datos pisco de precipitación de la Est. El Maronal	219
Tabla 65 Datos pisco de precipitación de la Est. Dos de mayo	220
Tabla 66 Datos pisco de temperatura media – Est. Tingo María.....	221
Tabla 67 Datos pisco de temperatura media – Est.tulumayo	222
Tabla 68 Datos pisco de temperatura media – Est. El Maronal.....	222
Tabla 69 Datos pisco de temperatura media – Est. Dos de mayo	223
Tabla 70 Datos pisco de evapotranspiración – Est. Tingo María	224
Tabla 71 Datos pisco de evapotranspiración – Est. Tutlumayo	225
Tabla 72 Datos pisco de evapotranspiración – Est. El Maronal	226
Tabla 73 Datos pisco de evapotranspiración – Est. Dos de mayo	227
Tabla 74 Datos pisco areal de precipitación	229

Tabla 75 Datos pisco areal de temperatura	230
Tabla 76 Datos pisco areal de evapotranspiración.....	231
Tabla 77 Datos completos de precipitación de la Est. Tingo María	233
Tabla 78 Datos completos de precipitación de la Est. Tulumayo	234
Tabla 79 Datos completos de precipitación de la Est. El Maronal	235
Tabla 80 Datos completos de precipitación de la Est. Dos de mayo	236
Tabla 81 Datos completos de T° min de la Est. Tingo María.....	237
Tabla 82 Datos completos de T° max de la Est. Tingo María	238
Tabla 83 Datos completos de T° media de la Est. Tingo María	238
Tabla 84 Datos completos de T° min de la Est. Tulumayo	239
Tabla 85 Datos completos de T° max de la Est. Tulumayo.....	240
Tabla 86 Datos completos de T° media de la Est. Tulumayo	240
Tabla 87 Datos completos de T° min de la Est. El Maronal.....	241
Tabla 88 Datos completos de T° max de la Est. Maronal.....	242
Tabla 89 Datos completos de T° media de la Est. Maronal.....	242
Tabla 90 Datos completos de T° min de la Est. Dos de mayo.....	243
Tabla 91 Datos completos de T° max de la Est. Dos de mayo	244
Tabla 92 Datos completos de T° media de la Est. Dos de mayo	244
Tabla 93 Regresión de las variables área boscosa y caudal (1994 – 1999)	248
Tabla 94 Correlación de las variables área boscosa y caudal (1994 – 1999)	249
Tabla 95 Regresión de las variables área boscosa y caudal (2001 – 2006)	250
Tabla 96 Correlación de las variables área boscosa y caudal (2001 – 2006)	250

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 División de una cuenca hidrográfica: Subcuencas y microcuencas.	36
Figura 2 Parámetros fisiográficos	36
Figura 3 Representación del Ciclo Hidrológico.....	37
Figura 4 Principales tipos de precipitación: convectiva, orográfica y frontales.	38
Figura 5 Principales componentes que intervienen en la evapotranspiración e interceptación. .	39
Figura 6 Componentes de un sistema de Teledetección.	45
Figura 7 Órbita polar de un satélite.....	45
Figura 8 Órbita geoestacionaria de un satélite.....	46
Figura 9 Tipos de sensores.....	46
Figura 10 Espectro electromagnético.....	51
Figura 11 Esquema árbol de decisión.	55
Figura 12 Métodos paralelos de bagging.	56
Figura 13 Esquema simplificado de Random Forest.	57
Figura 14 Ubicación política.....	57
Figura 15 Unidades litoestratigráficas.	60
Figura 16 Unidades fisiográficas.	62
Figura 17 Ancho y longitud de una cuenca.	67
Figura 18 Rangos aproximados del factor de forma.....	67
Figura 19 Rectángulo equivalente de una cuenca.....	69
Figura 20 Rectángulo equivalente de la cuenca Neshuya.....	71
Figura 21 Curva hipsométrica.....	75
Figura 22 Clasificación de pendientes medias.....	76
Figura 23 Numero de órdenes de las corrientes.....	77
Figura 24 Corrientes – longitud.	78

Figura 25 Resumen de parámetros fisiográficos.....	80
Figura 26 Principales especies madereras.....	82
Figura 27 Tipos de suelo.....	84
Figura 28 Años de estudio.	92
Figura 29 Variables de investigación.....	93
Figura 30 Cartas nacionales del área de estudio	94
Figura 31 Imágenes satelitales	94
Figura 32 Estaciones meteorológicas.....	95
Figura 33 Especificaciones técnicas GPS Garmin eTrex 10	96
Figura 34 Especificaciones técnicas ordenador portátil.....	97
Figura 35 Proceso y herramientas usadas para la delimitación de la cuenca.....	98
Figura 36 Etapas para determinar áreas de bosque y no bosque.....	99
Figura 37 Escenas Landsat 5.....	100
Figura 38 Imágenes satelitales año 2003.	101
Figura 39 Conversión al factor de escala.	101
Figura 40 Unión de escenas.	102
Figura 41 Corte del buffer del área de estudio con la escena.	103
Figura 42 Combinación de bandas.....	103
Figura 43 Muestras de entrenamiento.....	104
Figura 44 Interfaz dzetsaka: classification tool.	105
Figura 45 Raster clasificado buffer área de estudio.....	105
Figura 46 Cuenca Neshuya clasificado en formato vectorial.	106
Figura 47 Cuenca Neshuya clasificada 2003.	107
Figura 48 Correlación entre el área boscosa y el tiempo.	108
Figura 49 Cantidad de puntos de muestreo por categoría.....	110

Figura 50 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2003.	110
Figura 51 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2007.	111
Figura 52 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2011.	112
Figura 53 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2014.	112
Figura 54 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2017	113
Figura 55 Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2020	114
Figura 56 Distribución temporal de la concordancia de clasificación.	115
Figura 57 Fuerza de relación entre la fiabilidad global y Cohen's. Kappa.....	115
Figura 58 Diagrama de flujo para obtener caudales.	117
Figura 59 Estaciones meteorológicas.....	118
Figura 60 Disponibilidad de datos en las estaciones seleccionadas.	118
Figura 61 Descarga de datos PISCO.....	120
Figura 62 Extracción por punto de datos PISCO en R.	120
Figura 63 Extracción areal de datos PISCO en R.	121
Figura 64 Lamina de datos a completar.	123
Figura 65 Interfaz del software CHAC V 5.06 Beta 1.....	124
Figura 66 Umbral de priorización.....	125
Figura 67 Resultado del completado de datos faltantes.....	125
Figura 68 Curva doble masa Est. Tingo María.	127
Figura 69 Curva doble masa Est. Tulumayo.....	127
Figura 70 Curva doble masa Est. El Maronal.....	127
Figura 71 Curva doble masa Est. Dos de mayo.	127
Figura 72 Serie de tiempo Est. Tulumayo.	128
Figura 73 Serie de tiempo Est. Tingo María.....	128
Figura 74 Series de tiempo Est. Dos de mayo.	128

Figura 75 Serie de tiempo Est. El Maronal.	128
Figura 76 Prueba de normalidad Est. Tulumayo.	129
Figura 77 Prueba de normalidad Est. Tingo maría.	129
Figura 78 Prueba de normalidad Est. Dos de mayo.	129
Figura 79 Prueba de normalidad Est. Maronal.	129
Figura 80 Relación de las estaciones con el vector regional.	131
Figura 81 Suma de los índices anuales del Vector y de las Estaciones.	131
Figura 82 Índices anuales del Vector y de las Estaciones (Brunet Moret).	132
Figura 83 Test estadísticos.	133
Figura 84 Relación de la precipitación y altitud – E.c. Exponencial.	135
Figura 85 Relación de la precipitación y altitud – E.c. Lineal.	135
Figura 86 Relación de la precipitación y altitud – E.c. Logarítmica.	135
Figura 87 Relación de la precipitación y altitud – E.c. Potencial.	135
Figura 88 Relación de la precipitación y latitud - Ec. Exponencial.	137
Figura 89 Datos para el cálculo de la precipitación media	138
Figura 90 Datos de ingreso para la Ec. Intrínseca.	139
Figura 91 Relación de la precipitación generada y la altitud.	139
Figura 92 Precipitación media calculadas.	141
Figura 93 Relación temperatura y altitud – Ec. Lineal.	146
Figura 94 Relación temperatura y altitud – Ec. Exponencial.	146
Figura 95 Relación temperatura y altitud – Ec. Logarítmica.	147
Figura 96 Relación temperatura y altitud – Ec. Potencial.	147
Figura 97 Altitud media de la cuenca Neshuya.	147
Figura 98 Relación de la temperatura y altitud – Ec Lineal elegida.	148
Figura 99 Temperatura media calculada.	149

Figura 100 Valores del parámetro heliotérmico (1993-2003).	152
Figura 101 Valores del parámetro heliotérmico (2004-2013).	152
Figura 102 Valores de evapotranspiración real (1993-2003) – Turc.	153
Figura 103 Valores de evapotranspiración real (2004-2013) – Turc.	153
Figura 104 Índice anual (1993 – 2003).	154
Figura 105 Índice anual (2004-2013).	154
Figura 106 Parámetro “a” y “c” (1993 – 2003).	155
Figura 107 Parámetro “a” y “c” (2004 – 2013).	155
Figura 108 Duración media de las horas del sol	156
Figura 109 Radiación solar extraterrestre.	157
Figura 110 Relación entre la EVP calculada (Thornthwaite – Oudin).	158
Figura 111 Tendencias y relaciones de valores de evapotranspiración.	159
Figura 112 Evapotranspiración estaciones – Turc.	160
Figura 113 Evapotranspiración estaciones – Oudin.	160
Figura 114 Evapotranspiración promedio.	161
Figura 115 Relación entre los métodos (Turc – Oudin).	161
Figura 116 Evaluación de las ecuaciones de regresión – evapotranspiración promedio.	162
Figura 117 Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Exponencial.	162
Figura 118 Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Lineal.	162
Figura 119 Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Logarítmica.	162
Figura 120 Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Potencial.	162
Figura 121 Relación de la evapotranspiración promedio y latitud – Lineal.	163
Figura 122 Datos para la correlación múltiple – EVP.	164
Figura 123 Error producido por la ecuación múltiple.	164
Figura 124 Datos para el cálculo de la evapotranspiración regional.	165

Figura 125 Evapotranspiración media representativa.	166
Figura 126 Datos multimensuales de precipitación media (Pisco – generada).	167
Figura 127 Distribución de precipitación media multimensual (Pisco – generada).	167
Figura 128 Datos multimensuales de temperatura media (Pisco- generada).	168
Figura 129 Distribución de la temperatura media multimensual (Pisco – Generada).	168
Figura 130 Datos multimensuales de evapotranspiración media (Pisco- generada).	169
Figura 131 Distribución de la evapotranspiración media multimensual (Pisco – Generada).	169
Figura 132 Distribución de la precipitación total anual (Pisco- generada).	171
Figura 133 Distribución de la temperatura media anual (Pisco- generada).	172
Figura 134 Distribución de la evapotranspiración total anual.	173
Figura 135 Distribución de caudal (m ³ /s).	176
Figura 136 Relación del caudal y la precipitación.	176
Figura 137 Evaluación de las ecuaciones de regresión – escorrentía.	178
Figura 138 Relación de la escorrentía multianual y altitud – Lineal.	178
Figura 139 Relación de la escorrentía multianual y altitud – Exponencial.	178
Figura 140 Relación de la escorrentía multianual y altitud – Potencial.	179
Figura 141 Relación de la escorrentía multianual y altitud – Logarítmico.	179
Figura 142 Relación de la escorrentía multianual y latitud – exponencial.	179
Figura 143 Datos para generar la ecuación múltiple.	180
Figura 144 Error generado por la ecuación múltiple.	181
Figura 145 Datos para el cálculo de la escorrentía media.	181
Figura 146 Escorrentía media representativa.	182
Figura 147 Dinámica de la cobertura boscosa.	183
Figura 148 Tasa de cambio anual s y r.	184

Figura 149 Caudales anuales (1993-2013)	186
Figura 150 Datos de área boscosa y caudal generados (1994-1999)	187
Figura 151 Grado de asociación del área boscosa y caudal. (1994-1999).....	187
Figura 152 Datos de área boscosa y caudal generados (2001-2006)	188
Figura 153 Grado de asociación del área boscosa y caudal (2001 – 2006).	188
Figura 154 Relación de la temperatura y altitud –Febrero.	246
Figura 155 Relación de la temperatura y altitud – Enero.	246
Figura 156 Relación de la temperatura y altitud – Abril.	246
Figura 157 Relación de la temperatura y altitud – Marzo.	246
Figura 158 Relación de la temperatura y altitud – Mayo.....	246
Figura 159 Relación de la temperatura y altitud – Junio.	246
Figura 160 Relación de la temperatura y altitud – Agosto.	247
Figura 161 Relación de la temperatura y altitud – Julio.	247
Figura 162 Relación de la temperatura y altitud – Octubre.....	247
Figura 163 Relación de la temperatura y altitud – Septiembre.....	247
Figura 164 Relación de la temperatura y altitud – Diciembre.....	247
Figura 165 Relación de la temperatura y altitud – Noviembre.....	247
Figura 166 Datos de relación área boscosa y caudal (1994-1999).	248
Figura 167 Datos de relación área boscosa y caudal (2001-2006).	249

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la cobertura boscosa sobre la capacidad de producción de caudales en la cuenca Neshuya. Para la determinación de la cobertura boscosa se realizó una evaluación multitemporal para los años 2000, 2003, 2007, 2011, 2014, 2017 y 2020 por medio de imágenes satelitales Landsat del sensor Thematic Mapper (TM) y Operational Land Imager (OLI) - Thermal Infrared Sensor (TIRS), clasificándolo mediante el algoritmo de bosques aleatorios o random forest con el software QGIS 3.28.15. Para la determinación de los caudales generados de la cuenca Neshuya se realizó mediante un balance hídrico superficial de las entradas y salida del sistema (precipitación, evapotranspiración potencial y escorrentía). Las pérdidas de cobertura boscosa en el periodo de estudio del 2000 al 2020 asciende a 325.9 km² (32590 ha) representando el 34.4% del área de la cuenca con una variación de -15.5 km²/año (1629.5 Ha/año) a una tasa anual de deforestación de -0.03 %. Se obtuvo en la clasificación de los mapas una fiabilidad de global 86% y exactitud temática Kappa de 0.71 con una fuerza de concordancia “considerable”, por otro lado, del análisis de la cobertura boscosa y los caudales generados se infiere que existe una influencia inversa entre las dos variables originando un aumento en la producción de agua de la cuenca al disminuir la cobertura boscosa en la cuenca Neshuya pudiendo originar riesgos de desastres como inundaciones, deslizamientos y erosión superficial etc.

Palabras clave: cobertura boscosa, producción de caudales, Random Forest, teledetección espacial.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the influence of forest cover on streamflow production capacity in the Neshuya watershed. To determine forest cover, a multitemporal assessment was conducted for the years 2000, 2003, 2007, 2011, 2014, 2017, and 2020 using Landsat satellite imagery from the Thematic Mapper (TM) and Operational Land Imager (OLI) - Thermal Infrared Sensor (TIRS). The classification was carried out using the random forest algorithm within the QGIS 3.28.15 software. Streamflow generation in the Neshuya watershed was determined through a surface water balance based on system inputs and outputs (precipitation, potential evapotranspiration, and runoff). During the study period from 2000 to 2020, forest cover loss amounted to 325.9 km² (32,590 ha), representing 34% of the watershed area, with a variation rate of -16.3 km²/year (1,629.5 ha/year) and an annual deforestation rate of -0.03%. The classification of the maps yielded an overall accuracy of 86% and a thematic Kappa accuracy of 0.71, indicating a "substantial" level of agreement. Furthermore, the analysis of forest cover and streamflow generation suggests an inverse relationship between the two variables, with an increase in water production in the watershed as forest cover decreases. This trend could lead to increased disaster risks such as flooding, landslides, and surface erosion.

Keywords: forest cover, streamflow production, Random Forest, remote sensing.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Los ecosistemas forestales ocupan aproximadamente el 30.8 % de la superficie terrestre mundial, siendo un componente crítico de la biodiversidad mundial, ya que, existen bosques con más biodiversidad que otros ecosistemas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2020a). La importancia de los bosques radica en el papel fundamental que desarrolla en la seguridad alimentaria de la población rural, en la provisión de agua, la conservación de los suelos, la conservación de las diferentes especies de flora y fauna y la regulación de los efectos del cambio climático (La Barreda, 2021).

La presencia de bosques ha sido considerada una medida de protección eficiente contra las inundaciones y la erosión. Los ecosistemas forestales también tienen una mejor capacidad para mitigar inundaciones, debido a que la cobertura vegetal intercepta parte de la lluvia y el suelo tiene una alta capacidad de infiltración y retención (Escobar, 2020).

El indicador 15.1.1 de los ODS evalúa la cobertura forestal verificando que en los últimos tres decenios entre 1990 y 2020 disminuyó de 32.5% a 30.8% representando un total de pérdidas de 178 millones de hectáreas de cobertura forestal. En el último decenio entre 2010 – 2020 se registró el punto más alto de pérdida de cobertura forestal en África con un total de 3.94 millones de hectáreas al año, seguido por América del sur con una superficie de 2.60 millones de hectáreas al año (FAO y PNUMA, 2020b).

La cuenca amazónica es uno de los ecosistemas que registra elevadas tasas de deforestación, desde 1970 se ha perdido aproximadamente el 15% de superficie forestal Soares et al. (2006), estas tasas de deforestación varían entre las regiones siendo el bosque tropical de

neblina el área más vulnerada (Bruijnzeel et al, 2011, como se cita en Gonzales y Romina, 2015).

El Perú es el noveno país con mayor cobertura forestal en el mundo y el segundo en Latinoamérica después de Brasil, por lo que sus bosques son importantes para mantener un ecosistema sano y equilibrado. Sin embargo, la deforestación y degradación de los bosques crecen a ritmos alarmantes La Barreda (2021), tanto es así que durante el periodo 2001-2021, la pérdida promedio de bosque húmedo amazónico fue de 132 122 ha.

En la región Ucayali entre el 2001 – 2021, se registró una pérdida total de 506 423 ha de bosques, con un promedio de pérdida anual de 24 115 ha (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2023).

Las investigaciones en su mayoría llegan a la conclusión que el régimen de caudales aumentan después de una disminución de la cubierta de bosques (Jones JA & Swanson FJ, 2001). La escorrentía superficial durante eventos extremos de precipitación también es menor en los bosques que en las áreas sin cobertura forestal, pero esta diferencia decrece a medida que la magnitud de la lluvia se incrementa (Escobar, 2020).

En la cuenca del río Neshuya se ha detectado problemas de inundaciones. Según Instituto Nacional de Defensa Civil (2022) el día 30 de septiembre del 2022 se produjo el desborde del río Tahuayo afectando la vía de comunicación en la ruta Neshuya – Curimaná, a consecuencia de las lluvias intensas. Entre los meses de octubre a mayo el río Neshuya concentra los picos más altos de caudales como consecuencia directa de las precipitaciones intensas en la zona de la cuenca húmeda (Municipalidad distrital de Neshuya, 2020). Siendo los más vulnerables de sufrir inundaciones los centros poblados situados aguas abajo de la cuenca, ya que, no cuentan con coberturas boscosas en las orillas que los puedan proteger de las crecidas. Sin embargo, las áreas boscosas siguen siendo intervenidas con fines de crear las

condiciones de habitualidad de población, otro peligro que acecha a la población son los deslizamientos que se incrementan debido a la deforestación de las laderas (Municipalidad distrital de Neshuya, 2020).

En ese sentido resulta importante evaluar la influencia que tiene los efectos de la deforestación de los bosques sobre la capacidad de producción de caudales de la cuenca del Rio Neshuya con la finalidad de dar a conocer su relación existente.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema General.

- ¿De qué manera influye la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales de la cuenca Neshuya en el periodo 2000 - 2020?

1.1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿En cuánto es la deforestación de la cobertura boscosa en la cuenca Neshuya en el periodo 2000-2020?
- ¿Cuál es la tasa de cambio anual de la deforestación de la cobertura boscosa en el periodo 2000-2020?
- ¿En cuánto es la producción de caudales de la cuenca Neshuya durante el periodo 2000-2020?
- ¿Cuál es el grado de asociación entre los caudales generados y la deforestación de la cobertura boscosa de la cuenca del rio Neshuya?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Rojas (2019) en su artículo tuvo como objetivo evaluar los cambios de cobertura y uso de suelo (CCUS) en los periodos 1987-2001 y 2001-2016 mediante la interpretación visual y técnicas de clasificación supervisada, obteniendo como resultado una reducción total de la cobertura boscosa de 918.59 km², con incrementos para el periodo 1987-2001 con tasas de cambio para zonas urbanas de 5.13%, pastos-cultivos de 3.85% y una reducción en las coberturas naturales con tasas de cambio para pastos – herbazales de -0.39% y bosques de -0.65%, mientras que para el periodo 2001-2016 con incrementos y tasas de cambio de 6.74%, 4.50% para zona urbana y pastos – cultivos respectivamente y una reducción notable de pastizal – herbazal y bosques con tasas de -0.34% y -1.66% respectivamente, finalmente concluye que la intensidad y las mayores tasas de deforestación se dieron en el segundo periodo(2001-2016) estableciendo que las pérdidas de cobertura boscosa están asociada a la actividad agropecuaria facilitada por las infraestructuras de transporte e hídrica.

Cervantes et al. (2021) en su artículo tuvo como objetivo evaluar el aporte en la regulación hídrica de tres ecosistemas altoandinos : bofedales, pajonal de puna y bosques relictos de *Polylepis* durante el año 2018 – 2019, mediante la modelación de balance hídrico de los tres ecosistemas usando la herramienta Hydrobal, obteniendo como resultados que el pajonal de puna regula un 80%, el bofedal el 17% y el bosque de *Polylepis* el 3%, finalmente concluye que los aportes de los tres ecosistemas a la regulación hídrica no es significativo por unidad de área, sin embargo, a nivel de cuenca el que mas aporta es el pajonal andino(80%) debido a su extensión.

Gallo (2018) en su tesis tuvo como objetivo conocer los cambios en la cobertura boscosa en la Subcuenca Yuracyacu y la influencia en su regulación hídrica mediante el uso del software CLASlite para el procesamiento de imágenes satelitales y la elaboración del balance hídrico

para cuantificar el rendimiento hídrico, teniendo como resultados una disminución de la cobertura boscosa desde 1989 al 2010 de 32 km² con una tasa de variación de -1,523 km² /año y una tasa de deforestación promedio de -0,012% anual en todo el estudio y obteniendo el pico más alto de rendimiento hídrico para el año 2008 en el que se determinó una cobertura de bosque igual a 116,9 km² siendo el rendimiento hídrico de 22l/s/km². Finalmente se desprende del estudio que existe una relación inversa entre la cobertura boscosa y rendimiento hídrico.

Arroyo et al. (2021) en su tesis tuvo como objetivo determinar la influencia del cambio de uso de suelo y el cambio climático en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 – 2020 mediante el uso de Arcgis 10.5 para el procesamiento de imágenes satelitales y el análisis de variables climáticas como: precipitación, temperatura para determinar la relación inversa o directa mediante el modelo estadístico Pearson, obteniendo como resultados que entre las variables de precipitación y caudal existe una relación directa con un coeficiente de correlación de 0.90 y coeficiente de determinación de $R^2=81\%$, mientras que la temperatura y el caudal presentan una relación inversa con un coeficiente de correlación de -0.392 y coeficiente de determinación de $R^2=15\%$, encontrándose también que la relación existente entre el caudal y la cobertura vegetal fue directa con un coeficiente de correlación de 0.83 y coeficiente de determinación de $R^2= 69\%$ finalmente encontrando que la relación entre el caudal y el cambio de uso de suelo (CUS) fue inversa con un coeficiente de correlación de -0.65 y coeficiente de determinación de $R^2=43\%$. Finalmente, los tesisistas concluyen que tanto la precipitación, cobertura vegetal y cambio de uso de suelo tienen influyen en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

Lopez (2018) en su tesis tuvo como objetivo cuantificar las áreas deforestadas por la minería aluvial aurífera mediante el uso de técnicas de geoinformación en Huepetuhe – Madre

de Dios en el periodo 2006 al 2016, mediante la aplicación del Modelo Lineal de Mezcla Espectral (MLME) y generación de fracción de imagen agua, suelo y vegetación a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 5 y 8 en el software SPRING 5.4.2 obteniendo como resultados que la minería aluvial aurífera deforestó para los años 2006, 2011 y 2016 respectivamente un total de 7004.70 ha, 21055.23 ha y 31174.83 ha con un desempeño del MLME de 99.66 %, 96.02 % y 99.93 %, respectivamente para cada año. Finalmente concluye que la metodología del MLME tuvo un muy buen desempeño en el cumplimiento de los objetivos de la investigación y se recomienda su aplicación en áreas del bosque amazónico.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Endara (2018) en su tesis tuvo como objetivo evaluar los efectos de la deforestación en la producción de caudales de la cuenca media – alta del río Mira para el período 2000 – 2014 mediante la clasificación supervisada para la determinación de la pérdida de bosque y uso del modelo hidrológico SWAT para la determinación de caudales obteniendo como resultados que en el año 2000 la cobertura de bosque fue de 132322.75 ha, en el 2007 la cobertura de bosque fue de 124503.13 ha, en el año 2014 la cobertura de bosque fue de 127633.52 ha y en el año 2017 la cobertura de bosque fue de 121015.05 ha con una producción de caudales respectivamente de 145.15 m³/s, 122.34 m³/s; 122.61 m³/s y 108.85 m³/s. Finalmente se concluye de la investigación que el ecosistema bosque cumple un rol fundamental en el mantenimiento de caudales, regulación hídrica y producción de agua principalmente.

Barrera y Chaparro (2021) en su tesis tuvo como objetivo analizar la relación existente entre el cambio de coberturas y las variables hidrológica mediante la utilización del método de clasificación supervisada por máxima probabilidad para la detección y cuantificación de coberturas vegetales y para el análisis hidrológico se empleó el software HEC-HMS en la microcuenca del Río Morro(código de cuenca 2403025001) obteniéndose hidrogramas de

crecientes con sus caudales pico para diferentes periodos de retorno obteniendo como resultados que para los años 2000,2001, y 2021 la cobertura de pastos y cultivos tuvo mayor predominancia, mientras que para los años 2002, 2003, 2016, 2019, y 2020 fue de herbazales, encontrándose que el mayor impacto de cambio de cobertura vegetal se tuvo con respecto a la zona de bosques para el periodo de 2016 a 2021 teniendo inicialmente de 671.42 ha para el año 2016 a 374.63 ha para el año 2019 y aumentando para los años 2020 y 2021 en un 50%, con respecto a los caudales se tiene que para el año 2000, 2001,2002,2003,2016,2020,2021 y tiempo de retorno de 20 años y 50 años fueron respectivamente de 0.1232 m³/s y 0.9058 m³/s, 0 y 0.09886 m³/s, 0 y 0.54789 m³/s, 0.00074 m³/s y 0.73659 m³/s; 0.02368 m³/s y 0.8821 m³/s; 0.05706 m³/s y 0.90039 m³/s; 0 y 0.01154 m³/s; 0.88862 m³/s y 2.61281 m³/s. Finalmente concluye que la variación de coberturas vegetales alteran la regulación de caudales y el dinamismo de los sistemas de drenajes naturales.

Lovera et al. (2018) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo explicar cómo los cambios en la cobertura vegetal contribuyen en la alteración del servicio ecosistémico de regulación hídrica mediante utilización de dos imágenes satelitales Landsat de Julio de 1994 y Junio 2016 para ser procesadas mediante el método de clasificación supervisada para posteriormente determinar la dinámica de cambio mediante el cruce de mapas de usos de suelo y vegetación en el software IDRISI y la determinación del rendimiento hídrico haciendo uso del software InVest, obteniendo como resultados 13 clases de cobertura vegetal ocupando una mayor superficie en el año 1994 los Bosques Templados (23.055,2 ha) y para el año 2016 de 22.483,7 ha seguido de la Agricultura(Riego anual y temporal)(8.863,9 ha) para el año 1994 y para el años 2016 de 5.454,7 y por último la vegetación secundaria(3.437,01 ha) para el año 1994 y para el año 2016 de 2.592,9 ha caso contrario ocurre con la Selva Baja Caducifolia(84.3 ha) para el años 1994 que se observa que es la que menos superficie ocupa y para el año 2016 de 47,7 ha mientras que los aportes de rendimiento hídrico respectivamente fueron para los

Bosques Templados con un volumen de 3.372,5 m³ ha⁻¹ año⁻¹ y 3.456,6 m³ ha⁻¹ año⁻¹ para los años 1994 y 2016 respectivamente, después le sigue la Agricultura Temporal anual con un volumen de 23.508.670,0 m³ año⁻¹ y 18.222.734,6 m³ año⁻¹ para los años 1994 y 2016 respectivamente y para la clase de relacionadas a la Zona Urbana y Asentamientos su aporte fue de 3.468.891,4 m³ año⁻¹ y 24.151.174,2 m³ año⁻¹ para los años de 1994 y 2016 respectivamente y la que menos aportó agua fue la selva baja caducifolia de 297.442,6 m³ año⁻¹ y 124.436,8 m³ año⁻¹ para los años 1994 y 2016 respectivamente. Finalmente concluye que se ha producido un aumento del servicio ecosistémico de rendimiento hídrico asociado a los cambios de coberturas naturales a coberturas de origen antrópico, en sentido contrario, se observa que este SE disminuye en zonas que han sufrido cambios hacia coberturas con vegetación forestal.

Yustres y Ivanova (2022) en su artículo tuvo como objetivo evaluar los efectos de la deforestación sobre la capacidad de regulación hídrica en el parque nacional las orquídeas (Cuenca del río Murri) mediante análisis e interpretación de imágenes satelitales y estudios hidrológicos, obteniendo como resultados que para los años 1986, 1988, 1996, 2000, 2014, 2018 se obtuvo coberturas boscosas de 15355 ha, 8053 ha, 1984 ha, 379 ha, 2203 ha y 1984 ha respectivamente, evidenciando una reducción de la cobertura boscosa y que los índices IRH varían de 0.55 a 0.68 indicando que la cuenca del río Murri no presenta una capacidad de retención y regulación hídrica baja con tendencia a la disminución. Finalmente concluye que las variables no tienen una relación significativa indicando que existe resiliencia en el régimen hídrico de la cuenca del río Murri.

Gaspari et al. (2021) en su investigación tuvo como objetivo analizar la distribución geoespacial del rendimiento hídrico en relación al dinamismo del uso del suelo y sus escenarios de precipitación en la cuenca alta del río Sauce Chico, Tornquist, Argentina para los años 1997

y 2017, mediante la realización de dos mapas, el primero mediante la interpretación de fotografías aéreas y cartografía base para el año 1997 y el otro mediante la interpretación de imágenes satelitales del transbordador landsat 8 por el método de clasificación supervisada para posteriormente modelizar empíricamente el cambio de uso de suelo con el software IDRISI Taiga y con respecto al cálculo del rendimiento hídrico se usó el módulo Water Yield del modelo InVest v. 3.4.2 obteniendo como resultados en lo que respecta al cambio de usos de suelo para el año 1997 y 2017 siendo los siguientes: áreas con presencia de roca de 54.61 km² y 116.46 km² respectivamente; el pastoreo que solo se realizaba en el pasado en 113.90 km², uso de bosque de 114.58 km² y 50 km²; uso agropecuario de 81.47 km² y 184.81 km² y agregando dos clases nuevas en la para el año 2017 zona de ribera de 12.34 km² y el área urbana que se expande sobre 5.57 km², interrelacionando los resultados de rendimiento hídrico medio con los usos del suelo para la cuenca y diferentes escenarios se infiere que el comportamiento del rendimiento hídrico en todos los escenarios sería menor que 250 mm y solo alcanzando un pico de 257.89 mm para el uso de suelo agropecuario. Finalmente concluye que la cuenca CARSH ha disminuido su capacidad de regulación hídrica en los últimos 40 años, debido a la pérdida de cobertura natural a costa de la expansión para uso agrícola por lo tanto la cuenca presenta mayor vulnerabilidad hídrica antes eventos de sequía e inundación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales en la cuenca Neshuya en el periodo 2000 - 2020.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar las áreas de bosque y no bosque en la cuenca Neshuya en el periodo 2000-2020.
- Determinar la tasa de cambio anual de la deforestación de la cobertura boscosa en el periodo 2000-2020.
- Determinar los caudales generados en el periodo de estudio mediante el balance hídrico de la cuenca Neshuya.
- Determinar el grado de asociación entre los caudales generados y la deforestación de la cobertura boscosa de la cuenca del rio Neshuya.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica teóricamente debido a que pretende cubrir un vacío de información en la comprensión de la relación de la deforestación de la cobertura boscosa y la producción de agua de la cuenca Neshuya en un periodo de tiempo de 21 años desde el año 2000 al año 2020 y servirá como información base para futuras investigaciones en el ámbito de la hidrología forestal y gestión ambiental.

1.4.2. Justificación práctica

Según los trabajos realizados por Bosch y Hewlett (1982) y Grip et al. (2005) se demuestra que en la mayoría de cuencas de captación del mundo el caudal de agua se eleva aguas abajo al eliminar la cubierta arbórea.

Conocer la interacción bosque – Agua en una cuenca podría generar conocimientos que nos pueda ayudar en la toma de decisiones para mitigar o minimizar la ocurrencia de inundaciones en el área de estudio y actuar preventivamente ante los riesgos de desastres.

1.4.3. Justificación social

La cuenca baja del río Neshuya presenta problemas de inundaciones en algunos de sus sectores influyendo en la calidad de vida de la población que se ubica cerca o colindante a las fajas marginales de los ríos y afectando las principales actividades económicas como la agricultura y el comercio.

OFICIO N° 415 – 2019 – MDN-ALC registra el desborde del río Neshuya en el sector junta vecinal nuevo desarrollo afectando a un total de 31 familias equivalentes a 101 personas.

1.4.4. Justificación ambiental

El incremento de la deforestación de los bosques forestales y la interacción con los procesos hidrológicos y meteorológicos podría traer como consecuencia la pérdida de biodiversidad y hábitats de las diversas especies debido a la erosión, a la pérdida de fertilidad del suelo, pérdida de coberturas vegetales y al cambio de los microclimas presentes, es por ello que esta investigación pretende contribuir en el fortalecimiento de la gestión ambiental de la cuenca Neshuya.

1.5. Hipótesis

H1: La deforestación de la cobertura boscosa influye sobre la capacidad de producción de caudales en la cuenca Neshuya aguas abajo.

H0: La deforestación de la cobertura boscosa no tiene una relación directa sobre la capacidad de producción de caudales en la cuenca Neshuya aguas abajo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Ecosistema boscoso*

Son espacios que presentan plántulas arbóreas entre 30% y 100% de la cobertura vegetal con áreas diferenciadas entre sotobosque y dosel albergando en cada una de las partes diversidad de especies de flora y fauna entre ellas plántulas de bajo porte y herbáceas en la parte inferior hasta arboles de gran tamaño con copas frondosas (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 1998).

La organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2015) concibe los bosques como áreas cuya extensión abarca más de 0.5 ha con plántulas arbóreas que sobrepasan el 10% de cubierta de dosel alcanzando alturas superiores a 5 metros.

Según la FAO (1962) los bosques cumplen varias funciones, protegiendo el suelo y el régimen hidrológico, así como su regulación en el ecosistema.

2.1.1.1. Bosques y lluvia.

El proceso de intercepción en una cuenca consiste en la retención de agua de lluvia en el follaje de la estructura arbórea retomando a la atmósfera por el proceso de evaporación, esta intercepción depende de varios factores entre ellas; estructura del bosque, su ubicación geográfica y características propias de la plántula (Llerena, 2019).

2.1.1.2. Bosques y caudal.

La presencia de bosques en una cuenca no influye en el aumento del caudal en una cuenca sino en una posible disminución debido a que los bosques necesitan cubrir sus requerimientos de biológicos de agua y su intercepción (Llerena, 2019).

La deforestación en una cuenca transferirá mayor volumen de agua para el caudal debido a que demandará menor cantidad de agua para los procesos de evapotranspiración (Llerena, 2019).

2.1.1.3. Bosques y rendimiento hídrico.

La regulación hídrica de un bosque se debe a:

A. Diversidad de formaciones vegetales en los ecosistemas forestales entre ellos tenemos a líquenes, musgos y diversidad de plantas rastreras, así como de sistemas forestales favoreciendo que el agua de lluvia se almacene y distribuya (Giraldo, 2002).

B. Formaciones de hojarasca en el suelo favoreciendo a retener la humedad y controlando la escorrentía superficial (Giraldo, 2002).

C. Influencia de los sistemas radicales en la integración profunda del agua y suministro a los acuíferos (Giraldo, 2002).

Estos factores influyen en la capacidad de regular los caudales máximos y control de avenidas (Giraldo, 2002).

2.1.2. Deforestación

2.1.2.1. Definición.

Se entiende por deforestación a la transformación de los bosques a otro tipo de uso del suelo ya sea producido por influencia humana o natural. (FAO, 2020). Una de las causas principales es la tala extensiva para diversos propósitos perdiendo extensas áreas de bosques tropicales afectando no solo a la población humana sino a la biodiversidad de flora y fauna (Dioses, 2013 como se cita en Ramos, 2021).

2.1.2.2. Efectos hidrológicos de la deforestación.

El efecto de la deforestación en el sistema hidrológico está dado por el aumento de los caudales extremos y disminución de los caudales medios desencadenando consecuencias en la ocurrencia de inundaciones, sequías más frecuentes y fuertes. Adicionalmente existen efectos asociados a aumentos de presión atmosférica y temperatura superficial, disminución del albedo, evapotranspiración, rugosidad y espesor de la capa límite atmosférica, nubosidad y lluvias en el mediano y largo plazo causando una disminución de los caudales medios de los ríos (Poveda y Mesa, 1995).

2.1.3. Cuenca hidrográfica

Desde un enfoque hidrológico se llama cuenca hidrográfica a un área geográfica natural delimitada por una divisoria topográfica llamada *divortium aquarum* que tiene la función de actuar como colector del agua de lluvia y drenarlo hacia el río principal. (Vásquez et al., 2016)

La diversidad de coberturas vegetales en una cuenca hidrográfica está formada por paramos, punas, bosques de diferente tamaño y tipo, arbustos y cultivos o una combinación de estos que incluyen plantas nativas (Llerena, 2019).

2.1.3.1. División de una cuenca hidrográfica.

Según Vásquez et al. (2016) a los cursos de agua de primer, segundo y tercer orden de una cuenca se les denomina microcuencas y a los de cuarto y quinto orden como sub cuencas y los cursos que tiene de sexto orden a más como cuencas. Entendiéndose que el número de orden de un curso de agua comienza desde el cauce más pequeño en referencia al “*Divortium Acuarum*”.

Figura 1

*División de una cuenca hidrográfica:
Subcuencas y microcuencas.*



Nota. (Vásquez y Mejía et al., 2016).

2.1.3.2. Parámetros geomorfológicos.

Existen diversos parámetros geomorfológicos en una cuenca, entre los principales tenemos:

Figura 2

Parámetros fisiográficos.

Parámetros Fisiográficos		Unidad
Parámetros de superficie		
Área		km ²
Perímetro		Km
Parámetros de forma		
Factor forma		Adim.
Índice de compacidad		Adim.
Ancho medio		Km
Rectángulo o equivalent	Lado mayor (L)	Km
	Lado menor (l)	Km
Radio de elongación (Re)		Adim.
Parámetros de relieve		
Pendiente media del río principal (Sr)		%
Pendiente media de la cuenca (S)		%
Índice de pendiente		%
Altitud	Máxima	m.s.n.m.
	Mínima	m.s.n.m.
	Media	m.s.n.m.
Parámetros de la red de drenaje		

Extensión media de escurrimiento superficial	Km
Longitud del río más largo	Km
Longitud total de ríos	Km
Total de ríos	Adim.
Corrientes de primer orden	Adim.
Densidad de drenaje	km/km ²
Frecuencia de corrientes	corrientes/k m ²
Coefficiente de torrencialidad	corrientes/k m ²
Grado de ramificación	Adim.

Nota. (Gómez, 2022).

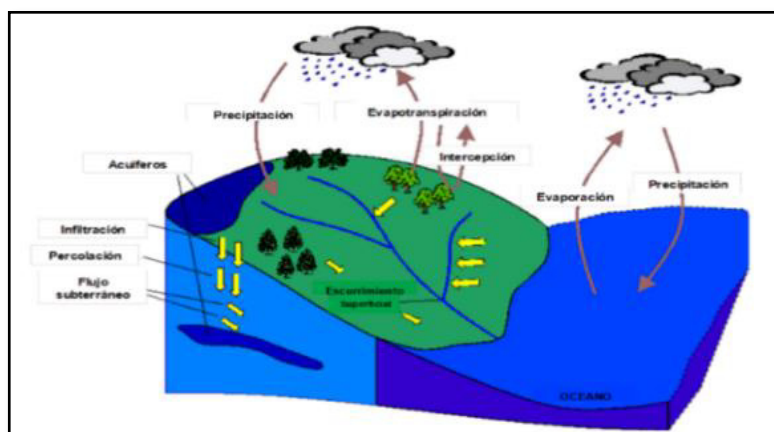
2.1.4. Ciclo Hidrológico

Es la secuencia de etapas por donde pasa el agua desde la tierra, atmósfera y tierra. Pasando por el proceso de evaporación, condensación, precipitación, acumulación y reevaporación (Ordoñez, 2011).

El sistema se fundamenta en un proceso indefinido de transporte recirculatorio lo cual se debe a dos causas fundamentales: en primer lugar, al sol que suministra la energía de activación para la iniciar el proceso de evaporación y en segundo lugar a la acción de la gravedad terrestre para que el agua condensada descienda (Ordoñez, 2011).

Figura 3

Representación del Ciclo Hidrológico.



Nota. (Ordoñez, 2011).

2.1.4.1. Año Hidrológico.

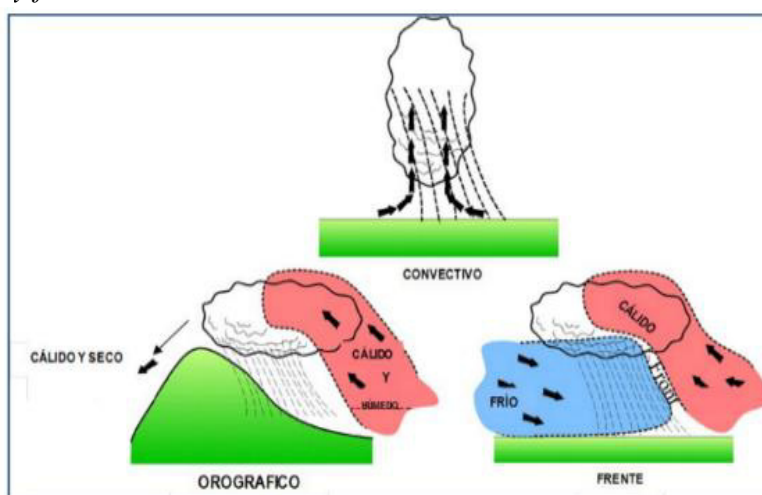
Es el registro continuo de doce meses donde lo cambios en el almacenamiento sean mínimos. Para el caso de Perú este año comienza en septiembre y termina en agosto del próximo año (Ordoñez, 2011).

2.1.4.2. Precipitación.

Son todas las aguas que caen de la atmosfera a la superficie de la tierra ya sea en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.), sólida (nieve, granizo, etc.) y oculta (rocío, la helada blanca, etc.) (Ordoñez, 2011).

Figura 4

Principales tipos de precipitación: convectiva, orográfica y frontales.



Nota. (Ordoñez, 2011).

2.1.4.3. Temperatura.

Es la cantidad de energía solar retenida por el aire en un momento dado (Ordoñez, 2011).

2.1.4.4. Caudal.

Se denomina caudal al volumen de agua que discurre o atraviesa una sección transversal de un cauce del río en una unidad de tiempo (Ordoñez, 2011).

2.1.4.5. Evaporación.

Es un proceso mediante el cual el agua de la superficie se convierte en vapor, es decir, gas e incorporarse al aire (Ordoñez, 2011).

2.1.4.6. Transpiración.

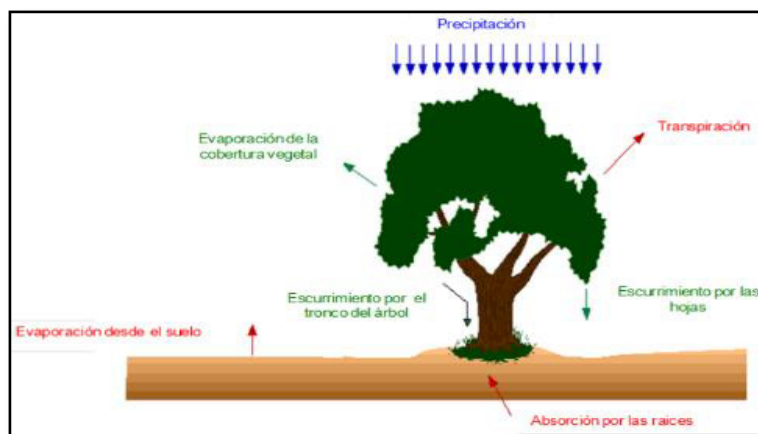
Proceso físico por medio del cual el agua de las hojas se incorporar al aire atmosférico en forma de gas (Ordoñez, 2011).

2.1.4.7. Intercepción.

Es la intercepción del agua de lluvia por objetos ubicados en la superficie como por ejemplo la cubierta vegetal o los tejados, esta agua nunca llega al suelo, sino que se evapora incorporándose al aire atmosférico (Ordoñez, 2011).

Figura 5

Principales componentes que intervienen en la evapotranspiración e intercepción.



Nota. (Musy, 2001).

2.1.4.8. Evapotranspiración.

Es el total de agua convertido en vapor por una cobertura vegetal; incluye la evaporación desde el suelo, la evaporación del agua interceptada y la transpiración por los estomas de las hojas (Ordoñez, 2011).

Los factores que intervienen en el proceso de evaporación son: radiación solar, temperatura, humedad, presión atmosférica y viento (Ordoñez, 2011).

En un suelo desnudo la evaporación depende de: La capacidad evaporante de la atmosfera, tipo del suelo (textura, estructura, etc.), grado de humedad del suelo (Ordoñez, 2011).

Y la transpiración está condicionada por: La capacidad evaporante de la atmosfera, el grado de humedad del suelo, el tipo de planta, variaciones estacionales e interanuales (Ordoñez, 2011).

Entre las fórmulas más utilizadas tenemos:

A) Formula de Hargreaves.

$$ET_o = 0.0023 * (t_{med} + 17.78) * (t_{dmáx} - t_{dmin})^{0.5}$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración potencial. (mm/día)

Tmed: Temperatura media diaria. (°C)

Ro: Radiación solar extraterrestre. (mm/día)

Tdmax: Temperatura media diaria. (°C)

Tdmin: Temperatura diaria mínima. (°C)

B) Formula de Thornthwaite y Mather (1995).

B.1. Determinar el Índice de calor mensual (i):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Donde:

T: Temperatura media mensual.

B.2. Determinar el Índice de calor anual (I): sumando los 12 valores de i mensual.

$$I = \sum_{1}^{12} i$$

B.3. Determinar la ET mensual “no corregida” mediante la fórmula:

$$ETP'_m = CxT^a$$

Donde:

ETP (sin corregir): Evapotranspiración potencial a nivel mensual en mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas).

T: Temperatura media mensual °C.

a y c: coeficientes.

B.4. Calculo de los coeficientes “a” y “c”

$$c = 16\left(\frac{10}{I}\right)^a$$

$$a = 657x10^{-9}xI^3 - 771x10^{-7}xI^2 + 1.79x10^{-2}xI + 0.492$$

B.5. Calculo de la evapotranspiración corregida

$$ETP = KETP'_m$$

Donde:

ET: Evapotranspiración potencial corregida.

K: Duración media de las horas de sol, depende del mes y de la latitud

C. Formula de Turc y Coutagne. Se determina mediante la siguiente formula

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$ETR = P - x * P^2$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mm/año.

P: Precipitación en mm/año, para la fórmula de Turc.

P: Precipitación en metros /año, para la fórmula de Coutagne.

L: Parámetro Heliotermico.

La fórmula de Coutagne, sólo es válida para valores de P (en metros/año) comprendido entre 1/8 y 1/2 de X.

C.1. Calculo de “L” y “x”

$$L = 300 + 25 * t + 0.05 * t^3$$

$$x = \frac{1}{0.8 + 0.14 * t}$$

Donde

L: Parámetro Heliotermico.

t: Temperatura media anual en °C.

2.1.5. Balance hidrológico

La determinación del balance hídrico de una cuenca, lago o superficie es fundamental para hacer un uso más racional del agua en cuanto al espacio y tiempo, así como para mejorar su control y distribución (Gómez y Gallo, 2022).

La ecuación del balance hidrológico es una de las leyes más importantes de la hidrología, sin embargo, su cuantificación su pone grandes retos debido a la dificultad de las mediciones directas en campo, en ese sentido se admiten dos supuestos: la primera supone que la cuenca es impermeable, es decir, que las pérdidas profundas son depreciables y la segunda que las variaciones del almacenamiento de agua para periodos largos en la cuenca son depreciables, generalmente un año (Ordoñez, 2011).

$$Elemento_{entrada} - Elemento_{salida} = cambio\ del\ almacenamiento$$

En ese sentido, si tomamos en cuenta la depreciación del cambio de almacenamiento para periodos largos. La ecuación quedaría de la siguiente manera (Gallo, 2018).

$$P - E = Q$$

Donde P es la precipitación en mm, E la evaporación en mm y Q escorrentía en mm.

En ese sentido, mediante la fórmula que relaciona la escorrentía y el área de drenaje se puede calcular el caudal medio (Ordoñez, 2011).

$$Q = \frac{ExA}{T}$$

Dónde: Q: caudal medio anual (m3/s). E: escorrentía anual (mm). A: área de la cuenca (km2). T: tiempo(s).

2.1.6. Regulación hídrica y rendimiento hídrico

Es la descarga del flujo de agua sobre una sección transversal para un determinado periodo de tiempo específico: un día, un mes, una estación o un año; o para un número determinado de tales intervalos. Y se utiliza para comparar el régimen hidrológico de las cuencas. Se expresa en m3 /seg./Km2 o lt/seg./ha (Giraldo, 2002).

$$Lámina\ de\ agua\ escurrida(mm) = Volumen\ escurrido / área\ drenado$$

2.1.7. Teledetección

Es la captura de información territorial a través de la radiación electromagnética captado por un sensor, esta información puede ser temática o topográfica (Arozarena, s.f).

2.1.7.1. Componentes de un sistema de Teledetección.

A. El primer componente. Esta referido al medio por donde se obtiene la información, es decir la energía del sol. Llamándose pasiva si depende de una energía externa (Martínez et al., 2010).

B. El segundo componente. Lo conforman todos los objetos de la superficie terrestre que mediante la incidencia de la energía solar una parte es transmitida y otra es reflejada. Cada objeto refleja la energía de diferente manera (Martínez et al., 2010).

C. Tercer componente. Como tercer componente tenemos al sensor que es el encargado de captar la energía reflejada por los objetos y codificar la información de una manera particular de acuerdo a la resolución radiométrica del sensor (256 niveles-ETM-Landsat-, 1.024 niveles -AVHRR-NOAA-, 2.048 niveles -IKONOS, Quickbird- y hasta 65.536 valores en algunos sensores, como MODIS y los radares de ERS y Radarsat) (Martínez et al., 2010).

D. Cuarto componente. Son las estaciones receptoras que están distribuidas en la superficie terrestre estratégicamente. Allí es donde se procesa, transporta y graba la información obtenida.

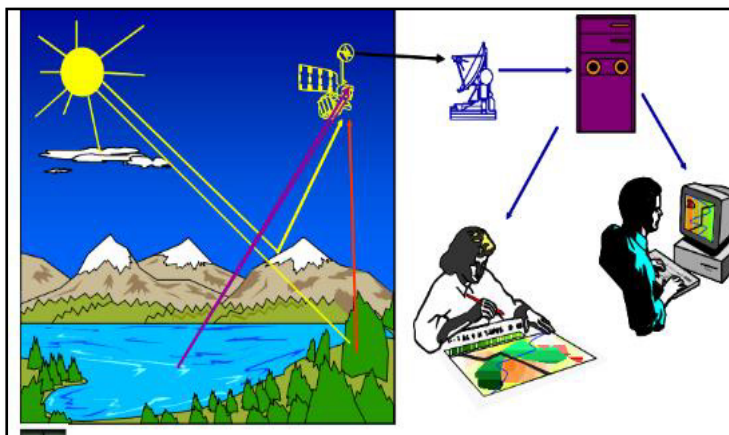
E. Quinto componente. Representado por el componente humano (intérprete) que tratará la información mediante el uso de programas informáticos para derivar a una cartográfica temática y otros productos como las variables biofísicas (Martínez et al, 2010).

F. Sexto componente. El ultimo componente es el usuario final que usará la información procesada para someterlo a un análisis y poder tomar decisiones en varios aspectos como

planificación del territorio, la ordenación de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica o la prevención y lucha contra incendios forestales (Martínez et al, 2010).

Figura 6

Componentes de un sistema de Teledetección.



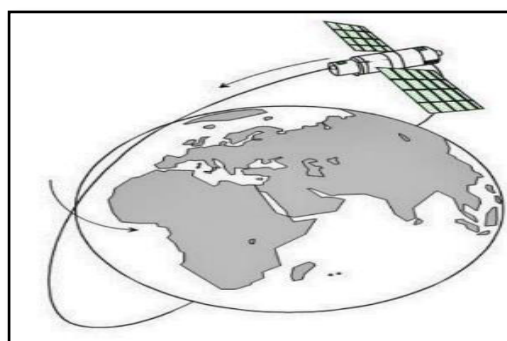
Nota. (Martínez et al., 2010).

2.1.7.2. Tipos de órbitas de los satélites.

A. Heliosíncronas. Satélites cuya trayectoria dibuja un órbita perpendicular al movimiento de rotación de la tierra y al ecuador. Sobrevuelan altitudes entre 600 a 900 km. Las imágenes suelen tener condiciones de iluminación homogéneas para las mismas épocas. Algunos satélites con esta órbita son: Landsat, SPOT, IRS, IKONOS, Terra y Aqua, etc (Martínez et al., 2010).

Figura 7

Órbita polar de un satélite.

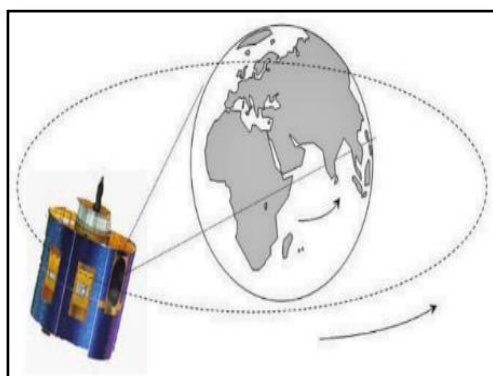


Nota. (Martínez et al., 2010)

B. Geoestacionarias. Describen orbitas ecuatoriales a una altitud de 36000 km a una velocidad de orbita muy parecido a la velocidad de rotación de la tierra capturando imágenes de la tierra en cortos periodos de tiempo permitiendo un seguimiento temporal de fenómenos que ocurren muy rápidamente, así mismo suelen unirse a constelaciones para cubrir toda la superficie terrestre. Por ejemplo: Meteosat, Goes etc (Martínez et al., 2010).

Figura 8

Órbita geoestacionaria de un satélite.



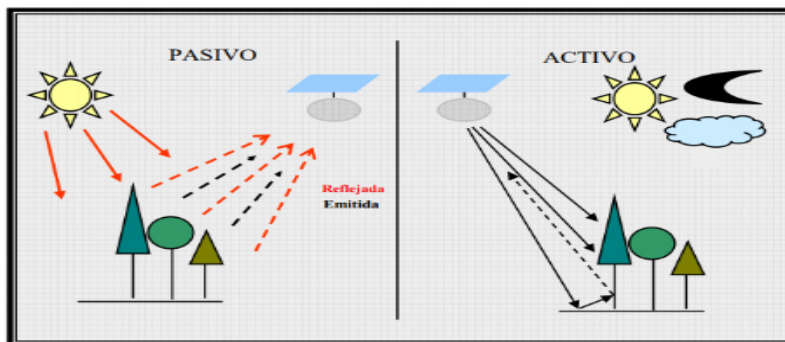
Nota. (Martínez et al., 2010)

2.1.7.3. Plataformas satelitales.

A. Tipos de sensores remotos. Los sensores remotos pueden clasificarse como pasivos o activos, según el tipo de fuente de energía electromagnética que utilicen (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Figura 9

Tipos de sensores.



Nota. (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004)

Los sensores pasivos con aquellos que reciben toda energía reflejada por la superficie terrestre provenientes de los rayos solares, estos sensores codifican el grado de agitación de la radiación electromagnética, por lo tanto, son dependientes de la energía del sol (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Los sensores activos son aquellos que tiene la capacidad autónoma de emitir un haz energético de luz y que tras su reflexión de la superficie observada es captada por el mismo sistema (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

B. Características de los sensores. Estas características pueden ser agrupadas en las denominadas resoluciones del sensor: espacial, espectral, radiométrica y temporal (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

B.1. Resolución espacial. Hace referencia a la unidad mínima de información capaz de detectar el sensor, es decir, al pixel. Y su importancia radica en la capacidad para poder discriminar los detalles, su tamaño varía dependiendo del sensor (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

B.2. Resolución espectral. Hace referencia al número y al ancho de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. La resolución aumenta al tener mayor cantidad de bandas y ancho de banda (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

B.3. Resolución radiométrica. Hace referencia a la capacidad del sensor de detectar variaciones en la cantidad de energía espectral recibida y se mide en bits e indica el número de los distintos niveles radiométricos que puede detectar un sensor (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

B.4. Resolución temporal. Es la cantidad de imágenes del mismo lugar que el sensor puede adquirir y depende directamente de las características orbitales de la plataforma que

contiene al sensor como son: velocidad, ancho de barrido del sensor etc (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

2.1.7.4. Sensores remotos.

A. Landsat-5 TM (Thematic Mapper). Transbordador Landsat-5 TM lleva a bordo al sensor multiespectral Thematic Mapper. Puesta en órbita en 1984 y retirado el 5 de junio de 2013. Este sensor tiene las siguientes características: 7 bandas espectrales captando información desde el espectro visible hasta el infrarrojo termal (TIR), ciclo de repetición de 16 días, la resolución espacial de las bandas 1 – 5 y 7 es de 30 x 30m y de la banda 6 es de 120 x 120 m, El tamaño de la imagen es de 180 km X 172 km (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

B. Landsat-7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper). Transbordador Landsat-7 lleva a bordo al sensor multiespectral Enhanced Thematic Mapper(ETM+). Puesta en órbita en 1999. Este sensor tiene las siguientes características: tiene 8 bandas espectrales que captan información del espectro visible hasta el TIR, además ETM+ posee una banda pancromática, la cual posee una resolución espacial de 15m, la banda termal tiene 60m de resolución espacial y las demás bandas tienen una resolución espacial de 30m.El tamaño de la imagen es de 180 km X 170 km. Este sensor presento anomalías en el año 2003 por lo cual las imágenes presentan duplicidad de áreas (MINAM, 2019).

C. Landsat-8 OLI (Operational Land Imager). Transbordador Landsat-8 OLI lleva a bordo a los sensores Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS) lanzado en febrero del 2013 con un ciclo de repetición de 16 días. Y tienen las siguientes características: el sensor OLI tiene 9 bandas espectrales que captan información del espectro visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR) a una resolución espacial de 30 m, también incluye las bandas costera y cirrus. El sensor OLI abarca un nivel de diferenciación de energía

de 12 bits y el tamaño de la imagen es de 180 km X 170 km. El sensor TIRS tiene 2 bandas (MINAM, 2019).

Tabla 1

Principales características de las bandas del sensor TM.

Bandas	Landsat-TM Longitud de onda(u)	Landsat - ETM+ Longitud de onda(u)	Landsat - OLI Longitud de onda(u)
Costera	-	-	0.43 - 0.45
Azul	0.45 - 0.52	0.45 - 0.52	0.45 - 0.51
Verde	0.52 - 0.60	0.52 - 0.60	0.53 - 0.59
Rojo	0.63 - 0.69	0.63 - 0.69	0.64 - 0.67
Infrarrojo cercano(NIR)	0.76 - 0.90	0.77 - 0.90	0.85 - 0.88
SWIR	1.55 - 1.75	1.55 - 1.75	1.57 - 1.65
TIR	10.40 - 12.50	10.40 - 12.50	10.60 - 11.19 11.50 - 12.51
SWIR	2.08 - 2.35	2.08 - 2.35	2.11 - 2.29
Pancromática	-	0.52 - 0.90	0.50 - 0.68
Cirrus	-	-	1.36 - 1.38

Nota. (MINAM, 2019)

2.1.8. Estudios multitemporales

Este proceso consiste de un registro multitemporal de diferentes fechas y áreas de un mismo lugar con el objetivo de obtener una superposición de imágenes que proporcione la máxima correlación dentro del espacio de los datos radiométricos (Sacristán, 2006).

2.1.9. Detección de cambios

Es una de las aplicaciones más importantes de la teledetección y de un sistema de información geográfica, y consiste en el análisis y procesamiento mediante algoritmos a una secuencia de imágenes multitemporales repetidas de una misma área con diferentes fechas, para detectar cambios en los procesos dinámicos de la tierra, ya sea desastres naturales o eventos climáticos etc.

Para que las imágenes seas comparables es necesario que se adquieran bajo las mismas condiciones incluyendo el sensor, caso contrario serán sometidas a una serie de correcciones, de acuerdo a la compatibilidad espacial se harán correcciones geométricas con respecto a la compatibilidad espectral correcciones radiométricas entre otras según necesidad (Coppin et al., 2004).

2.1.10. El espectro electromagnético

Es un conjunto de longitudes de onda que se encuentran en la naturaleza (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

Dentro del ambiente de la teledetección es conveniente resaltar una serie de longitudes de onda debido a su importancia en la aplicabilidad en la tecnología actual. Siendo los siguientes (Chuvieco, 2010).

2.1.10.1. Espectro visible (0,4 a 0,7 μm). Es la zona del espectro que nuestros ojos pueden percibir, distinguiéndose tres bandas elementales, el azul (A:0.4-0.5 μm), verde (V:0,5-0,6 μm), y rojo (R:0,6-0,7 μm) (Chuvieco, 2010).

2.1.10.2. Infrarrojo cercano (IRC: 0,7-1,3 μm). Llamado también infrarrojo próximo, su importancia radica en su capacidad para discriminar masas vegetales y acumulación de humedad (Chuvieco, 2010).

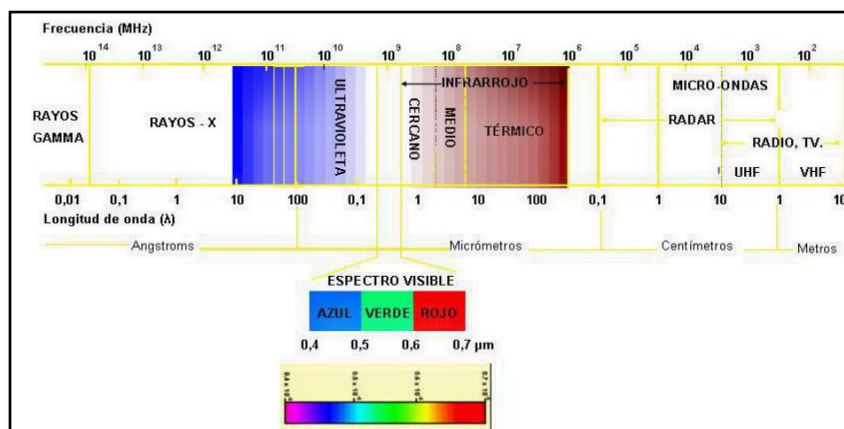
2.1.10.3. Infrarrojo medio (IRM: 1,3-8 μm). En este rango se distinguen dos zonas específicas gobernado por procesos de reflexión de la luz solar y emisión de la superficie terrestre. Estas zonas son infrarrojo de onda corta (*Short Wave Infrared, SWIR*), ubicado en la zona 1,3 a 2,5 μm e infrarrojo medio (*IRM*), ubicado en la zona 3 a 5 μm , las primeras se suelen utilizar para estimar el contenido de humedad en la vegetación y suelos, mientras que, los segundos son usados para la detección variaciones de temperatura (Chuvieco, 2010).

2.1.10.4. Infrarrojo lejano o térmico (IRT: 8 a 14 μm). Incluye la porción emisiva de espectro terrestre, en donde se detecta el calor proveniente de la mayor parte de las cubiertas terrestres (Chuvieco, 2008).

2.1.10.5. Micro-ondas (M, por encima de 1mm). Es un tipo de energía que no es afectada por la cubierta nubosa (Chuvieco, 2010).

Figura 10

Espectro electromagnético.



Nota. (Chuvieco, 2008)

2.1.11. Firmas espectrales

Cada objeto de la superficie terrestre tiene una característica propia de reflejar o emitir la energía solar que incide sobre ellos a esto le llamamos “firma espectral” (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

2.1.12. Perturbaciones de la radiación electromagnética por la atmósfera

La atmósfera terrestre es la que se interpone entre la superficie y el sensor, siendo un factor que dificulta la medición modificando las señales por tres maneras: absorción, dispersión y emisión. Las correcciones son inevitables como para no atribuir cambios que, en realidad, se deben a cambios atmosféricos (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2004).

2.1.13. Clasificación digital

Busca obtener una imagen donde los píxeles originales tengan asignados un nivel digital (ND) y una clase para así poder discriminar distintos tipos de cubierta o intervalos de una misma categoría o nivel. Esta técnica lo que nos permite es identificar una serie de cubiertas de acuerdo a diferentes criterios como: tono, textura, forma, disposición, etc., tal y como aparecen en unos fotogramas tipo. Una vez definido el patrón de acuerdo a unos criterios definidos se delimita las superficies de interés y por último se verifica en campo la interpretación realizada (Chuvieco, 2010).

2.1.14. Métodos de clasificación

2.1.14.1. Método supervisado.

Consiste en la delimitación de campos de entrenamiento de acuerdo a las categorías asignadas para que el ordenador las pueda tomar de referencia y calcular los niveles digitales (ND) que definen cada una de las clases, y aplicarla en toda la imagen. Este método parte de que el operador tenga un cierto conocimiento de la zona de estudio (Chuvieco, 2010).

2.1.14.2. Método no supervisado.

Este método asume que los niveles digitales se agrupan en asociaciones denominadas clúster que tienen comportamiento espectral homogéneo y por tanto definen clases o categorías temáticas de interés y su aplicabilidad más se centra en la interpretación que en la consecuencia de los resultados (Chuvieco, 2010).

2.1.15. Medidas de la fiabilidad

La medida de la exactitud de la información presentada en el mapa puede verificarse por varios criterios: comparando las clasificaciones obtenidas con otras fuentes convencionales,

estudiando la fiabilidad obtenidas al clasificar las áreas de entrenamiento, seleccionar un área del mapa para verificar en campo su grado de concordancia (Chuvieco, 2010).

Otro de los métodos consiste en realizar muestreos en campo con la finalidad de compararlos con los resultados de la clasificación, mediante la realización de una matriz de confusión donde se resumen las concordancias y discordancias entre las categorías del mapa – terreno y mediante análisis estadísticos determinar la fiabilidad global de la clasificación (Chuvieco, 2010).

2.1.15.1. Diseño del muestreo para la verificación.

El muestreo espacial sirve en este caso para seleccionar una pequeña parte del área de estudio, de tal forma que sea lo suficientemente representativa del conjunto (Chuvieco, 2010).

2.1.15.2. Tamaño de la muestra.

Sugiere por lo menos una superficie aproximada al 1% de la superficie cartografiada. Como se trata de medir una variable binomial (acierto – error) se emplea normalmente la fórmula (Congalton y Mead, 1983).

$$N = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

Donde:

N: Representa tamaño de la muestra.

Z: Representa la abscisa de la curva normal para un nivel determinado de probabilidad.

p: Representa el % de aciertos estimados.

q: Representa % de errores estimados (1 – p).

E: Representa el nivel permitido de error.

2.1.15.3. La matriz de confusión.

Consiste en la tabulación bidimensional de un test de puntos de muestreo que recoge los conflictos que se presentan entre categorías. En esta matriz de confusión en las filas se colocan las clases de referencia, y en las columnas las categorías deducidas de la clasificación (Chuvieco, 2010).

De esta forma, por ejemplo: que nuestra clasificación asignó correctamente 279 puntos de los 336 puntos muestreados, sino también la fiabilidad para cada una de las clases y las principales confusiones entre ellas (Chuvieco, 2008).

El proceso de validación se puede dar por una serie de medidas estadísticas, una de ellas es calcular fiabilidad global del mapa que consiste en relacionar los elementos de la diagonal con el total de los puntos muestreados (Chuvieco, 2010).

$$F_m = \frac{\sum X_i}{\sum \sum X_{ij}} \times 100$$

La exactitud del mapa puede estar contenida en un intervalo con límites superior e inferior y se puede calcular teniendo en cuenta un determinado nivel de significancia (alfa), a partir del error del muestreo (ES) y del nivel de probabilidad (1 – alfa) (Chuvieco, 2010).

$$F = F_m \pm z \text{ ES}$$

Donde:

Z: indica la abscisa del área bajo la curva normal para ese nivel de probabilidad (1-alfa).

ES: representa el error estándar del muestreo, en función del porcentaje de aciertos (p), de fallos (q) y del tamaño de la muestra (n).

$$ES = \frac{\sqrt{pq}}{n}$$

2.1.16. Método de clasificación *Random Forest*

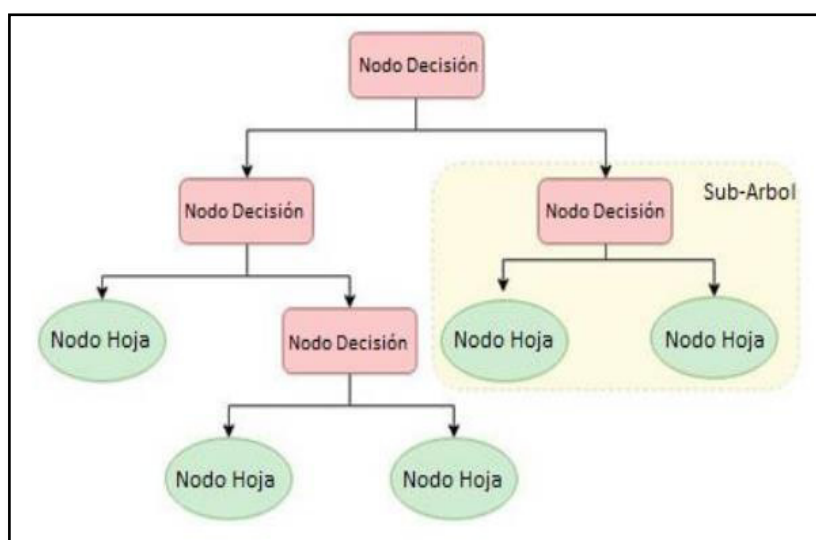
Uno de los métodos más empleados en la clasificación supervisada son los algoritmos de aprendizaje basado en árboles, cuyo objetivo es crear un modelo predictivo conformado por reglas binarias que mediante las observaciones(píxeles) y los atributos de las variables permita predecir un valor de la variable respuesta (clase categoría) (Amat, 2020).

Los modelos Random Forest están constituidos por una variedad de árboles de decisión individuales, cada árbol está entrenado por una muestra distinta a la de los datos de entrenamiento generado por bootstrapping (Amat, 2020).

La estructura de los algoritmos de árboles de decisión están conformados por ramas y nodos unidos por sentencias if-else usados ampliamente en proyectos de machine learning. Una variación de estos algoritmos basados en arboles es el algoritmo de bosques aleatorios, diferenciando de los primeros por la variedad de árboles anidados unos de otros como un bosque (Diez-Hochleitner, 2022).

Figura 11

Esquema árbol de decisión.

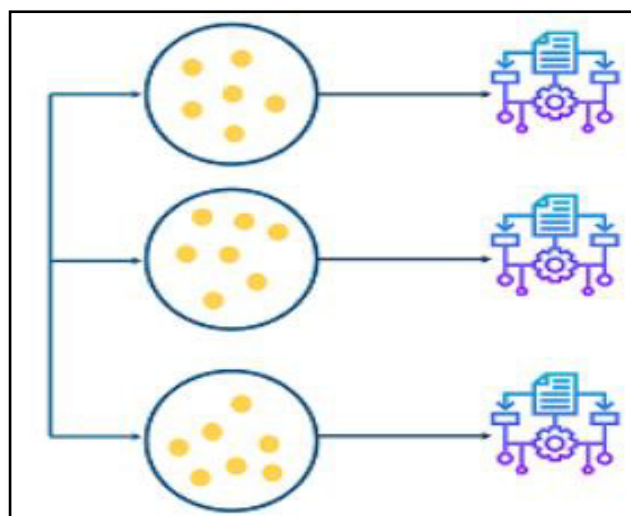


Nota. (Velasco, 2021).

La clasificación Random Forest usa el algoritmo bagging que consiste en la ejecución de algoritmos sencillos que se ejecutan en paralelo. (Álvaro, 2020) consiguiendo que en cada interacción se reduzcan los errores. De esta forma, las salidas generadas en las interacciones sirven de entrada para que el modelo pueda aprender de sí mismo, evaluando los promedios de los valores y eliminar salidas erróneas. Los arboles generados de las distintas muestras de una misma superficie a clasificar combinan sus resultados compensándose los errores de unos con otros, generando que la predicción resulte más precisa (Diez-Hochleitner, 2022; Velasco, 2021).

Figura 12

Métodos paralelos de bagging.



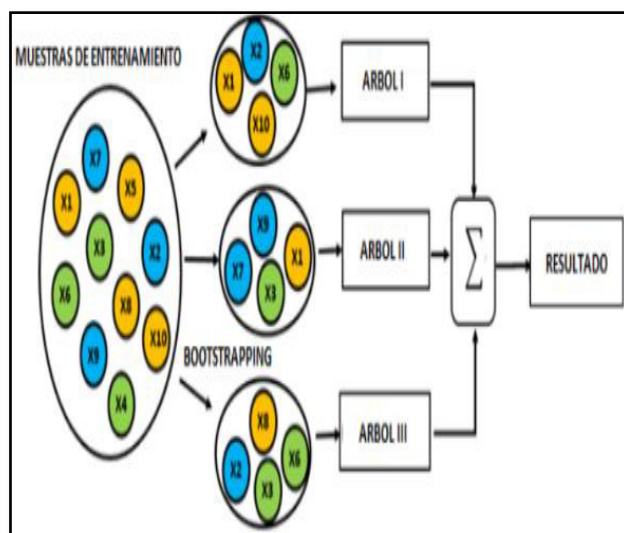
Nota. <https://machinelearningparatodos.com>.

Cada pixel en la imagen satélite es clasificado por diferentes arboles de decisión y el resultado más repetido de un pixel será la clase determinado por el modelo para ese pixel. Estos pixeles son seleccionados aleatoriamente y son los que intervienen en la creación de los árboles de decisión, por lo tanto, puede suceder que las muestras seleccionadas no compartan característica en común o que no estén asociados a la clase a clasificar en la imagen, es por ello, que los arboles individuales suponen una clasificación débil para cada pixel, mientras más

árboles tenga el modelo este recopila la información más relevante de acuerdo a la clase y por tanto el modelo se vuelve un clasificador más preciso (Velasco, 2021).

Figura 13

Esquema simplificado de Random Forest.



Nota. (Orellana, 2018).

2.1.17. Descripción del área de estudio

2.1.17.1. Ubicación.

A. Ubicación política. El área de estudio se encuentra ubicado en el departamento de Ucayali provincia de Padre Abad entre los distritos de Irazola, Curimana, Campo verde, Honoria y Tournavista atravesando la carretera Federico Basadre.

Figura 14

Ubicación política.

Área de estudio	Departamento	Distrito
Cuenca del Rio Neshuya	Ucayali	Norte: Curimana
		Campo Verde
		Sur: Tournavista
		Este: Honoria
		Oeste: Irazola

Nota. Google Earth Pro.

B. Ubicación geográfica. Geográficamente el área de estudio se encuentra dentro de la cuenca del Río Aguaytia en la vertiente del amazonas y ubicada entre los paralelos 8°23'21.97" y 8°52'22.83" latitud sur y los meridianos 75°0'48.98" y 75° 3'57.31" de longitud oeste.

Tabla 1

Coordenadas cuenca del Rio Neshuya extremos.

Tipo	P1	P2	P3	P4
Coordenadas Geográficas	Latitud: 8°23'21.97"S	Latitud: 8°52'22.83"S	Latitud: 8°33'55.70"S	Latitud: 8°42'50.14"S
	Longitud: 75° 0'48.98"W	Longitud: 75° 3'57.31"W	Longitud: 74°52'18.53"W	Longitud: 75° 9'49.26"W
Coordenadas UTM	Este: 498502.00 m E	Este: 492752.00 m E	Este: 514106.00 m E	Este: 481995.00 m E
	Norte: 9072649.00 m S	Norte: 9019187.00 m S	Norte: 9053185.00 m S	Norte: 9036771.00 m S

2.1.17.2. Infraestructura vial.

A. Vías de acceso terrestre. Para acceder vía terrestre al área de estudio desde lima se tiene una distancia aproximada de 662 km con una duración aproximada de 15 horas. Se puede tomar la siguiente ruta:

Panamericana sur – Av. Universitaria – Carretera lima - Canta – Carretera Vencedores de Sángrar – Interoceánica Centro – Carretera Jorge Basadre.

B. Vías de acceso aéreo

La vía de acceso aérea al área de estudio está dada por la conexión de la ruta aérea entre el “Aeropuerto Internacional Jorge Chávez” ubicado la provincia constitucional del Callao y el “Aeropuerto Cap.Fap David Armando Abensur Rengifo” ubicado en la ciudad de Pucallpa con una duración aproximada de 1h 40 min, de ahí se puede tomar la red vial nacional Federico Basadre con una duración de 1h 30 min aproximadamente para adentrarnos área de estudio.

2.1.17.3. Descripción física de la cuenca.

A. Clima y precipitación. Clima típico de selva baja, húmedo y cálido, caracterizándose por presentar una temperatura media anual de 26.5°C con variaciones de 25.6°C en julio y 26.9°C en noviembre y diciembre. La temperatura máxima media mensual varía entre 27.3°C a 25.6°C, y la mínima entre 18.8°C y 21.1°C, observándose mucha uniformidad en la distribución de la temperatura mensual. La estación de verano, entre mayo y noviembre es la época ideal para el turismo, se tienen días de sol y altas temperaturas, a menudo superiores a los 33.5°C, en estos meses los ríos disminuyen su caudal y las carreteras son fácilmente transitables (Municipalidad de Neshuya, 2015).

B. Hidrografía. La hidrografía superficial del área de estudio, presenta ríos torrentosos de curso corto, aprovechando una falla geológica, erosiona y profundiza su cauce, para proseguir su curso y formando así el río Neshuya, cerca de la localidad del mismo nombre. El río Neshuya posee afluentes como el río Aguaytía del cual da origen a su curso, y efluentes como la quebrada Tashuaillo (Córdova y Sánchez, 2020).

El río Neshuya, quien presenta dos periodos hidrológicos bien marcados con períodos de transición. El período de creciente se da entre los meses de diciembre, enero a abril y el periodo de vaciante, entre los meses de julio a setiembre. El periodo de transición de media vaciante ocurre entre los meses de mayo a junio, mientras que el período de media creciente se presenta entre los meses de octubre y noviembre. Durante el periodo de creciente, el nivel del agua subió en 8.24 m (02 de febrero 1996); sin embargo, durante el periodo de vaciante, el menor valor encontrado fue 1.07 m (21 de julio 1996) (Municipalidad de Neshuya, 2015).

C. Régimen hidrológico. Río Neshuya, esta quebrada concentra los mayores caudales entre los meses de octubre – mayo, este régimen es consecuencia directa de las intensas precipitaciones que se tiene en la cuenca húmeda, y en los meses comprendidos entre junio a o

setiembre (estiaje) disminuyen considerablemente y se tienen los niveles más bajos en el cauce; sin embargo, tiene un caudal base que es significativo (Municipalidad de Neshuya, 2015).

D. Geología. Según el estudio geológico de la zonificación ecológica económica de la región Ucayali basado en el Boletín 80: Geología de los cuadrángulos de Aguaytia, Panao y Pozuzo. Hoja 19 I, 20 I y 21 I, el área de estudio cuenta con las siguientes características geológicas:

Figura 15

Unidades litoestratigráficas.

Era	Sistemas	Serie	Unidades Litoestratigráficas	Descripción litológica	Símbolo	Tipo de roca	Extensión (Km ²)
Cenozoico	Paleógeno	Oligoceno	Formación Chambira	Areniscas, Limoarcillitas, Lodolitas	T-ch	Sedimentaria	79.2
	Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales subrecientes	Arenas, Gravas, Arcillas	Q-al		1.2
			Depósitos fluviales recientes	Gravas, Arenas, Limos	Q-fl		4.4
	Neógeno	Plioceno	Formación Ucayali	Arcillas, Limoarcillitas, Areniscas, Conglomerados	TsQ-u		615.7
		Mioceno	Formación Ipururo	Lodolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	Ts-ip		242.0

Nota. (Gobierno Regional de Ucayali, 2016).

D.1. Unidades Litoestratigráficas

D.1.1. Formación Chambira (T-ch)

Esta formación se le conoce por presentar un conglomerado de lutitas rojas con intercalaciones de areniscas. Fue identificado en la quebrada Chambira en la región Ucayali y el nombre fue acuñado por KUMMEL, B. (1946). Se presentan estratos polimícticos con clastos de 1 a 12cm y una mezcla entre areniscas marrón rojizas y lodolitas marrón rojizas a rojas

intercaladas con limolitas gris claras (Valencia et al., 1996). En el área de estudio tiene una extensión de 79.2 km².

D.1.2. Depósitos aluviales subrecientes (Q-al)

Son depósitos de material subangulosos a subredondeados presentes en las quebradas y ríos con una matriz limo - arenosa que han sido transportados por flujos aluvionales en épocas de máximas avenidas (Gobierno Regional de Ucayali, 2016a). En el área de estudio tiene una extensión de 1.2 km².

D.1.3. Depósitos fluviales recientes (Q-fl)

Son depósitos acumulados en la rivera y fondo de los ríos, constan principalmente de cantos rodados de variable composición y una amplia presencia de arenas y gravas (Gobierno Regional de Ucayali, 2016a). En el área de estudio tiene una extensión de 4.4 km².

D.1.4. Formación Ucayali (TsQ-u)

La característica más resaltante de esta formación es la presencia de estratos gruesos de arcilla de diferentes colores (negro, marrón, verde olivo) con restos de plantas y gasterópodos terrestres (Gobierno Regional de Ucayali, 2016a). En el área de estudio está ampliamente distribuida ocupando una extensión de 615.7 km².

D.1.5. Formación Ipururo (Ts-ip)

Son depósitos de areniscas con tendencia gris a marrón de grano grueso a medio intercaladas con lutitas abigarradas oscuras. Se distingue en la parte media lomoarcillitas rojas, limolitas grises y areniscas blancas a marrón rojizas, en ciertos estratos puede contener fragmentos de lignito, madera carbonizada y restos de vertebrados (Gobierno Regional de Ucayali, 2016a). En el área de estudio tiene una extensión de 242.0 km².

E. Fisiografía. Las diversas geoformas del relieve desde su formación y evolución están estrechamente condicionadas por procesos geodinámicas internos (fuerzas tectónicas) y externos (Influencia del clima, erosión, transporte y sedimentación). Las formaciones del área de estudio encontradas se basan en el estudio de zonificación ecológica económica de la región Ucayali: fisiografía; que utiliza diferentes imágenes satelitales analizados en una vista 3D del entorno del software Google Earth 2013 (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d).

Figura 16

Unidades fisiográficas.

Símbolo	Descripción	Área Km2	Porcentaje(%)
Tmo	Nota. (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d).	41.7	4.4
Tm-po	Terraza media plano ondulada	4.4	0.5
Tm-ld	Terraza media ligeramente disectada	4.6	0.5
Tao	Terraza alta ondulada	153.3	16.2
Ta-po	Terraza alta plano ondulado	330.0	34.8
Ta-ld	Terraza alta ligeramente disectada	127.5	13.5
Ta-dp	Terraza alta de drenaje pobre	4.5	0.5
Lod	Lomada disectada	6.2	0.7
Lo	Lomada	21.4	2.3
Cb-mild	Colina baja moderadamente inclinada ligeramente disectada	139.8	14.8
Cb-fimd	Colina baja fuertemente inclinada moderadamente disectada	30.7	3.2
Ca-mefd	Colina alta moderadamente empinada fuertemente disectada	79.3	8.4

E.1. Unidades fisiográficas

E.1.1. Terraza media ondulada (Tmo)

Su relieve ondulado presenta una pendiente entre 8-15% y está ubicado entre 8-20 metros del nivel de estiaje de los ríos, conformado por depósitos litológicos cuaternarios aluviales y fluviales integrados por sedimentos finos, arenosos a areno-arcillosos. Su desarrollo se da sobre todo en zonas de centros poblados. Esta forma de relieve se puede encontrar en los distritos de Padre Abad, Irazola, Curimana, y Tahuania (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d).

Esta forma del relieve en el área de estudio ocupa 41.7 km² representando el 4.4% del área total.

E.1.2. Terraza media plano ondulada (Tm-po)

El relieve plano a ondulado presenta una pendiente entre 2-8% y esta ubicado entre 8-20 metros del nivel de estiaje. Las suaves ondulaciones de este relieve son a consecuencia de una moderada y poca profunda disección (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Este relieve se ubica en el distrito de Padre Abad, ocupando una superficie de 4.4 km² representando el 0.5% del área de estudio.

E.1.3. Terraza media ligeramente disectada (Tm-ld)

El relieve es ondulado a casi plano expuestas a erosión difusa y concentrada (surcos y cárcavas), con pendientes que van desde 4 – 8% ligeramente disecionado, ubicado entre los 8-20 metros del nivel de estiaje de los ríos (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d).

Estas terrazas están conformadas de secuencias inconsolidadas de limoarcillitas, limoarenosas, limos y arenas (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Este relieve se ubica en el distrito de Padre Abad, ocupando una superficie de 4.6 km² representando el 0.5% del área de estudio

E.1.4. Terraza alta ondulada (Tao)

El relieve presenta una pendiente entre 8-15%, conformado por depósitos litológicos cuaternarios aluviales y fluviales integrados por sedimentos finos, arenosos a areno-arcillosos y se desarrollan por encima de los 20 metros del nivel de estiaje de los ríos. Se presentan en las proximidades de los centros poblados y son susceptibles a la erosión difusa (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Este relieve se ubica en el distrito de Padre Abad, ocupando una superficie de 153.3 km² representando el 16.2% del área de estudio.

E.1.5. Terraza alta plano ondulado (Ta-po)

El relieve dominante es ondulado con una pendiente entre 8-15% de forma acanalada y puede verse afectado total o parcialmente por inundaciones estacionales, debido a que se desarrollan entre los 4 – 8 metros del nivel de estiaje (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Ocupa una superficie de 330 km² representando el 34.8% del área de estudio.

E.1.6. Terraza alta ligeramente disectada (Ta-ld)

El relieve es ondulado a casi plano expuestas a erosión difusa y concentrada (surcos y cárcavas) sobre los 12-20 metros del nivel de estiaje de los ríos con pendientes que van desde 4 – 8% ligeramente disecionado. Estas terrazas están conformadas de secuencias inconsolidadas de limoarcillitas, limoarenosas, limos y arenas (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Este relieve distribuido entre los distritos de Padre Abad, Irazola y curimaná. Ocupando una superficie de 127.5 km² representando el 13.5% del área de estudio.

E.1.7. Terraza alta de drenaje pobre (Ta-dp)

Este tipo de relieve se caracteriza por tener un mal drenaje de las aguas y los materiales que se ubican en la zona son de arena fina y arcilla. Estos terrenos se ubican por encima del nivel de superficie del río y la vegetación que comúnmente se desarrolla debido a las condiciones son los aguajales (*Mauritia flexuosa*) (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Distribuidos en los límites de los distritos de Padre Abad, Raimondi y Tahuania. Ocupando una superficie de 4.5 km² representando el 0.5% del área de estudio.

E.1.8. Lomada disectada (Lod)

Es una forma de relieve que se caracteriza por tener elevaciones redondeadas con una altura máxima de 30 m desde la base hasta la cima, tienen una pendiente que varía de 15 a 35%. La disectación de la superficie que es originado por las cárcavas es de grado moderado y no existe rasgos importantes de erosión. Los materiales que conforman la superficie es de origen aluvial de cuaternario antiguo (Gobierno Regional de Ucayali, 2016d). Ubicadas entre los

distritos de Curimaná y Irazola. Ocupando una superficie de 6.2 km² representando el 0.7% del área de estudio.

E.1.9. Lomada (Lo)

Esta forma de relieve se encuentra en los distritos de Padre Abad, Nueva Requena, Curimaná, Irazola, Tahuania, Iparía y Raimodi. Ocupando una superficie de 21.4 km² representando el 2.3% del área de estudio.

E.1.10. Colina baja moderadamente inclinada ligeramente disectada (Cb-mild)

La distribución del tipo de relieve esta principalmente en la provincia de Padre Abad ocupando una superficie de 139.8 km² representando el 14.8% del área de estudio. La pendiente varía entre 4 y 8%.

E.1.11. Colina baja fuertemente inclinada moderadamente disectada (Cb-fimd)

La disectación de esta forma de relieve es moderada y causada por la presencia de cárcavas angostas y profundas quebradas, la pendiente varía de 8 a 15%. Se ubican entre las zonas de Padre Abad y Atalaya ocupando una superficie de 30.7 km² representando el 3.2% del área de estudio.

E.1.13. Colina alta moderadamente empinada fuertemente disectada (Ca-mefd)

Esta forma de relieve presenta una disección pronunciada debido a las profundas cárcavas y las pendientes de sus vertientes varían de 15 a 25%. Se ubican geográficamente en la provincia de Padre Abad ocupando una superficie de 79.3 km² representando el 8.4% del área de estudio.

F. Geomorfología cuantitativa

F.1. Parámetros Fisiográficos

F.1.1 Parámetros de superficie

F.1.1.1. Área

Es el área total definida en la cuenca topográfica, abarcando desde la naciente del río principal hasta la desembocadura y representa el área mayor (Gómez y Gallo, 2022).

Según Aparicio (1993) es uno de los factores que condiciona el volumen de escurrimiento y es el área delimitada por parte aguas. En la cuenca del Río Neshuya el área total es de 947.22 km².

F.1.1.2. Perímetro

Es el trayecto que recorre el contorno de la cuenca topográfica considerando la divisoria de aguas (Gómez y Gallo, 2022). En la cuenta del Río Neshuya el perímetro es de 310.15 km.

F.1.2. Parámetros de forma

F.1.2.1. Factor de forma

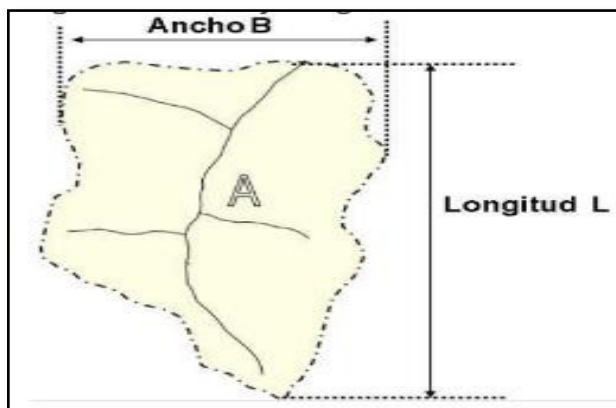
Es la que condiciona como se distribuirá los cursos de agua a lo largo del curso del río principal y responsable de dotar de cualidades a una onda de avenida. (Gómez y Gallo, 2022)

Este parámetro nos da una referencia de cuan alargada o achatada es una cuenca, por lo tanto, una cuenca con mayor factor de forma que otra cuenca de igual área tenderá a generar más crecidas que la otra (Lux, 2016).

Según Horton (1932) los factores de formas mayores a uno, proporcionan el grado de achatamiento adecuado para que la superficie tengan una mayor tendencia a acumular el escurrimiento de las intensas precipitaciones y formar fácilmente grandes crecidas.

Figura 17

Ancho y longitud de una cuenca.



Nota. (Gómez y Gallo, 2022).

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

L: representa la longitud del río más largo(km).

A: representa el área de la cuenca (km²).

Figura 18

Rangos aproximados del factor de forma.

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Nota. (Pérez, 1979).

$$F_f = \frac{947.2 \text{ km}^2}{(70 \text{ km})^2}$$

$$F_f = 0.19$$

En la cuenca del Rio Neshuya este valor es de 0.19 menor a 0.22, por lo tanto, según la figura 18 citado la cuenca de estudio tiene una forma muy alargada, esto influye en la concentración de las aguas de la precipitación pluvial, ya que, los tiempos de concentración para los diferentes tributarios será muy diferente.

F.1.2.2. Índice de compacidad

Se obtiene mediante una formula y nos permite tener una idea de una forma posible de la cuenca hidrográfica y se fundamenta en la comparación del perímetro de la cuenca con una circunferencia de área idéntica a la cuenca (Gómez y Gallo, 2022).

Los valores del índice de compacidad nunca podrán ser menores a uno, por definición el índice toma el valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular (Lux, 2016).

Este índice evalúa la capacidad de una cuenca en acumular grandes volúmenes de escurrimiento de agua, por lo tanto, mientras el valor del índice este más cercano a 1 mayor será la concentración de agua (Lux, 2016).

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: Representa el perímetro de la cuenca (km)

A: Representa la superficie de la cuenca (km²)

$$K_c = 0.28 * \frac{310.5 \text{ km}}{\sqrt{924.2 \text{ km}^2}}$$

$$K_c = 2.8$$

En la cuenca del Rio Neshuya este valor es de 2.8, lo que indica que la concentración de agua en la cuenca será menor debido a que los tiempos de concentración de los tributarios es diferente.

F.1.2.3. Ancho medio

El ancho medio de la cuenca, se define como el cociente entre el área de la cuenca y la longitud del rio más largo (Lux, 2016).

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

A: superficie de la cuenca en km².

L: longitud de la cuenca en km.

$$W = \frac{947.2 \text{ km}^2}{70 \text{ km}}$$

$$W = 13.5 \text{ km}$$

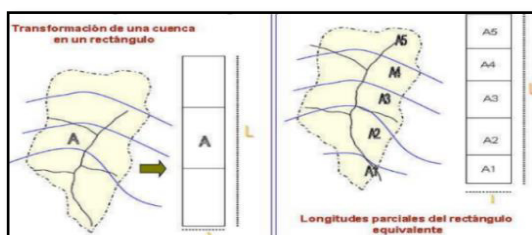
En la cuenca del Rio Neshuya este valor es de 13.5 km.

F.1.2.4. Rectángulo equivalente

Es la representación geométrica de una cuenca hidrográfica teniendo en cuenta su forma y área, donde se puede apreciar las áreas parciales entre cotas de altitudes. Es importante resaltar que para realizar un apropiado análisis hidrológico las escalas tienen que ser la misma (Gómez y Gallo, 2022).

Figura 19

Rectángulo equivalente de una cuenca.



Nota. (Gómez y Gallo, 2022)

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A} \quad l = \frac{P}{2} - L$$

Dónde:

L: lado mayor (km)

l: lado menor (km)

P: Perímetro (km)

A: Área (km²)

$$L = \frac{310.5 \text{ km}}{4} + \sqrt{\left(\frac{310.5 \text{ km}}{4}\right)^2 - 947.2 \text{ km}^2}$$

$$L = 148.9 \text{ km}$$

$$l = \frac{310.5 \text{ km}}{2} - 148.9 \text{ km}$$

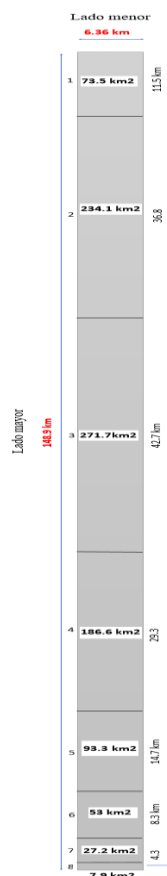
$$l = 6.36 \text{ km}$$

Para la cuenta del Rio Neshuya le corresponde un rectángulo equivalente cuyo lado mayor tiene una longitud (L) de 148.9 km y lado menor (l) es de 6.36 km.

Tabla 2

Datos Rectángulo equivalente.

Nº	Rango altitudinal (m.s.n.m)		Área parcial (km ²)	%Área	Lado menor	Área parcial / Lado menor
1	175.0	200.0	73.5	7.8	6.36	11.5
2	200	220.0	234.1	24.7	6.36	36.8
3	220	240.0	271.7	28.7	6.36	42.7
4	240	260.0	186.6	19.7	6.36	29.3
5	260	280.0	93.3	9.8	6.36	14.7
6	280	300.0	53.0	5.6	6.36	8.3
7	300	330.0	27.2	2.9	6.36	4.3
8	330	390.0	7.9	0.8	6.36	1.2

Figura 20*Rectángulo equivalente de la cuenca Neshuya.*

Radio de elongación

Es la proporción del diámetro de una circunferencia de igual superficie que la cuenca y la longitud en kilómetros del curso principal (Gómez y Gallo, 2022).

$$R = \frac{D}{L}$$

Donde:

D: Representa el diámetro de una circunferencia de igual superficie que la cuenca (km).

L: Representa la longitud en kilómetros del curso principal (km).

$$A_c = \pi * r^2$$

$$947.2 \text{ km}^2 = 3.141592 * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{947.2 \text{ km}^2}{3.141592}}$$

$$D = 2r = 2 * \sqrt{\frac{947.2 \text{ km}^2}{3.141592}}$$

$$Re = \frac{34.73 \text{ km}}{70 \text{ km}}$$

$$Re = 0.50$$

En la cuenta del Rio Neshuya este valor es de 0.50

F.1.3. Parámetros de relieve

F.1.3.1. Altitud Media

Representa la altitud media de la cuenca. Se obtiene mediante la siguiente fórmula (Gómez y Gallo, 2022).

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} hmi \times ai}{At}$$

Dónde:

Hm: representa la altitud media (m.s.n.m).

Hmi: representa el promedio entre 2 curvas de nivel.

ai: representa el área parcial entre 2 curvas de nivel.

At: representa el área total de la cuenca.

La altitud media es un parámetro que influye sobre las ganancias y pérdidas de agua en una cuenca, dados por la precipitación y la evapotranspiración del sistema (Londoño, 2001).

Para el cálculo de la altitud media de la cuenca del Rio Neshuya se siguió de la siguiente manera.

Tabla 3*Calculo de la altitud media.*

Nº	Rango altitudinal (m.s.n.m)		Altitud promedio(hmi) (m.s.n.m)	Área parcial(ai) (km ²)	(Hmi) x (ai)
1	175.0	200.0	187.5	73.45	13772.0
2	200	220.0	210.0	234.08	49156.4
3	220	240.0	230.0	271.72	62495.1
4	240	260.0	250.0	186.61	46653.0
5	260	280.0	270.0	93.25	25177.6
6	280	300.0	290.0	53.03	15377.5
7	300	330.0	315.0	27.17	8558.7
8	330	390.0	360.0	7.91	2848.6
Área Total (At)				947.22	224039.0

$$Hm = \frac{224039.0}{947.22} = 236.5 \text{ m.s.n.m}$$

Por lo tanto, la altitud media de la cuenca del Rio Neshuya es de 236.5 m.s.n.m.

F.1.3.2. Índice de Pendiente

Representa el valor promedio de las pendientes y es importante para los análisis hidrológicos, ya que, se relaciona directamente con el escurrimiento superficial y el sistema de drenaje de la cuenca (Gómez y Gallo, 2022).

$$lp = \sum \sqrt{Bi(a_n - a_{n-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Dónde:

n: cantidad de curvas de nivel en el rectángulo equivalente e incluye los extremos.

$a_n - a_{n-1}$: Cotas de las n curvas de nivel consideradas.

Bi : es la fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas $a_n - a_{n-1}$ (%).

L: longitud del lado mayor del rectángulo equivalente(km).

Tabla 4

Cálculo del índice de pendiente.

N°	Rango altitudinal (m.s.n.m)	$(a_n - a_{n-1})(m)$	$(a_n - a_{n-1})(Km)$	Área parcial (km^2)	% Área(Bi)	$\sqrt{(a_n - a_{n-1}) * Bi}$
1	175.0 200.0	25.0	0.03	73.5	7.8	0.4
2	200 220.0	20.0	0.02	234.1	24.7	0.7
3	220 240.0	20.0	0.02	271.7	28.7	0.8
4	240 260.0	20.0	0.02	186.6	19.7	0.6
5	260 280.0	20.0	0.02	93.3	9.8	0.4
6	280 300.0	20.0	0.02	53.0	5.6	0.3
7	300 330.0	30.0	0.03	27.2	2.9	0.3
8	330 390.0	60.0	0.06	7.9	0.8	0.2
Total				947.2	100.0	3.8

$$lp = \frac{3.8}{\sqrt{148.9}}$$

$$lp = 0.31$$

F.1.3.3. Pendiente media del río principal

Representa el desnivel entre dos puntos del curso de agua (Gómez y Gallo, 2022).

$$Ic = \frac{H_M - H_m}{1000 * L}$$

Dónde:

L: representa la longitud del río(km).

HM – Hm: representa la diferencia entre la altura máxima y mínima (km).

$$Ic = \frac{(314 \text{ m.s.n.m} - 175 \text{ m.s.n.m})}{1000 * 70 \text{ km}}$$

$$Ic = \frac{139 \text{ m} * 0.001 \frac{km}{m}}{70000 \text{ km}}$$

$$I_c = 1.986 \%$$

F.1.3.4. Curva Hipsométrica

Usado para determinar el estado o madurez del relieve de una cuenca hidrográfica, y se representa mediante una gráfica donde se distribuyen las superficies por debajo o encima de las cotas. En la abscisa se grafican las áreas mientras que en las ordenadas las latitudes (Gómez y Gallo, 2022).

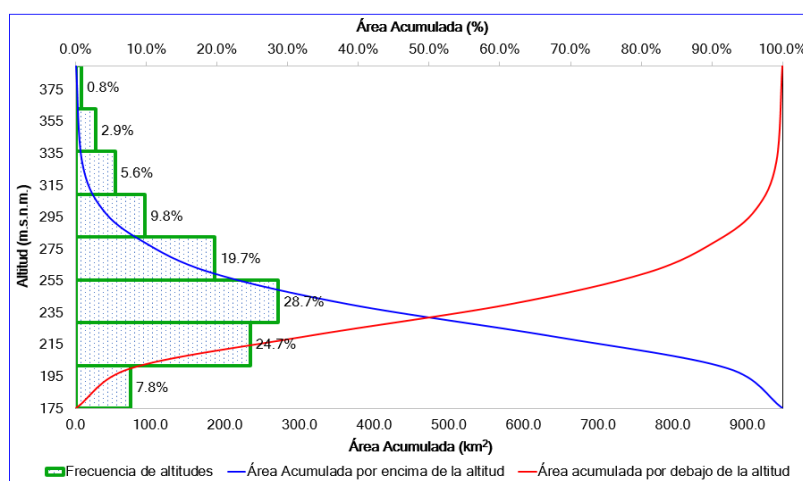
Tabla 5

Calculo de la curva hipsométrica

N°	Rangos de altitud (m.s.n.m)		Área km ²	Área por encima		Área por debajo		Intervalo por rango
				Acumulada	% Acumulada	Acumulada	% Acumulada	
	175			947.22		0		
1	175	200.0	73.45	873.77	100.0%	73.45	7.8%	7.8%
2	200	220.0	234.08	639.69	67.53%	307.53	32.5%	24.7%
3	220	240.0	271.72	367.97	38.8%	579.25	61.2%	28.7%
4	240.0	260.0	186.61	181.36	19.15%	765.86	80.9%	19.7%
5	260.0	280.0	93.25	88.11	9.30%	859.11	90.7%	9.8%
6	280.0	300.0	53.03	35.08	3.70%	912.14	96.3%	5.6%
7	300.0	330.0	27.17	7.91	0.84%	939.31	99.2%	2.9%
8	330.0	390.0	7.91	0.00	0.00%	947.22	100.0%	0.8%
			947.22					

Figura 21

Curva hipsométrica.



F.1.3.5. Pendiente media de la cuenca

Su importancia radica en que tiene influencia en la velocidad de la escorrentía superficial y por lo tanto afecta al tiempo en que la lluvia llega a concentrarse en el lecho fluvial de la red de drenaje de la cuenca (Monsalve, 1999).

$$S = 100 * \left(\frac{D}{L}\right)$$

Dónde:

D: representa el desnivel total de la cuenca (km).

L: representa el lado mayor del rectángulo equivalente (km).

$$S = 100 * \frac{390 \text{ m.s.n.m} - 175 \text{ m.s.n.m}}{148.86 \text{ km}}$$

$$S = 100 * \frac{215 \text{ m} * 0.001 \frac{\text{km}}{\text{m}}}{148.86 \text{ km}}$$

$$S = 0.144 \%$$

Figura 22

Clasificación de pendientes medias.

Pendiente media	Terrenos
0% a 3%	Llano
3% a 7%	Suave
7% a 12%	Medianamente Accidentado
12% a 20%	Accidentado
20% a 35%	Fuertemente accidentado
35% a 50%	Muy fuertemente accidentado
50% a 75%	Escarpado
Mayor a 75%	Muy escarpado

Nota. (Vidollas, 2008)

F.1.4. Parámetros de la red de drenaje

F.1.4.1. Grado de ramificación

El orden de la cuenca hidrográfica estará dado por el número de orden del cauce principal. Para la numeración se tiene que tener en cuenta el sistema de red de drenaje considerando desde los pequeños surcos hasta los ríos de gran tamaño y extensión utilizando diversos criterios según autores (Horton, 1945; Horton, 1939) y entre otros.

El orden de los cauces nos indica el grado de bifurcación dentro de la cuenca, según (Horton, 1945) las corrientes de primer orden son aquellas que no tienen efluentes y proporcionan aguas desde las nacientes, mientras que la unión de dos corrientes de primer orden resulta una corriente de orden dos. De manera general se puede mencionar que la unión de dos corrientes de orden i resulta una corriente de orden $i + 1$ y cuando se unen corrientes de diferente orden se conserva el orden de mayor jerarquía.

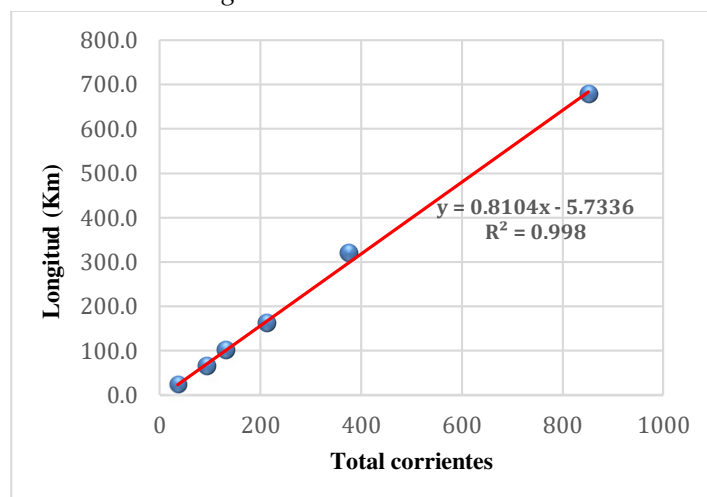
Posteriormente Strahler perfecciono el esquema de ordenamiento de Horton dando lugar a la clasificación Horton-Strahler, siendo actualmente la más usada en la hidrología (Campomanes, 2015).

En ese sentido, el orden de la cuenca Neshuya es de orden 6.

Figura 23

Numero de órdenes de las corrientes.

Orden	N° total de corrientes	Longitud total (km)
1	851	676.6
2	374	319.3
3	212	160.4
4	131	99.6
5	93	62.8
6	36	22.1

Figura 24*Corrientes – longitud.***F.1.4.2. Densidad de drenaje**

Es la división de la longitud total de los cauces entre el área total del drenaje (Perez, 2015). Según Monsalve (1999) para cuencas con poco drenaje este parámetro toma valores entre 0.5 km/km² y para cuencas con un buen drenaje valores hasta 3.5 km/km².

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

L: Representa la longitud total de los cauces de la cuenca en km.

A: Representa el área de la cuenca en km².

$$Dd = \frac{1340.8 \text{ km}}{947.2 \text{ km}^2}$$

$$Dd = 1.42 \frac{\text{km}}{\text{km}^2}$$

Por lo tanto, la cuenca Neshuya tiene una densidad de drenaje de 1.42 km/km².

F.1.4.3. Frecuencia de ríos

Es la relación entre el total de cursos de agua y el área de la cuenca dado en unidades de ríos/km².

$$\text{Frecuencia de rios} = \frac{\text{Total de recursos de agua}}{A}$$

Donde:

A: representa el área de la cuenca (km²).

$$\text{Frecuencia de rios} = \frac{1697 \text{ rios}}{947.2 \text{ km}^2}$$

$$\text{Frecuencia de rios} = 1.79 \frac{\text{rios}}{\text{km}^2}$$

F.1.4.4. Extensión media del escurrimiento superficial

Se determina bajo la siguiente ecuación:

$$l = \frac{A}{4 * L}$$

Donde:

A: representa el área de la cuenca en km².

L: representa la longitud total de los cauces del agua en la cuenca (km).

$$l = \frac{947.2 \text{ km}^2}{4 * 1340.8 \text{ km}}$$

$$l = 0.18 \text{ km}^2$$

F.1.4.4. Coeficiente de Torrencialidad

Se determina mediante la división del número de cursos de agua de primer orden y la superficie de la cuenca.

$$C_t = \frac{N_1}{A}$$

Donde:

N1: representa el número de cauces de orden 1.

A: representa el área de la cuenca en km²

$$Ct = \frac{851}{947.2 \text{ km}^2}$$

$$Ct = 0.90 \frac{\text{corrientes}}{\text{km}^2}$$

Figura 25

Resumen de parámetros fisiográficos.

Parámetros fisiográficos		Unidad	Cuenca Rio Neshuya
Parámetros de superficie			
Área		km ²	947.2
Perímetro		Km	310.5
Parámetros de forma			
Factor forma		Adim.	0.19
Índice de compacidad		Adim.	2.8
Ancho medio		Km	13.5
Rectángulo	Lado mayor (L)	Km	148.86
	Lado menor (l)	Km	6.36
Radio de elongación (Re)		Adim.	0.50
Parámetros de relieve			
Pendiente media del río principal (Sr)		%	1.986
Pendiente media de la cuenca (S)		%	0.144
Índice de pendiente		%	0.310
Altitud	Máxima	m.s.n.m.	390.0
	Mínima	m.s.n.m.	175.0
	Media	m.s.n.m.	236.5
Parámetros de la red de drenaje			
Extensión media de escurrimiento superficial		Km	0.18
Longitud del río más largo		Km	70.0
Longitud total de ríos		Km	1340.8
Total de ríos		Adim.	1697
Corrientes de primer orden		Adim.	851
Densidad de drenaje		km/km ²	1.42
Frecuencia de corrientes		corrientes/km ²	1.79
Coeficiente de torrencialidad		corrientes/km ²	0.90
Grado de ramificación		Adim.	6

A. Ecología. Según la memoria descriptiva de zonas de vida del estudio de zonificación ecológica económica de la región Ucayali se identificaron 05 zonas de vida en la región siendo las siguientes (Gobierno Regional de Ucayali, 2016b).

- Bosque pluvial premontano tropical (bp-PT).
- Bosque muy húmedo tropical (bmh-T).
- Bosque húmedo tropical (bh-T).
- Bosque húmedo premontano tropical (bh-PT)
- Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT).

Y 02 formaciones transicionales:

- Bosque húmedo premontano tropical transicional a bosque húmedo tropical (bh-PT/bh-T).
- Bosque húmedo tropical transicional a bosque muy húmedo premontano tropical (bh-T/bmh-PT).

De los cuales mediante uso de herramienta SIG y el mapa de zonas de vida de la ZEE de la región de Ucayali se determinó 02 zonas de vida para nuestra área de estudio siendo los siguientes:

G.1 Bosque húmedo tropical (bh-T)

Esta zona de vida abarca parte de los distritos de campoverde, curimana, irazola ocupando una superficie de 838.9 km² representando el 88.6% del área total de la zona de estudio.

Presenta una biotemperatura media anual de 24.9°C y una precipitación total anual promedio 2008 mm (Gobierno Regional de Ucayali, 2016b).

Según el diagrama bioclimático de Holdridge esta zona de vida tiene una evapotranspiración potencial total variable por año entre la mitad (0.5) e igual (1) a la precipitación total promedio por año ubicando a esta zona de vida en la provincia de humedad (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 1995).

La vegetación de esta zona de vida se caracteriza por tener bosques altos con un dosel cargado de bromeliáceas, orquídeas, lianas y bejucos. Y en los troncos o fustes se adhieren una gran variedad de epifitas como los helechos, líquenes y musgos distinguiéndose las Aráceas, debido a sus hojas grandes y vistosas.

Estos árboles de esta zona de vida se distribuyen en cuatro categorías, diferenciándose entre ellos por su altura y diámetro de fuste. Los que sobresalen está dado por arboles emergentes que alcanzan una altura de 50 metros como máximo y hasta 3 metros de diámetro de fuste, por debajo de esta categoría se encuentran arboles de grandes copas que se unen a otras copas impidiendo el paso de los rayos del sol a la superficie, alcanzando una altura de 40 metros como máximo y diámetros de 1 y 2 metros. La segunda categoría está dada por arboles de 30 metros de altura como máximo y un diámetro de 0.50 y 1 metro. La tercera categoría conformado por arboles de 20 metros de altura como máximo y diámetros en promedio de 60 cm. El cuarto y última categoría está conformada por arboles con altura en promedio de 15 metros y diámetros menores de 30 cm.

Las principales especies madereras que conforman esta zona de vida son las siguientes:

Figura 26

Principales especies madereras.

Nº	Nombre común	Nombre científico
1	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
2	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
3	Lupana	<i>Chorisia integrifolia</i>
4	Cumula	<i>Virola sp.</i>

5	Lagarto Caspi	<i>Calophyllum brasiliense</i>
6	Capirona	<i>Calycophyllum sp.</i>
7	Manchinga	<i>Brosimun sp.</i>
8	Bolaina	<i>Guazuma sp.</i>
9	Topa	<i>Ochroma lagopus</i>
10	Sapote	<i>Matisia cordata</i>
11	Catahua	<i>Hura crepitans</i>
12	Ubos	<i>Spondias mombin</i>
13	Tangarana	<i>Coccoloba sp.</i>
14	Estorque	<i>Miroxylon balsamun</i>
15	Quillobordon	<i>Aspidosperma sp.</i>
16	Maquizapa ñaccha	<i>Apeiba sp.</i>
17	Paujilruro	<i>Pterygota amazónica</i>
18	Sangre de grado	<i>Brosimun sp.</i>
19	Oropel	<i>Erythrina sp.</i>
20	Espintana	<i>Duguetia spixiana</i>

Nota. (INRENA, 1995)

G.2. Bosque muy húmedo tropical (bmh-T)

Esta zona de vida se distribuye solamente en el distrito de Irazola ocupando una superficie de 107.8 km² representando el 11.4% del área total de la zona de estudio. Presenta una biotemperatura media anual de 24,8°C y una precipitación total anual promedio de 4544,3 mm (Gobierno Regional de Ucayali, 2016b).

Esta zona de vida se ubica en la provincia de humedad: PERHUMEDO debido a que la evapotranspiración total promedio por año varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) de la precipitación total promedio por año (INRENA, 1995).

La vegetación de esta zona de vida es bastante exuberante y verde con una composición florística variable. Los árboles son de gran altura no tienen ramas hasta más de tres cuartas partes de la altura total y sus fustes son rectos y gruesos, las copas no son muy grandes, pero si consistentes y cerrados no dejando pasar casi los rayos de sol. Estos árboles se distribuyen en toda la zona de vida en 5 categorías, la primera categoría está dado por arboles de gran tamaño que alcanzan los 60 metros y un diámetro de 2 a 3 metros. La segunda categoría está dada por

árboles densos que alcanzan tamaños de 50 metros y diámetros de 1.20 a 2 metros. En la tercera categoría se encuentra árboles que alcanzan una altura de 35 metros como máximo, como las palmeras de los géneros *Jessenia*, *Socratea* e *Iriarteia*. En la cuarta categoría encontramos árboles de 20 metros como máxima y en la quinta categoría árboles de 15 metros como máximo, en lo que respecta al sotobosque encontramos muy poca vegetación arbustiva y herbácea debido a que los rayos del sol no penetran adecuadamente y a la competencia radicular entre especies, mientras que, en las copas de los árboles, en las ramas y muchas veces en los mismos fustes se puede encontrar una gran diversidad de epifitas (INRENA, 1995).

Es esta zona de vida se encuentran las mismas especies forestales que la zona de vida anterior (Bosque húmedo – Tropical), pero con mayores contenidos volumétricos de madera por hectárea (INRENA, 1995).

B. Suelos

Según la memoria descriptiva del estudio de suelos y capacidad de uso mayor de tierras de la zonificación ecológica económica de la región Ucayali y la superposición del área de estudio con el mapa de suelos mediante herramientas SIG se han identificado los siguientes tipos de suelos entre Consociaciones y Asociaciones (Gobierno Regional de Ucayali, 2016c).

Figura 27

Tipos de suelo.

Formación	Nombre	Símbolo	Área km ²
Consociaciones	Rateri	Ra	1.2
Asociaciones	Sabaluya-Sepahua	Sa-Sh	724.8
	Texas-Santa Rosa	Tx-Sr	136.8
	Ovni-Texas	Ov-Tx	79.2
	Yaco-Esperanza	Ya-Es	0.3

Nota. (Gobierno Regional de Ucayali, 2016c).

H.1. Consociación Rateri (Ra)

En la zona de estudio ocupa un área de 1.2 km², representando el 0.13% del área total, esta consociación presenta en su mayor parte suelos del mismo nombre y se originó a partir de materiales aluviales antiguos, este tipo de consociación se suele encontrar en zonas de terrazas altanas, medias y plano onduladas con una pendiente de que fluctúa de 0 a 25%.

H.1.1. Suelo Rateri (Typic Humaquepts)

Este tipo de suelo están conformados por materiales finos que han pasado por procesos de meteorización y procesos de hidromorfismo en grado variable. Con respecto a su sistema de drenaje es imperfecto, debido en gran parte a la presencia de napas freáticas fluctuantes. Tiene un espesor medio de entre 90 y más de 100cm. Su color suele tener tonalidades pardo oscuras y una textura francoarcillosa.

El macro nutriente vegetal que tiene mayor predominancia es el potasio mientras que el fosforo se encuentra en bajas concentraciones y los microelementos en cantidades deficitarias. Otro de los problemas que tiene este tipo de suelo es la condición limitativa del sistema de drenaje quedando relegados para cultivos como el arroz y pastizales naturales o cultivados.

H.2 Asociación Sabaluya-Sepahua(Sa-Sh)

En la zona de estudio ocupa un área de 724.8 km², representando el 76.5% del área total, y su formación se da a partir de materiales aluviales antiguos que han conformado terrazas medias y altas y que por un proceso de erosión se han transformado en colinas bajas y lomadas con cimas redondeadas moderadamente disectadas variando su pendiente de 15% a más del 50%.

H.2.1. Suelo Sabaluya (Typic Hapludalfs)

Son suelos originados a partir de materiales aluviales antiguos sobre terrazas altas ligeramente disectadas con pendientes que varían de 0 a 5%, este tipo de suelo presenta horizonte argílico, una saturación de 35% a más y un régimen de humedad údico. Con respecto a la temperatura media (a 50 cm) entre verano e invierno es inferior al 5°C.

Químicamente este tipo de suelo en la mayoría de los horizontes presenta una saturación de bases mayor a 60% y una baja fertilidad debido a que presenta niveles bajos de materia orgánica, fósforo (3.50 a 5.70 ppm) y potasio (75.66 ppm), son de reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 – 4.7).

En este tipo de suelo se puede desarrollar producción forestal, pastos y cultivos permanentes.

H.2.2. Suelo Sepahua (Typic Eutrudepts)

Son suelos originarios de materiales arcillosos desarrollados sobre colinas bajas con pendientes de 15 a 50%.

Químicamente este tipo de suelo presenta una saturación de bases del 100% en todos sus horizontes y una reacción neutra a ligeramente alcalina (pH 7.0 – 7.4), por otro lado, se considera a este tipo de suelo una fertilidad media debido a que la concentración de materia orgánica y fósforo disponible están en cantidad media y presenta una baja concentración de potasio disponible.

En este tipo de suelo, de acuerdo a la zona donde se ubique se le puede dar diferentes usos, a zonas con pendiente pronunciada puede usarse para producción forestal y suelos con menor gradiente se puede usar para cultivos permanentes y pastos.

H.3. Asociación Texas-Santa Rosa(Tx-Sr)

En la zona de estudio ocupa un área de 136.8 km², representando el 14.4 % del área total, se han originado a partir de materiales residuales de lutitas acidas y se encuentran en terrazas medias y altas, así como, en colinas bajas y lomadas con pendientes que varían de 0 a 8% en terrazas y de 15% hasta más de 50% en colinas.

H.3.1. Suelo Texas (Typic Dystrudepts)

Este tipo de suelo se encuentra clasificado según el sistema FAO (1989) como Cambisoles y según el sistema de Clasificación Natural del Soil Taxonomy USA 1982 es perteneciente al grupo de Dystrudepts. Este tipo de suelo lo podemos encontrar en zonas de colinas, lomadas y relieves ondulados con pendientes de 15 a 50%. Originados a partir de materiales aluviales antiguos y de materiales residuales, de arcillas del terciario.

Químicamente son suelos con reacción moderada a fuertemente ácida (pH 5.2 – 5.9), y una saturación de bases de 60 a 70%, se considera suelo de fertilidad baja debido a que contiene niveles inferiores de materia orgánica, fósforo y potasio.

De acuerdo a las características físicas que presenta son suelos no adecuados para la siembra de cultivos agronómicos comerciales, sino más bien para la explotación de recurso forestal dentro de márgenes de recuperación natural del suelo, por otro lado, se recomienda mantener la cubierta vegetal del suelo afín de mantener y preservar la estabilidad física del terreno.

H.3.2. Suelo Santa rosa (Typic Paleodults)

Los suelos son de profundidad pronunciada y su color particular puede variar de rojo amarillento a pardo rojizo, genéticamente tiene una evolución marcada con una textura franco arcillosa a arcillosa.

Generalmente este tipo de suelo suele tener una distribución en zonas de terrazas altas, medias y lomadas y colinas con presencia de relieves ondulados con pendientes de 8 a 50%.

Químicamente son suelos que presentan reacción muy fuerte a fuertemente ácida (pH 4.6-5.4). El contenido de materia orgánica es mayor a 2.96% en la capa superficial con presencia media de potasio, bajos en fosforo y la capacidad de intercambio catiónico por acetato de amonio varía de 10 a 25 me/100 gr de suelos. Con respecto a la saturación de bases esta es menos al 25%.

Generalmente este tipo de suelo es de baja fertilidad, los factores topográficos limitan su aptitud de producción agropecuario. Teniendo en cuenta estas consideraciones en su mayor porcentaje este tipo de suelo puede ser destinada a producción forestal y protección, mientras que la menor proporción puede ser destinada al desarrollo de pastos, cultivos permanentes y de panllevar del medio ecológico.

H.4. Asociación Ovni-Texas(Ov-Tx)

En la zona de estudio ocupa un área de 79.2 km², representando el 8.4 % del área total, se ubican en zonas de lomadas, colinas altas y bajas y lomadas subangulares o subredondeadas moderadamente disectadas, las pendientes varían de 15% a más del 50%.

H.4.1. Suelo Ovni

Este tipo de suelo según la clasificación del sistema FAO (1989) pertenece al grupo de los Regosoles districos y según el sistema de clasificación Natural de Soil Taxonomy USA 1982, pertenece a Typic Udorthents.

Son suelos con presencia de piedras de forma subangulares y subredondeadas desde el interior a la superficie y los perfiles son del tipo AC, con epipedón ócrico. Presenta colores pardo amarillentos a rojo amarillentos y su textura es de media a fina con un moderado drenaje.

Su Ph es menor de 4.5 ó 5.5 con reacción extremada a fuertemente ácida y con contenido de materia orgánica baja (0.86-1.71%) y fosforo (0.3-1.5). Por lo tanto, son suelos de baja fertilidad y enfocados principalmente a propósitos forestales.

H.4.2. Suelo Texas (Typic Distrudepts)

Este tipo de suelo se encuentra clasificado según el sistema FAO (1989) como Cambisoles y según el sistema de Clasificación Natural del Soil Taxonomy USA 1982 es perteneciente al grupo de Dystrudepts. Este tipo de suelo lo podemos encontrar en zonas de colinas, lomadas y relieves ondulados con pendientes de 15 a 50%. Originados a partir de materiales aluviales antiguos y de materiales residuales de arcillas del terciario.

Químicamente son suelos con reacción moderada a fuertemente ácida (pH 5.2 – 5.9), y una saturación de bases de 60 a 70%, se considera suelo de fertilidad baja debido a que contiene niveles inferiores de materia orgánica, fosforo y potasio.

De acuerdo a las características físicas que presenta son suelos no adecuados para la siembra de cultivos agronómicos comerciales, sino más bien para la explotación de recurso forestal dentro de márgenes de recuperación natural del suelo, por otro lado, se recomienda mantener la cubierta vegetal del suelo afín de mantener y preservar la estabilidad física del terreno.

H.5. Asociación Yaco-Esperanza(Ya-Es)

En la zona de estudio ocupa un área de 0.3 km², representando el 0.03% del área total y las unidades que la conforman como son el suelo Yaco y Suelo esperanza se han originado a partir de materiales residuales de areniscas y arcillas sedimentarias. Generalmente se ubican en las proximidades de las montañas medias y bajas con un nivel de disectación moderada; las pendientes varían de 15% hasta más de 50%.

H.5.1. Suelo Yaco (Typic Paleudults)

Este tipo de suelo se encuentra según el sistema FAO (1989) al grupo de los Nitosoles y según el sistema de Clasificación Natural del Soil Taxonomy USA 1982 perteneciente al Typic Paleudults.

Su origen se da a partir de detritus sedimentarios con presencia de areniscas que han sido fuertemente meteorizados.

Son de textura franco-arcillo-arenosa a arcillo-arenoso y de matices rojizo-amarillento y particularmente la superficie es porosa y su textura es más ligera, tiene un horizonte argílico iluviado de textura fina (arcillo – arenosa).

De acuerdo a sus características químicas, son suelos que presentan un Ph fuertemente ácido (pH 4.5) y sometidos por un proceso podsólico. La presencia de materia orgánica tiende a acumularse en la superficie decreciendo conforme se baja, la presencia de fósforo(P), calcio, magnesio están en cantidades bajas, mientras que el potasio se encuentra en cantidades altas. En general la mayor parte de los micro-elementos entran en proporciones bajas, debido a que este tipo de suelo ha sido sometido a fuertes procesos de intemperismo.

Teniendo en cuenta estas características son suelos más apropiados para Protección.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque

Según Hernandez et al. (2014) menciona que el enfoque cuantitativo consta de etapas donde cada paso precede a la otra y que no podemos saltarnos, parte de una idea general que conforme se vaya acotando surgen objetivos y preguntas de investigación, se revisa literatura y se va creando una perspectiva teórica, surgen hipótesis y variables donde se crea un plan para probarlas y evaluarlas en un determinado contexto para medirlas y finalmente se desprenden conclusiones respecto de las hipótesis.

En ese sentido la presente investigación adopta este enfoque debido a que partimos de una idea general (producción de caudales y deforestación de la cobertura boscosa) que luego se va acotando generando objetivos, preguntas y variables que posteriormente serán medidas y evaluadas mediante métodos estadísticos.

3.1.2. Alcance o nivel

Según Ramos (2020) el nivel explicativo en una investigación pretende buscar una explicación del fenómeno, planteándose hipótesis que busquen las causas que originan el fenómeno de interés.

En ese sentido el alcance de la investigación es explicativo porque se pretende explorar las causas que originan el fenómeno (aumento de la producción de los caudales) y describir como se relacionan las variables (producción de caudales y cobertura boscosa).

3.1.3. Diseño

Según Arispe et al. (2020) el diseño no experimental es un tipo de investigación donde los fenómenos se observan en su estado natural para luego analizarlos. De acuerdo al número de mediciones pueden ser transversales o longitudinales.

En ese sentido el diseño de la investigación es no experimental porque se pretende analizar las variables en un contexto que ya ha ocurrido, es decir, los eventos ya tienen registros numéricos o datos registrados que se someterán a análisis, no se manipularán las variables solo se tratará la información y es longitudinal – evolutivo por que las variables se analizarán en periodos de tiempo (multitemporal).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Temporal

La presente investigación se desarrolla en un tiempo de análisis de información de 21 años desde el año 2000 al año 2020 seccionados en periodos cortos como lo siguiente:

Figura 28

Años de estudio.



3.2.2. Espacial

El análisis se centra en la cuenca del Río Neshuya ubicado en las coordenadas geográficas Latitud (S) 8°38'21" y Longitud (O) 74°57'52", con altitud promedio de 236.5 m.s.n.m entre los distritos de Irazola, Curimana, Campo verde, Honoria y Tournavista atravesando la carretera Federico Basadre del departamento de Ucayali.

3.3. Variables

Las variables que se definieron en esta presente investigación son los siguientes (ver figura 29):

Figura 29

Variables de investigación.

Categoría	Variables	Dimensiones	Indicador	Unidades	Tipo
Variable 1	Cobertura vegetal	Cobertura forestal	Áreas de bosque	Km2	Cuantitativo
		Remoción de cobertura forestal	Áreas de no bosque	Km2	Cuantitativo
Variable 2	Producción de caudales	Condensación	Precipitación	mm	Cuantitativo
		Evaporación	Evapotranspiración	mm	Cuantitativo
		Volumen de agua	Escorrentía	mm	Cuantitativo

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población comprende todas cuencas que conforman la cuenca Aguaytia.

3.4.2. Muestra

La muestra es no probabilística ya que el investigador teniendo en cuenta los objetivos y problema de investigación selecciona la cuenca Neshuya.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Materiales

3.5.1.1. Cartas nacionales.

Se usaron las siguientes cartas nacionales (Ver figura 30) con la finalidad de verificar la correcta delimitación de la cuenca Neshuya, ya que, por teoría, la línea divisoria o línea topográfica (*divortium aquarum*) debería pasar por las cotas de mayor altitud de las curvas de nivel generando que la aguas discurren hacia un colector común.

Figura 30

Cartas nacionales del área de estudio

Nº	Nombre	Código	Escala	Zona	Hemisferio
1	Curimaná	17-m	1/100,000	18L	Sur
2	Pucallpa	17-n	1/100,000	18L	Sur
3	San Alejandro	18-m	1/100,000	18L	Sur
4	Santa Rosa	18-n	1/100,000	18L	Sur

3.5.1.2. Imágenes satelitales.

Las imágenes satelitales que se usaron para el presente estudio son del sensor Landsat 5 - TM y Landsat 8 - OLI-TIRS y se usaron para cuantificar las áreas de bosque y no bosque mediante la aplicación del método del algoritmo Random forest o bosques aleatorios para en el periodo de análisis (2000-2020) y se descargaron de la página oficial de United States Geological Survey (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) que es de acceso libre. Siendo los siguientes:

Figura 31

Imágenes satelitales

Plataforma	Sensor	Resolución(m)	Path/Row	Fecha	Proyección	Formato
Landsat 5	TM	30 m	007/066	31/08/2000	UTM	Geotiff
Landsat 5	TM	30 m	006/066	09/09/2000	UTM	Geotiff

Landsat 5	TM	30 m	007/066	25/09/2003	UTM	Geotiff
Landsat 5	TM	30 m	006/066	16/07/2003	UTM	Geotiff
Landsat 5	TM	30 m	007/066	02/07/2007	UTM	Geotiff
Landsat 5	TM	30 m	007/066	14/08/2011	UTM	Geotiff
Landsat 8	OLI-TIRS	30 m	007/066	22/08/2014	UTM	Geotiff
Landsat 8	OLI-TIRS	30 m	007/066	01/10/2017	UTM	Geotiff
Landsat 8	OLI-TIRS	30 m	007/066	06/08/2020	UTM	Geotiff

Nota. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

3.5.1.3. Datos meteorológicos.

Se usaron datos meteorológicos que se descargaron de la página oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) donde se recopila registros históricos de los datos de precipitación y temperatura. Los datos descargados (precipitación y temperatura) fueron de un periodo de 21 años de las estaciones Tingo María, Tulumayo, Maronal y Dos de Mayo. Estas estaciones fueron seleccionadas bajo criterios de cercanía al área de estudio.

Figura 32

Estaciones meteorológicas

Nombre de la estación	Tipo	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Departamento	Provincia	Información disponible
		Latitud	Longitud				
Tingo María	Meteorológica	09°18'36.6"S	76°0'1.8W	657	Huánuco	Leoncio Prado	1993-2013
Tulumayo	Meteorológica	09°08'49.4"S	76°00'33.97"W	612	Huánuco	Leoncio Prado	1993-2013
Dos de Mayo	Meteorológica	7°24'25.6"S	76°24'50"W	282	San Martín	Bellavista	1993-2013
El Maronal	Meteorológica	08°27'0"S	75°05'48.5"W	178	Ucayali	Padre Abad	1993-2013

Nota. <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>

3.5.1.4. Libreta de campo.

La libreta de campo se usó para tomar apuntes durante la etapa de reconocimiento de campo, donde se realizó un recorrido por el área de estudio con la finalidad de conocer el estado actual de las áreas de bosque y no bosque.

3.5.2. Equipos

3.5.2.1. GPS Garmin eTrex 10.

Equipo se usó para determinar la geolocalización de los puntos de control en el área de estudio.

El equipo presenta las siguientes características:

Figura 33

Especificaciones técnicas GPS Garmin eTrex 10

GPS Garmin eTrex 10	
Marca	Garmin
Modelo	eTrex 10
Tamaño de pantalla	2,2 Pulgadas
Resolución	128 x 160
Conectividad	USB
Modo de salida de audio	Digital
Batería	25 Horas
Almacenamiento Memoria	6 MB

Nota. <https://garmin.com.pe/producto/etrex-10/>

3.5.2.2. Ordenador portátil.

Para el desarrollo de la presente investigación se usó un ordenador con las siguientes características:

Figura 34

Especificaciones técnicas ordenador portátil.

Marca	HP
Procesador	Intel® Core™ i5-10300H (frecuencia base de 2,5 GHz, hasta 4,5 GHz con tecnología Intel® Turbo Boost, 8 MB de caché L3 y 4 núcleos)
Memoria	8 GB de RAM DDR4-2933 MHz (1 x 8 GB)
Almacenamiento	Unidad de estado sólido de 512 GB PCIe® NVMe™ M.2
Tarjeta Gráfica	NVIDIA® GeForce® GTX 1650 Ti (GDDR6 de 4 GB dedicada)
Sistema Operativo	Windows 10 Home
Tipo de Pantalla	Pantalla FHD (1920 x 1080), de 15,6" (39,6 cm) en diagonal, IPS, con microbordes, antirreflejante, 250 nits, 45 % de NTSC

Nota. <https://www.hp.com/pe-es/shop/laptop-hp-pavilion-gaming-15-dk1043la-3y7a8la.html>.

3.5.2.3. Cámara fotográfica.

Se usó para la toma de imágenes fotográficas durante la visita al área de estudio.

3.5.2.4. Impresora.

Se usó para imprimir la tesis y otros documentos para una mejor lectura como, por ejemplo: artículos, revistas etc.

3.5.3. Software

- Arcgis versión 10.5
- Qgis versión 3.28.15
- Microsoft Excel 2016
- R y Restudio
- Google Earth Pro

3.6. Procedimientos

3.6.1. Cuantificación de las áreas de bosque y no bosque

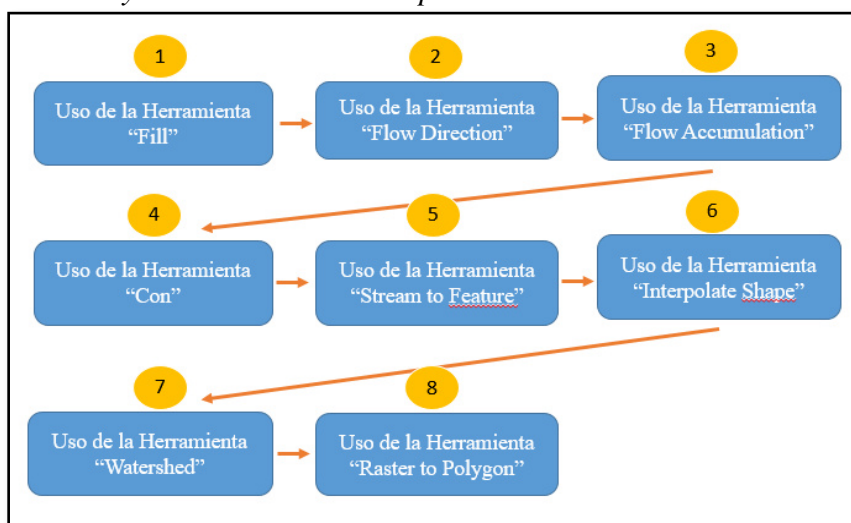
Para determinar las áreas de bosque y no bosque primero es necesario delimitar nuestra área de estudio que en este caso es la cuenca Neshuya, posteriormente mediante la clasificación supervisada y el uso del algoritmo de bosques aleatorios se discriminará las áreas de bosque y no bosque para luego cuantificarlo mediante las herramientas básicas del QGIS 3.28.15.

3.6.1.1. Delimitación de la cuenca Neshuya

La delimitación de la cuenca Neshuya se realizó mediante el método automático en el software Arcgis 10.5 mediante la caja de herramientas “Hidrology”, para ello se descargó el DEM ALOS PALSAR DE 12.5 m de resolución espacial de la página de la Instalación Satelital de Alaska (ASF) (<https://search.asf.alaska.edu/#/>). Se siguió el siguiente procedimiento (ver figura 35):

Figura 35

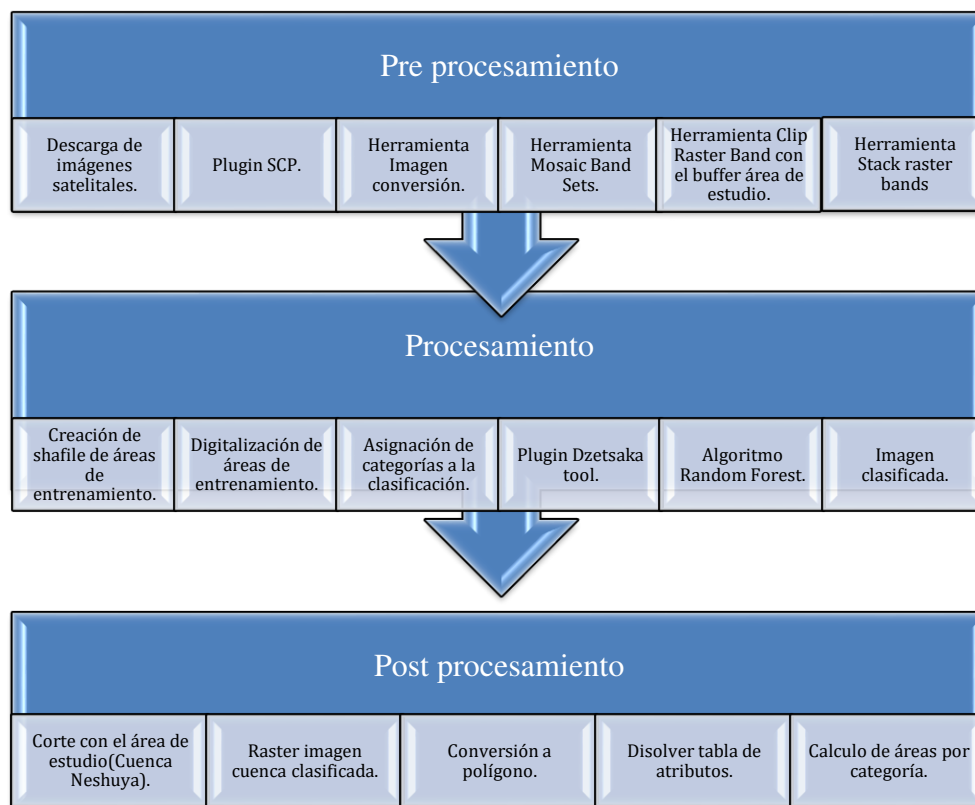
Proceso y herramientas usadas para la delimitación de la cuenca.



Posteriormente para el logro del presente objetivo se plantearon tres etapas divididas en:

Figura 36

Etapas para determinar áreas de bosque y no bosque.



Para la descarga de imágenes satelitales del área de estudio se usó el servidor del servicio geológico de los estados unidos(USGS), que es una plataforma de descarga de datos espaciales gratuito, para acceder a las imágenes satelitales previamente es necesario que tengamos una cuenta de registro (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

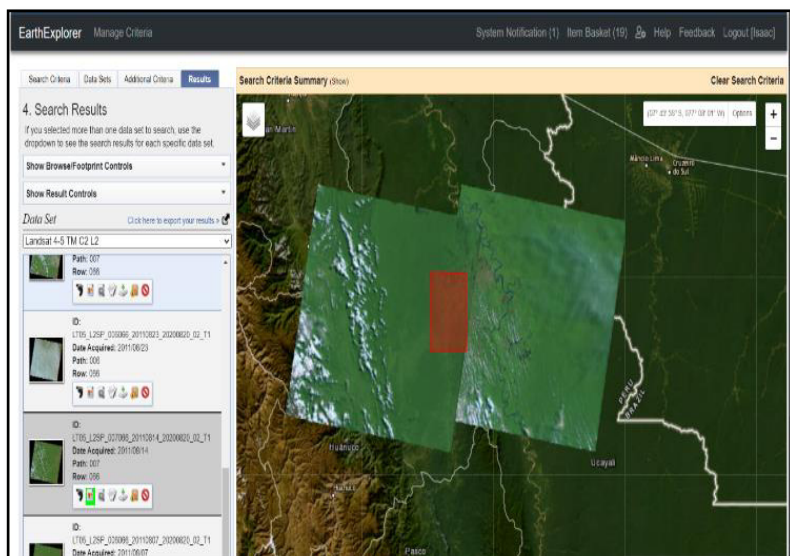
Para la ubicación del área de estudio en la plataforma, se creó un polígono de cuatro lados en formato shapefile de tal manera que esta cubra toda la superficie del área de estudio, para luego introducirlo en los criterios de búsqueda. Posteriormente este polígono nos servirá como un buffer en la clasificación.

Luego seleccionamos el satélite Lansat colección 2 – Nivel 2 que nos proporciona imágenes ya corregidas en radiancia y reflectancia que luego mediante el uso del Plugin SCP y el factor de escala se convertirán a reflectancia superficie.

Para la selección de las imágenes a trabajar se consideró como criterio que las escenas tengan un menor porcentaje de nubosidad y que cubran todo el ámbito de estudio (ver figura 37).

Figura 37

Escenas Landsat 5.



Nota. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

3.6.1.3. Determinación de áreas de bosque y no bosque

Para la cuantificación de áreas de bosque y no bosque se usaron las diversas herramientas que tiene incorporado el software QGIS 3.28.15, destacando el uso de complementos o extensiones como: Semi-Automatic clasificación Plugin y Dzetsaka: Classification tool, este último nos permite aplicar la clasificación supervisada por el método de Random Forest o bosques aleatorios.

Como producto final se obtendrá imágenes raster de la clasificación con áreas de bosque y no bosque, para luego convertirlo a datos vectoriales y así poder calcular cuantitativamente las áreas por categoría para cada año seleccionado.

A modo de ejemplo se mostrará el proceso para la imagen satelital del año 2003.

Figura 38

Imágenes satelitales año 2003.

Plataforma	Sensor	Resolución(m)	Path/Row	Fecha	Proyección	Formato
Landsat 5	TM	30 m	007/066	25/09/2003	UTM	Geotiff
Landsat 5	TM	30 m	006/066	16/07/2003	UTM	Geotiff

Nota. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Por los cuales se seguirán los siguientes pasos:

A. Pre – Procesamiento

A.1. Instalación del complemento Semi-Automatic clasificación Plugin (SCP).

Para la instalación de este complemento lo podemos hacer desde el mismo QGIS en la opción de plugins.

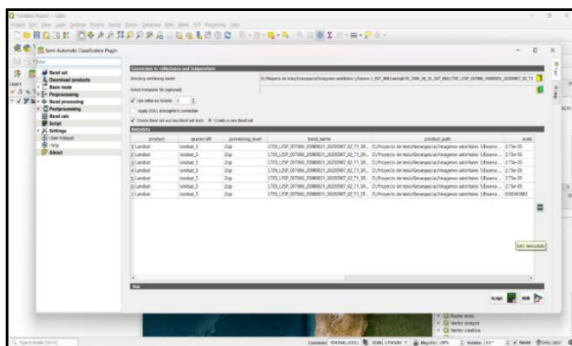
A.2. Herramienta Image conversión

Esta herramienta permite corregir la reflectancia superficie mediante el factor de escalamiento. Para ello abrimos el plugin SCP y en la opción de pre-procesamiento encontraremos la herramienta image conversión e introducimos todas las bandas de la imagen satelital Landsat 05.

Este paso se hace para todas las imágenes satelitales.

Figura 39

Conversión al factor de escala.



Nota. QGIS 3.28.15.

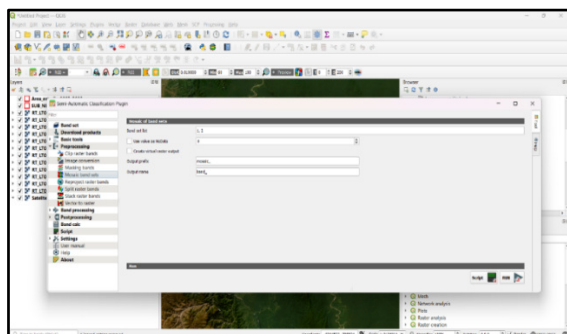
A.3. Herramienta Mosaic Band Sets

El área de estudio ocupa dos escenas por lo tanto es necesario unificar ambas escenas y obtener una sola imagen del área de estudio, para lograr ello, abrimos el plugin SCP e introducimos en el Band set todas las bandas de las dos escenas excepto la banda N°6, ya que, para la clasificación supervisada solo usamos bandas hiperespectrales, y nos dirigimos a la opción de pre procesamiento donde encontramos la herramienta Mosaic Band Sets y corremos el algoritmo.

En este paso se obtiene imágenes unidas banda por banda de cada escena.

Figura 40

Unión de escenas.



Nota. QGIS 3.28.15

A.4. Herramienta Clip Raster Bands

Posteriormente se utilizó la herramienta clip raster bands con la finalidad de hacer un corte de las imágenes unidas banda por banda con el buffer del área de estudio, para ello introducimos en el band set todas las bandas de la imagen.

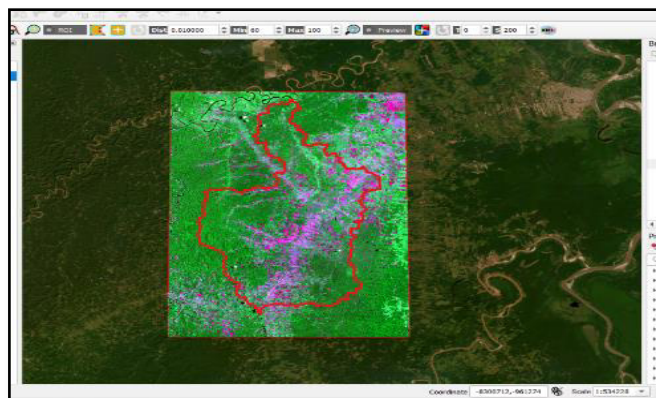
Como resultado de este paso se obtiene imágenes del buffer del área de estudio banda por banda.

Figura 41*Corte del buffer del área de estudio con la escena.**Nota. QGIS 3.28.1***A.5. Herramienta Stack raster bands**

Posteriormente usamos la herramienta Stack raster bands con la finalidad de hacer una combinación y/o apilamiento de las bandas de la imagen del área de estudio.

Para ello abrimos el Plugin SCP e introducimos en el Band set el recorte del mosaico del área de estudio y en la parte de pre procesamiento encontramos la herramienta Stack raster bands (se debe tener en cuenta el orden en el cual se ingresan las bandas) y corremos el algoritmo.

Como resultado de este paso se obtiene una sola imagen raster del área de estudio compuesta de todas las bandas hiperespectrales(B123457).

Figura 42*Combinación de bandas.**Nota. QGIS 3.28.15.*

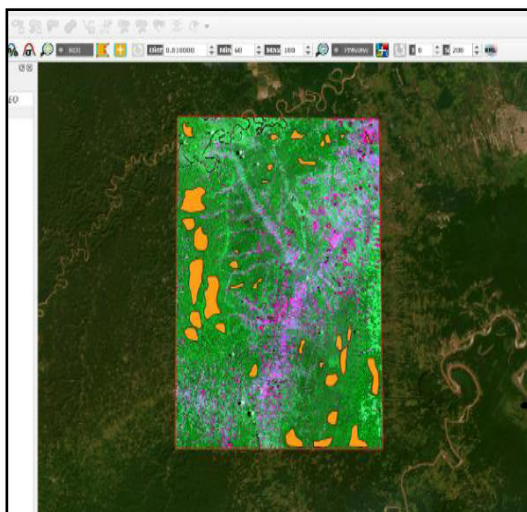
B. Procesamiento

B.1. Muestras de entrenamiento

Para la creación de muestras de entrenamiento en el buffer del área de estudio, es necesario crear un archivo shapefile para digitalizar y guardar las muestras y asignarle una categoría según los objetivos de estudio. Para este caso de estudio se asignarán dos categorías: Bosque y no bosque.

Figura 43

Muestras de entrenamiento.



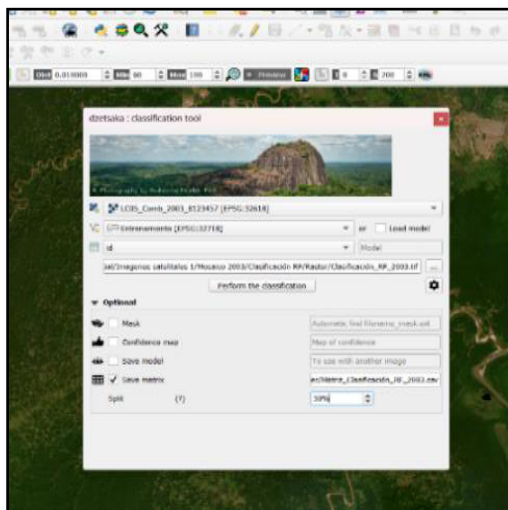
Nota. QGIS 3.28.15

B.2. Clasificación supervisada

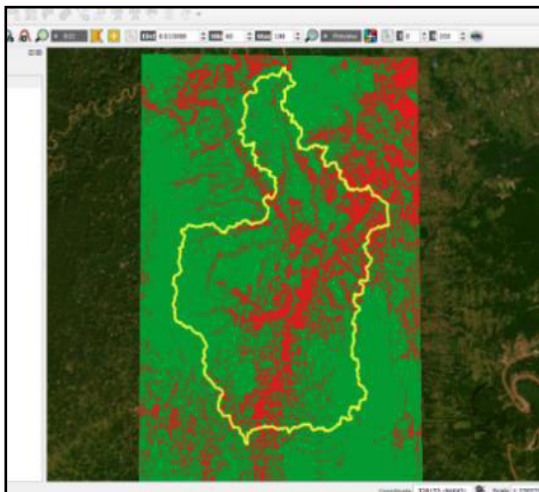
Terminado la creación de muestras de entrenamiento con sus respectivas categorías se procede a realizar la clasificación supervisada por el método Random Forest para ello es necesario instalar el plugin Dzetsaka: Classification tool con sus respectivos algoritmos.

Para este último necesitamos colocar el siguiente enlace `Pip install -U scikit-learn` en el administrador OSGeo4W Shell y presionar enter para instalar.

Posteriormente, abrimos el complemento y elegimos el método de clasificación Random Forest. En el interfaz de la herramienta, ingresamos la imagen satelital del buffer del área de estudio y las muestras de entrenamiento creadas y elegimos la ruta de salida.

Figura 44*Interfaz dzetsaka: classification tool.**Nota. QGIS 3.28.15.*

Finalmente obtenemos una imagen raster del buffer del área de estudio y le asignamos un color a las categorías para una mejor visualización.

Figura 45*Raster clasificado buffer área de estudio.**Nota. QGIS 3.28.15*

C. Post -Procesamiento

C.1. Corte con el shapefile cuenca Neshuya.

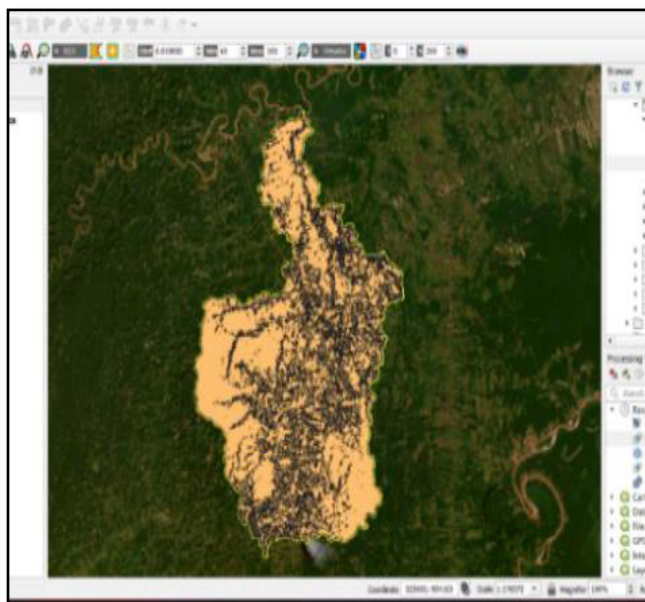
Mediante el uso de la herramienta clip Mask se procede a realizar el corte entre el raster de clasificación y el shapefile de la cuenca Neshuya.

C.2. Transformación a datos vectoriales.

La imagen raster de clasificación de la cuenca Neshuya se transforma a datos vectoriales mediante la herramienta Polygonize (Raster to Vector).

Figura 46

Cuenca Neshuya clasificado en formato vectorial.

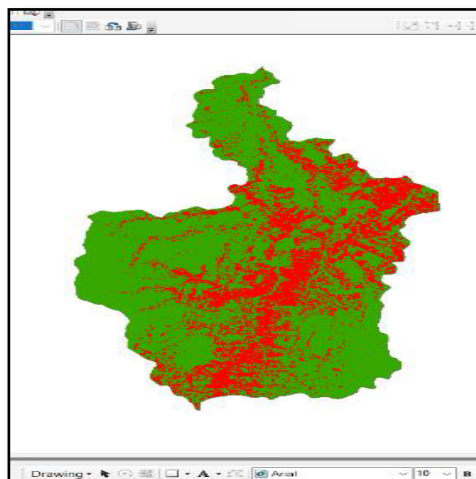


Nota. QGIS 3.28.15

C.3. Calculo de áreas bosque y no bosque.

Mediante el uso del software Arcgis 10.5 se procedió a usar la herramienta Dissolve de la caja de herramientas de geoprocessing, esto con la finalidad de que los polígonos con las clases creadas con la misma codificación se unieran en una sola y así poder calcular las áreas por clase.

Se muestra una visualización a color de las clases creadas, siendo de color verde áreas boscosas y de color rojo áreas de no bosque.

Figura 47*Cuenca Neshuya clasificada**Nota.* QGIS 3.28.15.

Este procedimiento se aplicará para todas las imágenes satelitales descargadas de los años considerados.

Tabla 6*Áreas de bosque y no bosque año 2003.*

Año	Bosque	No bosque
2003	682.6 km2	264.6 km2

3.6.1.4. Escenarios futuros de cobertura boscosa en la cuenca Neshuya

Se realizó una correlación entre el tiempo(año) y el área boscosa de los años evaluados en la cuenca Neshuya.

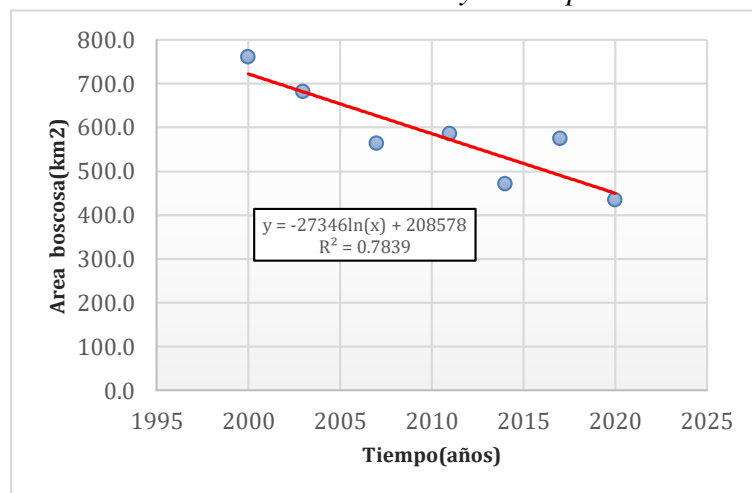
Tabla 8*Área boscosa en los años de estudio.*

Año	Bosque(km2)
2000	760.8
2003	682.6
2007	564.6
2011	585.3
2014	471.1
2017	575.1

2020	435.0
------	-------

Figura 48

Correlación entre el área boscosa y el tiempo.



En la figura 48 nos muestra que el área boscosa se correlaciona significativamente con el tiempo transcurrido, siendo inversamente proporcional, es decir, que el área boscosa disminuye conforme pasa el tiempo a una correlación con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.7839$.

$$\text{Área boscosa} = -27346 \cdot \ln(\text{Año}) + 208578$$

Tabla 9

Errores del modelo con los datos del estudio.

Año	Bosque(km2)	Bosque Generado(km2)	Error
2000	760.8	723.7	-4.9%
2003	682.6	682.7	0.0%
2007	564.6	628.2	11.3%
2011	585.3	573.7	-2.0%
2014	471.1	533.0	13.1%
2017	575.1	492.3	-14.4%
2020	435.0	451.6	3.8%

En ese sentido de acuerdo al modelo determinístico planteado podemos calcular los escenarios futuros de área boscosa en la cuenca Neshuya.

Tabla 10*Escenarios futuros de Área boscosa.*

Año	Bosque Generado (km2)	Año	Bosque Generado (km2)	Año	Bosque Generado(km2)
1993	819.6	2008	614.6	2023	411.0
1994	805.9	2009	600.9	2024	397.5
1995	792.2	2010	587.3	2025	384.0
1996	778.5	2011	573.7	2026	370.5
1997	764.8	2012	560.1	2027	357.0
1998	751.1	2013	546.5	2028	343.5
1999	737.4	2014	533.0	2029	330.1
2000	723.7	2015	519.4	2030	316.6
2001	710.1	2016	505.8	2031	303.1
2002	696.4	2017	492.3	2032	289.6
2003	682.7	2018	478.7	2033	276.2
2004	669.1	2019	465.2	2034	262.7
2005	655.4	2020	451.6	2035	249.3
2006	641.8	2021	438.1	2036	235.9
2007	628.2	2022	424.6	2037	222.4

3.6.1.5. Validación de resultados

La medida de la exactitud alcanzada por la clasificación en el mapa se realizó mediante una matriz de confusión donde se verifican las concordancias y discordancias de los puntos de verificación de las categorías asignadas en el mapa con respecto a una imagen de alta resolución (Google Earth Pro).

El método de muestro fue el método sistemático no alineado, que consiste en la asignación de puntos de muestreo de manera aleatoria en las cuadrículas de referencia. Y el tamaño de la muestra fue un total de 196 puntos, a un nivel de probabilidad del 95% y porcentaje de aciertos del 85% con un máximo de error permitido de $\pm 5\%$.

La cantidad de puntos se distribuyó en base al porcentaje de las áreas que representan cada categoría en el área de estudio de acuerdo al año de clasificación. En ese sentido se presentan los siguientes resultados.

A. Año 2000

Figura 49

Cantidad de puntos de muestreo por categoría para año el 2000.

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	760.8	80.3	157
No bosque	186.3	19.7	39

Tabla 11

Matriz de confusión año 2000.

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	129	28	157	0.8	0.2
	No Bosque	2	37	39	0.9	0.1
	Total	131	65	196		
	Exactitud productor	0.98	0.6			
	Error omisión	0.02	0.4			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2000 tiene una fiabilidad global de 85% y un índice de Kappa Cohen de 0.62 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable”.

B. Año 2003

Figura 50

Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2003.

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	682.6	72.1	141
No bosque	264.6	27.9	55

Tabla 12*Matriz de confusión año 2003.*

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	121	20	141	0.9	0.1
	No Bosque	4	51	55	0.9	0.1
	Total	125	71	196		
	Exactitud productor	0.97	0.7			
	Error omisión	0.03	0.3			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2003 tiene una fiabilidad global de 88% y un índice de Kappa Cohen de 0.72 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

C. Año 2007**Figura 51***Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2007.*

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	564.6	59.6	117
No bosque	382.6	40.4	79

Tabla 13*Matriz de confusión año 2007.*

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	101	16	117	0.9	0.1
	No Bosque	6	73	79	0.9	0.1
	Total	107	89	196		
	Exactitud productor	0.94	0.8			
	Error omisión	0.06	0.2			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2007 tiene una fiabilidad global de 89% y un índice de Kappa Cohen de 0.77 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

D. Año 2011

Figura 52

Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2011.

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	585.3	61.8	121
No bosque	361.8	38.2	75

Tabla 14

Matriz de confusión año 2011.

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	90	31	121	0.7	0.3
	No Bosque	3	72	75	1.0	0.0
	Total	93	103	196		
	Exactitud productor	0.97	0.7			
	Error omisión	0.03	0.3			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2011 tiene una fiabilidad global de 83% y un índice de Kappa Cohen de 0.66 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

E. Año 2014

Figura 53

Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2014.

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	471.1	49.7	97
No bosque	476.0	50.3	99

Tabla 15*Matriz de confusión año 2014.*

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	82	15	97	0.8	0.2
	No Bosque	6	93	99	0.9	0.1
	Total	88	108	196		
	Exactitud productor	0.93	0.9			
	Error omisión	0.07	0.1			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2011 tiene una fiabilidad global de 89% y un índice de Kappa Cohen de 0.79 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

F. Año 2017**Figura 54***Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2017.*

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	575.1	60.7	119
No bosque	372.1	39.3	77

Tabla 16*Matriz de confusión año 2017.*

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	85	34	119	0.7	0.3
	No Bosque	5	72	77	0.9	0.1
	Total	90	106	196		
	Exactitud productor	0.94	0.7			
	Error omisión	0.06	0.3			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2017 tiene una fiabilidad global de 80% y un índice de Kappa Cohen de 0.61 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

G. Año 2020

Figura 55

Cantidad de puntos de muestreo por categoría para el año 2020

Clase	Superficie(km2)	Porcentaje(%)	Puntos de muestreo
Bosque	435.0	45.9	90
No bosque	512.2	54.1	106

Tabla 17

Matriz de confusión año 2020.

Resultado de la clasificación	Resultado en imagen alta resolución			Total	Exactitud Usuario	Error Comisión
	Clase	Bosque	No Bosque			
	Bosque	73	17	90	0.8	0.2
	No Bosque	2	104	106	0.98	0.02
	Total	75	121	196		
	Exactitud productor	0.97	0.9			
	Error omisión	0.03	0.1			

De acuerdo a la matriz de confusión se puede decir que la clasificación para el año 2020 tiene una fiabilidad global de 90% y un índice de Kappa Cohen de 0.80 que de acuerdo a lo indicado por Landis y Koch (1977) se encontraría en el rango de 0.61 – 0.80 con una fuerza de concordancia “Considerable “.

Tabla 18

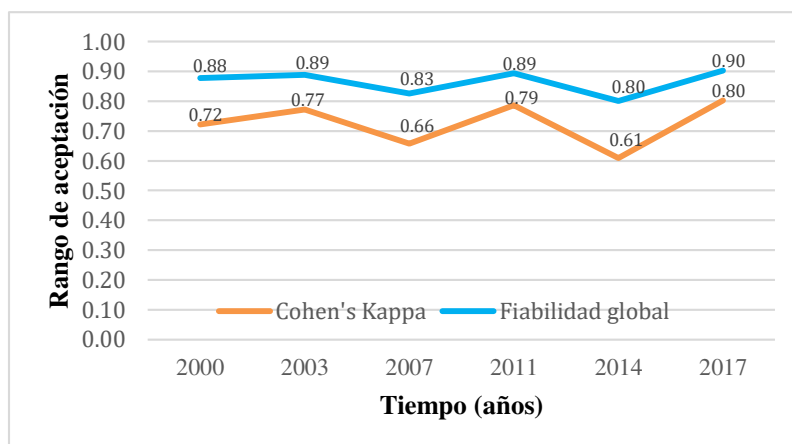
Valores de concordancia de la clasificación.

Año	Cohen's Kappa	Fiabilidad global
2000	0.62	0.85
2003	0.72	0.88
2007	0.77	0.89
2011	0.66	0.83

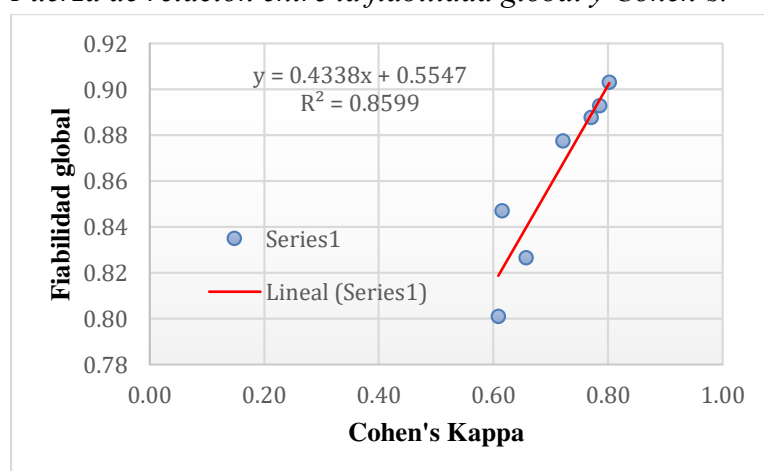
2014	0.79	0.89
2017	0.61	0.80
2020	0.80	0.90
PROM	0.71	0.86

Figura 56

Distribución temporal de la concordancia de clasificación.

**Figura 57**

Fuerza de relación entre la fiabilidad global y Cohen's.



3.6.2. Cálculo de la tasa de cambio anual de pérdida de cobertura boscosa

Para el cálculo de la tasa de cambio anual se utilizó la fórmula de la FAO (1996) y la propuesta por Puyravaud (2003), el cual requiere el área boscosa al inicio y final del periodo de análisis y año de inicio y final del periodo de análisis.

A modo de ejemplo se realizará para el periodo 2000-2003.

Tabla 19*Datos para el cálculo de la tasa de cambio.*

Año	Bosque (km2)	No bosque (km2)
2000	760.845	186.318
2003	682.598	264.565

3.6.2.1. Cálculo de la tasa anual de cambio (s) mediante la fórmula proporcionado por (FAO, 1996).

$$S = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/(t_2-t_1)} - 1$$

Donde:

S_1 , S_2 : Áreas boscosas en las fechas t_1 , t_2 respectivamente.

Un valor negativo de S indica una disminución de la cobertura boscosa y un valor positivo diferente de cero indicaría un incremento de la cobertura boscosa.

$$S = \left(\frac{682.598}{760.845}\right)^{1/(2003-2000)} - 1$$

$$S = -0.0355$$

3.6.2.2. Cálculo de la tasa anual de cambio (s) mediante la fórmula proporcionado por (Puyravaud J. P., 2003).

$$r = \frac{1}{(t_2-t_1)} * \ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right)$$

Donde:

r: tasa anual de deforestación.

t_1 : año de inicio del periodo evaluado.

t_2 : año final del periodo evaluado.

A_1 : superficie de bosque al inicio del periodo.

A_2 : superficie de bosque al final del periodo.

$$r = \left(\frac{1}{2003-2000}\right) * \ln\left(\frac{682.598}{760.845}\right)$$

$$r = -0.036$$

Tabla 20

Tasas de cambio del periodo de análisis 2000-2003.

Periodo	s (% anual)	r (% anual)	Promedio	Tipo de actividad
2000-2003	-0.0355	-0.036	-0.036	Deforestación

Este valor nos permite conocer la velocidad de aumento o retroceso que ha sufrido la cobertura boscosa anualmente en el periodo de análisis.

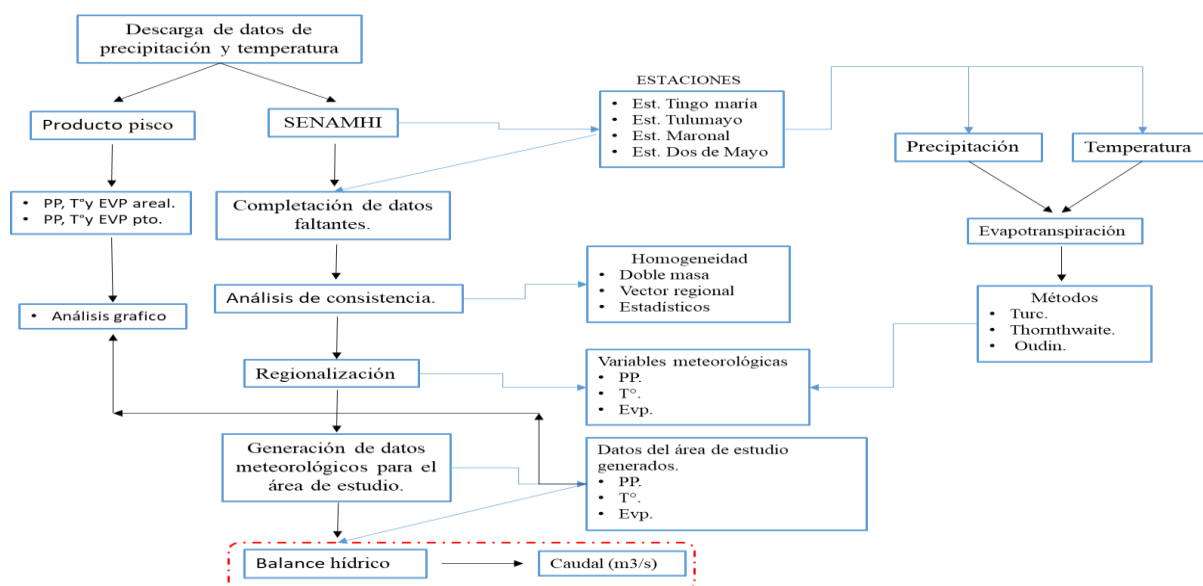
3.6.3. Cuantificación de caudales anuales

La determinación de los caudales anuales del periodo de estudio se determinaron mediante un balance hídrico del área de estudio, relacionando las entradas y salidas de agua y despreciando las variaciones de almacenamiento.

Se presenta el diagrama de flujo para el cumplimiento de este objetivo.

Figura 58

Diagrama de flujo para obtener caudales.



3.6.3.1. Descarga de datos meteorológicos.

A. Descarga mediante la página del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Esta plataforma proporciona una serie de datos históricos de las variables de precipitación y temperatura. Para la descarga se procedió de la siguiente manera:

Ingresamos a la página del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) mediante el siguiente enlace <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/> y nos dirigimos en la opción de descarga de datos y se mostrará un geoservidor con todas las estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio nacional, para este caso de estudio el criterio de selección de las estaciones meteorológicas fueron las estaciones que estén más cercanas al área de estudio, es decir, de la cuenca Neshuya ubicada en la provincia de padre Abad del departamento de Ucayali y de un periodo de 21 años de información desde 1993 al 2013.

Figura 59

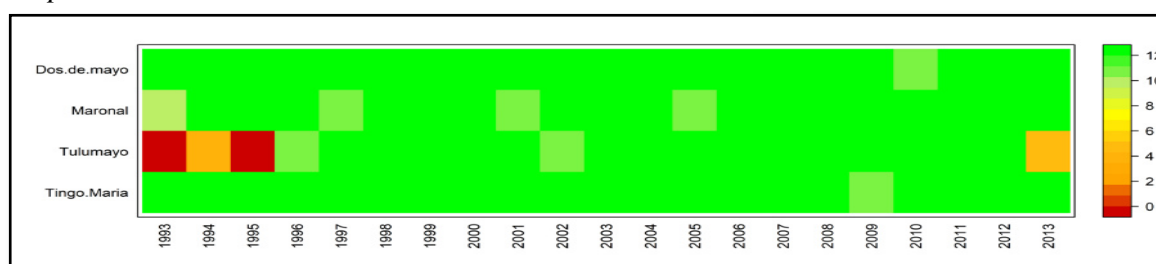
Estaciones meteorológicas.

Nombre de la estación	Altitud (m.s.n.m)	Código	Coordenadas		Departamento	Periodo (1993 - 2013)
			Latitud	Longitud		
Tingo María	657	109027	09°18'36.6"S	76°0'1.8W	Huánuco	21 años
Tulumayo	612	109028	09°08'49.4"S	76°00'33.97"W	Huánuco	21 años
Dos de Mayo	282	107019	7°24'25.6"S	76°24'50"W	San Martín	21 años
El Maronal	178	108027	08° 27'0"S	75° 05'48.5"W	Ucayali	21 años

B. Tratamiento de datos descargados. Los datos son proporcionados en un archivo de texto que contiene el año, mes, día, precipitación diaria, temperatura máxima y mínima, que posteriormente fueron tratados en Excel para obtener datos promedios mensuales, anuales y multianuales para el periodo de estudio (Ver anexo 1)

Figura 60

Disponibilidad de datos en las estaciones seleccionadas.



Nota. Rstudio.

Se observa una matriz de colores creada mediante el lenguaje R usando la librería HidroTMS, en cual se puede apreciar la disponibilidad de datos de las cuatro estaciones meteorológicas.

La escala de colores va desde rojo intenso a verde claro, donde el color rojo intenso indica que en todos los meses de ese año no se ha registrado datos, mientras que el color verde claro indica que en todos los meses de ese año se ha registrado datos. La variación de tonalidades varía de acuerdo a la cantidad de datos que se dispone en los meses de ese año.

En ese sentido, se puede mencionar que la estación Tulumayo en los años 1993 y 1995 en todos sus meses no se ha registrado datos y en el año 1994 solo presenta cuatro meses con datos.

3.6.3.2. Descarga de datos PISCO mediante R.

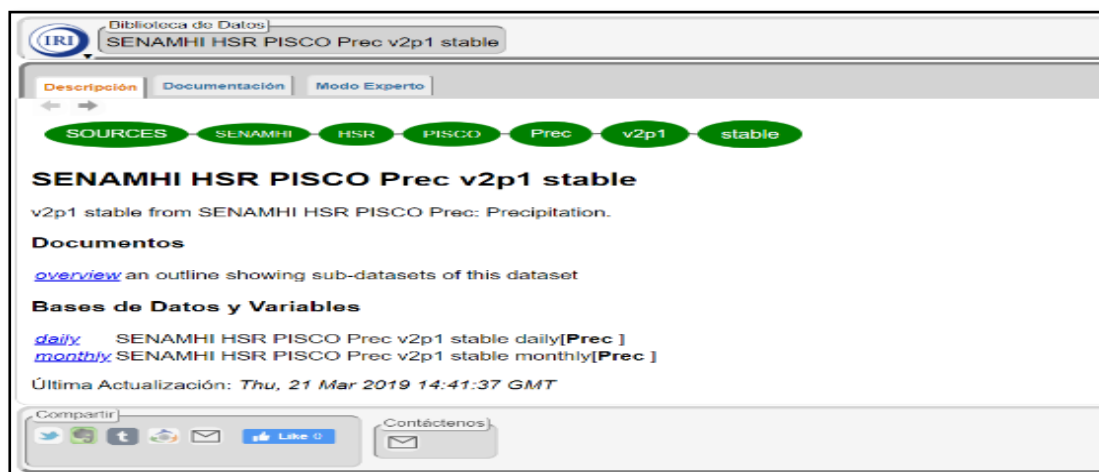
R que es conjunto de programas integrados que facilitan la manipulación de una gran cantidad de datos, creación de gráficos y desarrollo de cálculos (Core Team, 2000). Es necesario instalar R y RStudio que son softwares diferentes, el primero contiene todas las herramientas y engranajes para funcionar de manera autónoma pero su visualización es poco práctica para principiantes, mientras que el segundo, no es autónomo y necesita de R para funcionar, pero nos proporciona muchas facilidades para trabajar con R como, por ejemplo: ventanas, elementos visuales etc. (Jordi, 2019). Es por ello su interacción dinámica es su uso y adicionalmente a ello es necesario instalar Rtools que nos permitirá la interacciones con librerías de repositorio de CRAN entre otras funcionalidades.

Para el desarrollo de este paso se descargaron e instalaron las siguientes versiones de los softwares mencionados: R 4.3.2., Rtools 4.3., RStudio 2023.

Posteriormente procedemos a descargar los datos PISCO de precipitación, temperatura (Max, min) y evapotranspiración en su versión estable a nivel mensual en formato NETCDF de la biblioteca de datos climáticos del IRI.

Figura 61

Descarga de datos PISCO.

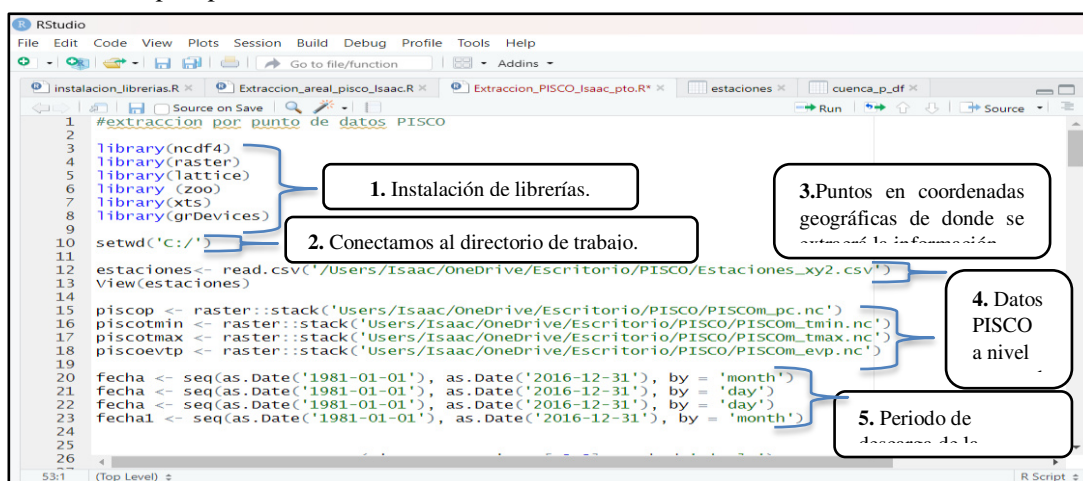


Nota. <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/.Prec/?Set-Language=es>

A. Descarga de datos a nivel de punto. Abrimos el interfaz del software RStudio y ejecutamos el código en R (Ver figura 32). Tener en cuenta que todos los archivos de entradas y salidas tienen que estar en una misma ruta, para este caso se elegirá la ruta C que será nuestro directorio de trabajo.

Figura 62

Extracción por punto de datos PISCO en R.



Nota. Rstudio

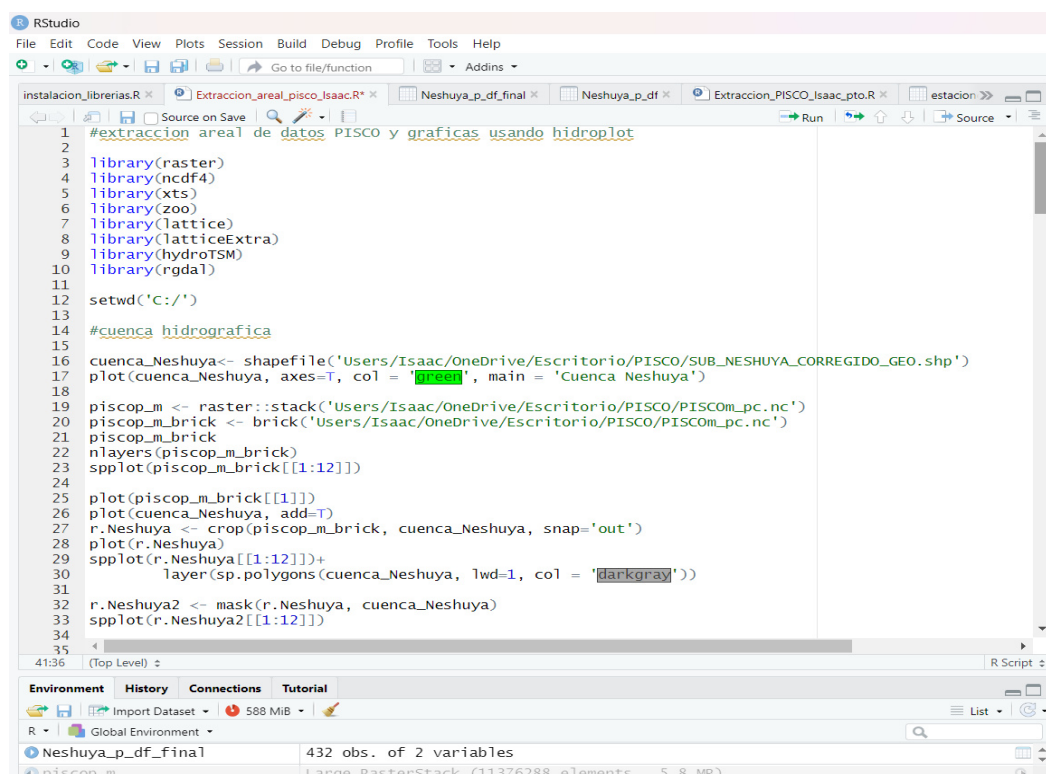
Los datos PISCO extraídos son desde el año 1981 al 2016, por cuales para este caso de estudio solamente se tomarán datos del rango de 1993 al 2013.

B. Descarga de datos a nivel areal

Abrimos el interfaz del software RStudio y aperturamos el código en R a utilizar e instalamos los siguientes paquetes: Raster, ncdf4, xts, zoo, lattice, latticeExtra, hydroTSM, rgdal, posteriormente conectamos al directorio de trabajo que en nuestro caso será la ruta C. Tener en cuenta que todos los archivos de entradas y salida tienen que estar en una misma ruta. De la misma manera se descargará para las variables temperatura y evapotranspiración.

Figura 63

Extracción areal de datos PISCO en R.



```

1 #extracción areal de datos PISCO y graficas usando hidroplot
2
3 library(raster)
4 library(ncdf4)
5 library(xts)
6 library(zoo)
7 library(lattice)
8 library(latticeExtra)
9 library(hydroTSM)
10 library(rgdal)
11
12 setwd('C:/')
13
14 #cuenca hidrografica
15
16 cuenca_Neshuya<- shapefile('Users/Isaac/OneDrive/Escritorio/PISCO/SUB_NESHUYA_CORREGIDO_GEO.shp')
17 plot(cuenca_Neshuya, axes=T, col = 'darkgray', main = 'Cuenca Neshuya')
18
19 piscop_m <- raster::stack('Users/Isaac/OneDrive/Escritorio/PISCO/PISCO_m.nc')
20 piscop_m_brick <- brick('Users/Isaac/OneDrive/Escritorio/PISCO/PISCO_m.nc')
21 piscop_m_brick
22 nlayers(piscop_m_brick)
23 spplot(piscop_m_brick[[1:12]])
24
25 plot(piscop_m_brick[[1]])
26 plot(cuenca_Neshuya, add=T)
27 r.Neshuya <- crop(piscop_m_brick, cuenca_Neshuya, snap='out')
28 plot(r.Neshuya)
29 spplot(r.Neshuya[[1:12]])+
30   layer(sp.polygons(cuenca_Neshuya, lwd=1, col = 'darkgray'))
31
32 r.Neshuya2 <- mask(r.Neshuya, cuenca_Neshuya)
33 spplot(r.Neshuya2[[1:12]])
34
35

```

Environment History Connections Tutorial

R Global Environment

Neshuya_p_df_final 432 obs. of 2 variables

piscop_m Large RasterStack (11376288 elements 5.8 MB)

Nota. Rstudio.

3.6.3.3. Completación, análisis y generación de los datos meteorológicos para la cuenca del Rio Neshuya.

El tratamiento de los datos consiste en evaluar y analizar los datos numéricos de precipitación y temperatura de las estaciones de referencia. Esto con la finalidad de contar con información consistente para el periodo evaluado.

A. Completación de datos faltantes

La completación de datos faltantes de las estaciones meteorológicas se realizó mediante el software CHAC v5.06 que fue desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) de España y de acceso libre. Esta aplicación realiza la completación de los registros a partir de una modelo de regresión bivariado con estacionarización previa mensual de las series de datos (CORMUL) y asignación de un índice de priorización entre las parejas de estaciones a completar (CEDEX, 2021).

Para este paso fue necesario contar con estaciones de apoyo adicionales a nuestras estaciones para así alcanzar una completación de los registros con un índice de priorización de 0.51 y poder garantizar la calidad de los datos.

La completación de datos mediante esta aplicación es un proceso iterativo lo que indica que es necesario correr tantas veces sea necesario el software en combinaciones diferentes de periodos de tiempo para completar la totalidad de los registros faltantes.

Cabe mencionar que este procedimiento se siguió para la completación de datos de las variables precipitación y temperatura.

Teniendo en cuenta lo anterior se procedió de la siguiente manera para la completación de datos de precipitación y análogamente se realizó para los datos de temperatura.

A.1. Creación de la lámina de datos.

Para que el software pueda reconocer los registros es necesario insertar la información a un formato establecido de acuerdo al manual de uso de la aplicación. Por ello se acondicionará los datos en un Excel en el formato solicitado.

Las coordenadas de las estaciones meteorológicas deben ir en formato Universal Transversal de Mercator (UTM) y considerar solo los números enteros, se debe asignar un código o nombre corto de la estación y la variable a completar (PTM, T MAX, TMIN etc.), los años deben colocarse en sentido correlativo de menor a mayor y los datos de los doce meses del año colocarse de manera horizontal. Finalmente, los datos a completar se le debe asignar el valor de -100.

Figura 64

Lamina de datos a completar.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
389088	8988734	TULUM	PTM	1993	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
389088	8988734	TULUM	PTM	1994	313.3	315.2	310.81	238.5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	1177.81
389088	8988734	TULUM	PTM	1995	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
389088	8988734	TULUM	PTM	1996	-100	227.82	295.9	283.61	207.4	166.9	16.03	64.83	105.01	296.91	309.41	294.71	2268.53
389088	8988734	TULUM	PTM	1997	406.32	407.63	357.86	372.24	196.81	223.52	48.31	140.4	181.81	161.63	303.1	394.72	3194.35
389088	8988734	TULUM	PTM	1998	474.22	429.13	421.91	336.13	192.4	151.1	39.6	136.21	131.53	151.41	162.6	232.41	2858.65
389088	8988734	TULUM	PTM	1999	615	396.9	438.5	96.2	229.91	127.22	63.7	31.6	136.3	104.3	181.9	210.3	2631.83
389088	8988734	TULUM	PTM	2000	310.4	342.2	513.1	221.3	118.9	276.9	119.3	137.6	72.61	137.7	94.6	300.3	2644.91
389088	8988734	TULUM	PTM	2001	370.3	280.2	235.5	90.7	327.1	95	277.1	71.7	135.91	198.8	377.7	404.2	2864.21
389088	8988734	TULUM	PTM	2002	372.81	454.1	295.1	251.81	239.72	77.8	286.71	136.71	61.7	187.1	360.6	-100	2724.16
389088	8988734	TULUM	PTM	2003	277	393.7	309.7	422.1	138.1	228.6	74.3	180.9	228.1	189.3	268.6	404.8	3115.2
389088	8988734	TULUM	PTM	2004	317.2	169.7	316.6	113.6	140.5	97.8	390.6	72	124.6	191.7	465.2	239.61	2639.11
389088	8988734	TULUM	PTM	2005	266.5	322.8	384.7	175.3	69.6	272.3	18.8	65.2	162.3	267.6	141.1	380.4	2526.6
389088	8988734	TULUM	PTM	2006	250.7	431.3	247.9	157.9	151	234.5	77.8	169	109.7	266.3	418.7	491.4	3006.2
389088	8988734	TULUM	PTM	2007	400.2	183.6	222.4	221.2	192.5	38	124.3	59.5	55.2	252.1	249.6	458.3	2456.9
389088	8988734	TULUM	PTM	2008	214.8	268.4	317.3	202.2	117.5	143.9	269.3	69.6	118.4	242.5	112.9	281.2	2358
389088	8988734	TULUM	PTM	2009	320	407.5	277.2	206.4	357.2	168.7	148.5	125.9	123.51	136.1	300.8	533.1	3104.91
389088	8988734	TULUM	PTM	2010	191.7	557.9	257.3	240	100.4	48.3	122.1	30.5	31.52	109.1	282.4	264.2	2235.42
389088	8988734	TULUM	PTM	2011	389.7	513.5	201.1	174.5	131.7	114.4	158.5	31.1	194.6	245.5	192.3	294.7	2641.6
389088	8988734	TULUM	PTM	2012	365.8	437.3	257.9	287.3	153	211.5	40.2	57.2	80.9	168.4	321.3	272.5	2653.3
389088	8988734	TULUM	PTM	2013	278.5	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	123.2	332.2	274.9	214.8	1223.6
389088	8988734	TULUM	PTM	2014	441.8	244	359.8	107.3	100	104.1	-100	-100	-100	-100	-100	-100	1257
489344	9065952	MARON	PTM	1993	-100	-100	459.1	182.4	73.9	49.2	60.5	105	194.5	145.5	282.3	219.4	1771.8
489344	9065952	MARON	PTM	1994	98	103.3	190	117.2	142.2	79.6	5.8	38.1	170.4	110.2	190.6	300.5	1545.9
489344	9065952	MARON	PTM	1995	30.1	322	259.3	179.5	66.1	86	69.4	16.4	94.9	245.2	213.3	164	1746.2
489344	9065952	MARON	PTM	1996	270.5	437.8	223.2	258.2	148.8	56.8	67	51.1	114.8	199.9	272.2	225.9	2326.2
489344	9065952	MARON	PTM	1997	298.1	326.3	272.4	160.2	147.9	83.6	-100	117.9	154.9	173.6	236.6	100.9	2072.4
489344	9065952	MARON	PTM	1998	204.7	215.5	320.3	178.4	224.3	39.1	0	43.8	133.5	240	409.2	246.7	2255.5
489344	9065952	MARON	PTM	1999	296.2	291.1	314.5	169.5	306.9	190.5	50.6	68.8	207	90.8	124.2	225.8	2335.9
489344	9065952	MARON	PTM	2000	269.1	412.1	211.5	197.1	132.8	144.9	88.9	112.7	56.8	108.4	215.3	159	2108.6
489344	9065952	MARON	PTM	2001	202.1	270.1	225.5	269.8	105.5	54.3	26.2	30.8	-100	182.8	238.3	270.9	1876.3
489344	9065952	MARON	PTM	2002	104	322.8	327.6	200.9	134.8	64.6	138.3	165.4	140.9	175.8	115.3	78.31	1968.71
489344	9065952	MARON	PTM	2003	197.9	269	334.5	214.4	228.3	107.6	23.9	39.4	243.2	82.3	189.4	297.4	2227.3
489344	9065952	MARON	PTM	2004	327	153.3	263.7	235.6	129.1	40	234.7	56.8	78.5	150.4	258	237.1	2164.2
489344	9065952	MARON	PTM	2005	135.8	163.9	223.4	-100	60.5	59.5	24.9	86.2	66.2	403.5	124.9	419.4	1768.3
489344	9065952	MARON	PTM	2006	222.4	351.9	175.3	157.4	104.2	66	54.9	95	88.3	150.7	486.6	213.2	2165.9
489344	9065952	MARON	PTM	2007	158.5	270.4	214.1	193.9	116.2	12	51.6	98.4	76.4	279.2	90.7	115.4	1676.8

Nota. CHAC V 5.06 Beta 1.

A.2. Creación del Proyecto

La creación del proyecto se realiza con la finalidad de conectar nuestro ordenador con el software y tener un espacio de interacción donde podamos acceder a la lámina de datos y establecer la ruta de salida de los archivos de las interacciones para el completado de los datos.

Figura 65

Interfaz del software CHAC V 5.06 Beta 1.



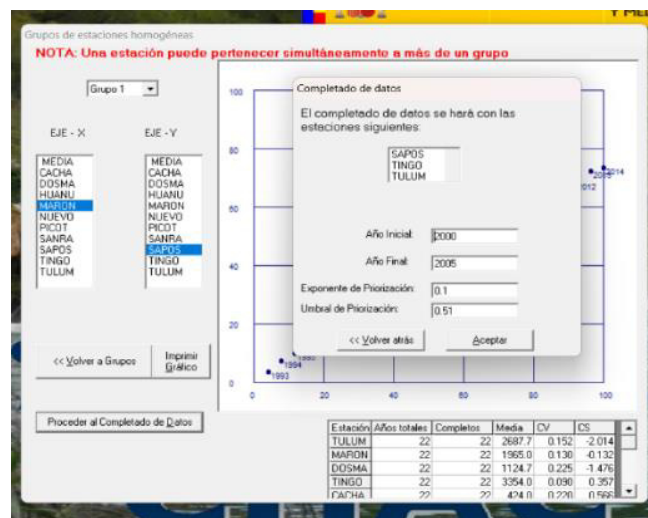
Nota. CHAC V 5.06 Beta 1.

A.3. Completación mediante dobles acumulaciones

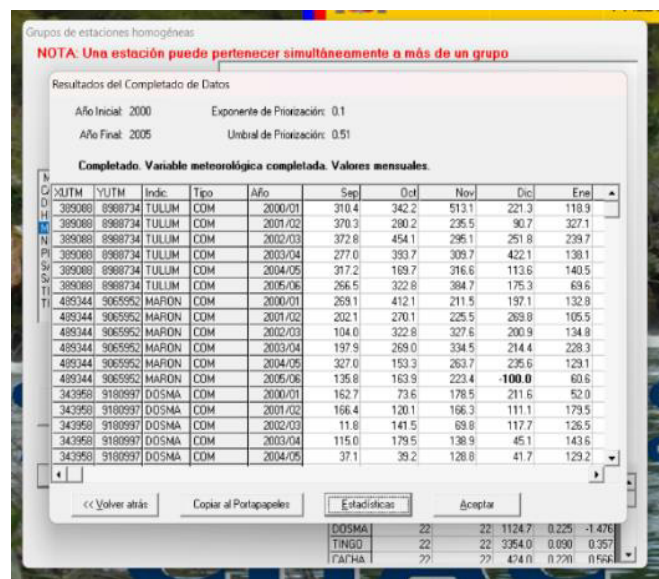
Las dobles acumulaciones nos permiten valorar la consistencia de una serie temporal en función de otra serie de referencia, esta consistencia se evalúa mediante comparaciones en una gráfica x-y de sus series acumuladas. Si estas series se han mantenido estables entonces la gráfica mostrara una tendencia lineal, caso contrario, los quiebres y saltos indicaran posibles errores (CEDEX, 2021).

Este análisis de dobles acumulaciones en el software CHAC se encuentra en el menú de series temporales. Mediante esta opción se puede hacer un mejor análisis para el completado de los datos y seleccionar las estaciones y periodos acorde a la consistencia de los datos.

Para este caso de estudio se seleccionó un umbral de priorización de 0.51 para garantizar la calidad del completado de los datos.

Figura 66*Umbral de priorización.**Nota. CHAC V 5.06 Beta 1.*

Como resultado de esta ejecución se apertura una ventana indicándonos el detalle de la completación de los datos para el periodo seleccionado y estaciones seleccionadas.

Figura 67*Resultado del completado de datos faltantes.**Nota. CHAC V 5.06 Beta 1.*

Finalmente, el software nos entrega un archivo de texto con los datos faltantes llenados que posteriormente procedemos a llenar en las tablas de las estaciones con los registros.

B. Análisis de consistencia

B.1 Curva doble masa. Según Linsley (1977) el análisis de doble masa consiste en verificar la consistencia de los datos registrados de una estación, mediante la comparación de las precipitaciones acumuladas con respecto a las precipitaciones medias acumuladas de un grupo de estaciones.

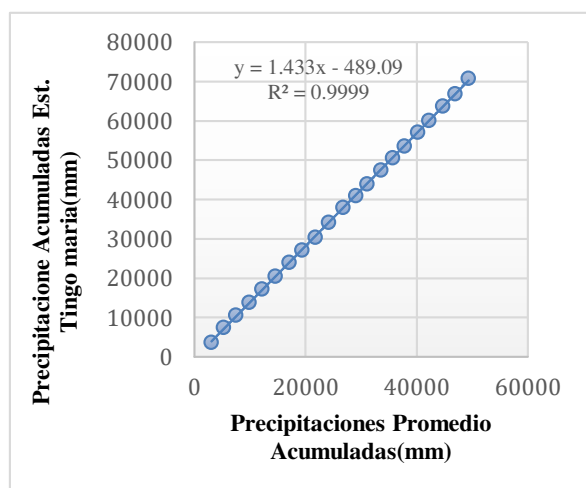
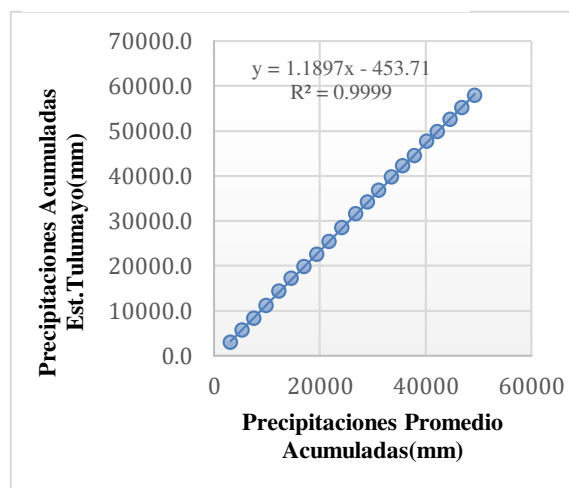
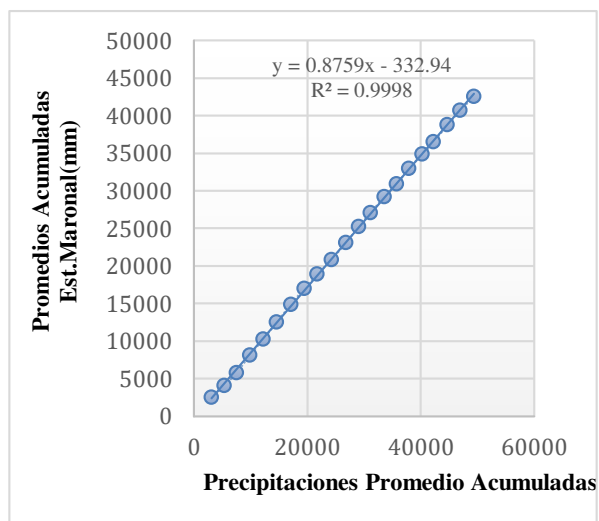
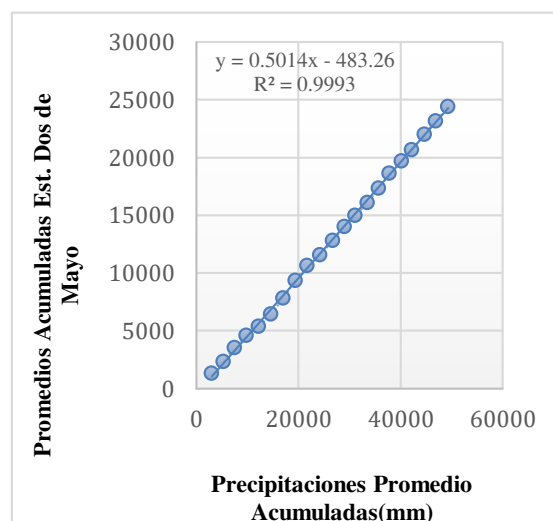
La comparación de dos variables con datos acumulativos relativos a esta debería ser una línea recta, mientras que una rotura o cambio de pendiente indicaría una pérdida de la constante de proporcionalidad en todos los puntos de la recta (Gómez y Gallo, 2022).

Tabla 21

Análisis de doble masa.

Año	Estación Tingo Maria	Estación Tulumayo	Estación Maronilla	Estación dos de Mayo	PPA	Acum. PPA	Acum Est. Tingo Maria	Acum Est. Tulumayo	Acum Est. Maronilla	Acum Est. Dos de Mayo
1993	3657.6	3008.9	2516.5	1302.0	2621.3	3061.0	3657.6	3008.9	2516.5	1302.0
1994	3804.0	2664.8	1545.9	1029.4	2261.0	5322.0	7461.6	5673.7	4062.4	2331.4
1995	3173.8	2644.0	1746.2	1192.4	2189.1	7511.1	10635.4	8317.7	5808.6	3523.8
1996	3126.3	2839.0	2326.2	1073.5	2341.3	9852.4	13761.7	11156.7	8134.8	4597.3
1997	3434.6	3194.4	2151.7	778.6	2389.8	12242.2	17196.3	14351.1	10286.5	5375.9
1998	3293.6	2858.7	2255.5	1071.3	2369.8	14612.0	20489.9	17209.7	12542.0	6447.2
1999	3483.4	2631.8	2335.9	1363.3	2453.6	17065.6	23973.3	19841.6	14877.9	7810.5
2000	3131.6	2644.9	2108.6	1564.4	2362.4	19428.0	27104.9	22486.5	16986.5	9374.9
2001	3238.8	2864.2	1917.2	1275.8	2324.0	21752.0	30343.8	25350.7	18903.7	10650.7
2002	3892.6	3100.5	1968.7	907.1	2467.2	24219.2	34236.4	28451.2	20872.4	11557.8
2003	3693.3	3115.2	2227.3	1278.9	2578.7	26797.9	37929.7	31566.4	23099.7	12836.7
2004	3016.5	2639.1	2164.2	1182.7	2250.6	29048.5	40946.2	34205.5	25263.9	14019.4
2005	2946.0	2526.6	1815.6	979.9	2067.0	31115.5	43892.2	36732.1	27079.5	14999.3
2006	3538.7	3006.2	2165.9	1101.3	2453.0	33568.6	47431.0	39738.3	29245.4	16100.6

2007	3164.0	2456.9	1676.8	1261.7	2139.9	35708. 4	50595. 0	42195.2	30922.2	17362. 3
2008	2957.6	2358.0	2051.6	1300.9	2167.0	37875. 4	53552. 5	44553.2	32973.8	18663. 2
2009	3518.2	3104.9	1929.6	1054.7	2401.9	40277. 3	57070. 8	47658.1	34903.4	19717. 9
2010	3040.0	2235.4	1596.8	956.4	1957.2	42234. 4	60110. 8	49893.5	36500.2	20674. 3
2011	3591.6	2641.6	2318.3	1344.0	2473.9	44708. 3	63702. 4	52535.1	38818.5	22018. 3
2012	3195.5	2653.3	1883.7	1152.4	2221.2	46929. 5	66897. 8	55188.4	40702.2	23170. 7
2013	3845.0	2685.2	1893.9	1253.9	2419.5	49349. 0	70742. 8	57873.6	42596.1	24424. 6

Figura 68*Curva doble masa Est. Tingo María.***Figura 69***Curva doble masa Est. Tulumayo.***Figura 70***Curva doble masa Est. El Maronal.***Figura 71***Curva doble masa Est. Dos de mayo.*

De las figuras 68, 69, y 70 se observa una linealidad entre los datos plotados, ya que la gráfica sigue una tendencia lineal con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9999$, $R^2 = 0.9999$, $R^2 = 0.9998$, respectivamente, sin embargo, la gráfica 71 nos muestra una serie de distorsiones casi imperceptibles entre algunos puntos plotados, es decir, sus quiebres no son significativos y tiene un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9993$. En ese sentido las gráficas al no presentar roturas, cambios de pendiente y quiebres pronunciados, se puede indicar que los registros de las estaciones son consistentes y fiables.

B.2. Gráficas de series de tiempo. Las gráficas de series de tiempo nos permiten analizar la presencia de cambios, tendencias e intermitencias en las series de datos y consiste en representar los datos de tal manera que en las abscisas se registre el tiempo y en las ordenadas los datos cronológicamente ordenados (Castro y Carvajal, 2010).

Figura 72

Serie de tiempo Est. Tingo María.

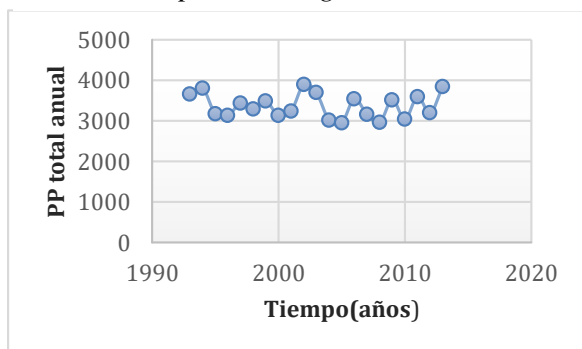


Figura 73

Serie de tiempo Est. Tulumayo.

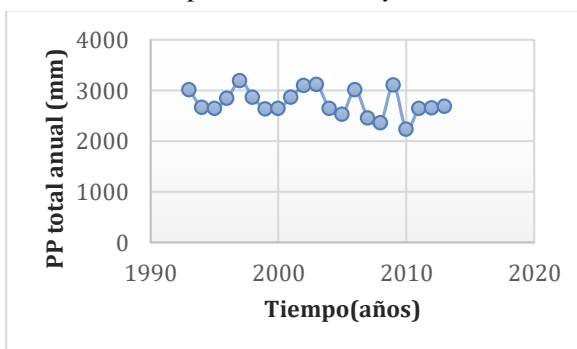


Figura 74

Serie de tiempo Est. El Maronal.

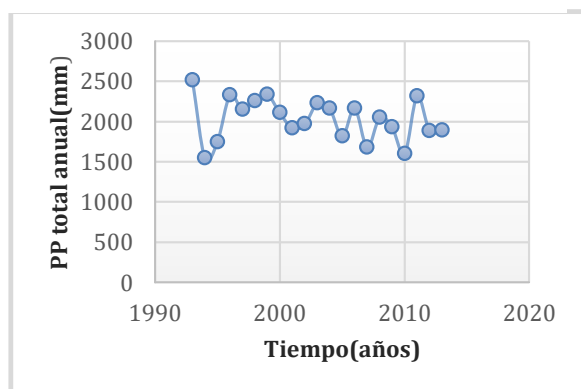
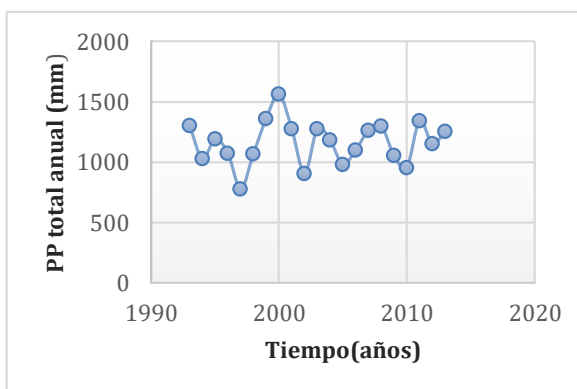


Figura 75

Serie de tiempo Est. Dos de mayo.



B.3. Prueba de normalidad.

Esta representación nos servirá para decidir en la aplicación de las pruebas paramétricas y no paramétricas del análisis estadístico y evaluar la homogeneidad de los datos.

Teniendo en cuenta que las pruebas paramétricas se aplican a los datos que tienen una distribución normal y las que no a las pruebas no paramétricas (Castro y Carvajal, 2010).

Figura 76

Prueba de normalidad Est. Tingo maría.

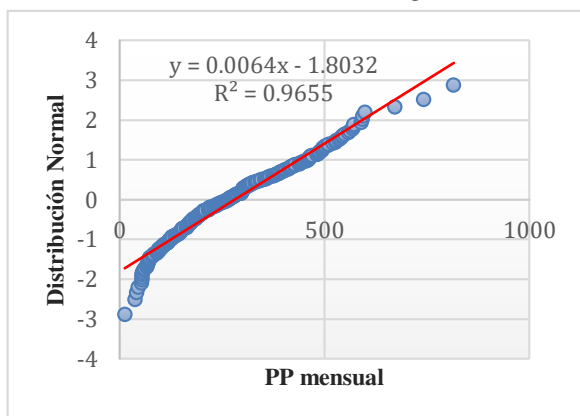


Figura 77

Prueba de normalidad Est. Tulumayo.

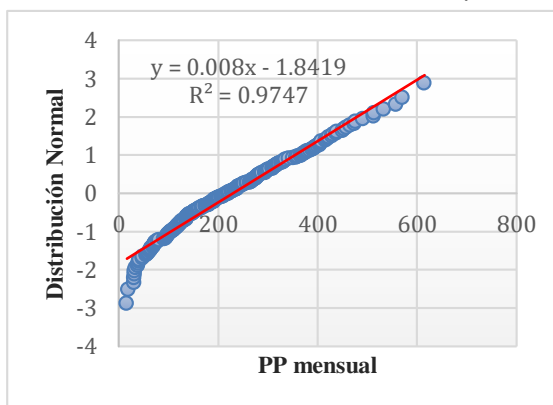


Figura 78

Prueba de normalidad Est. Dos de mayo.

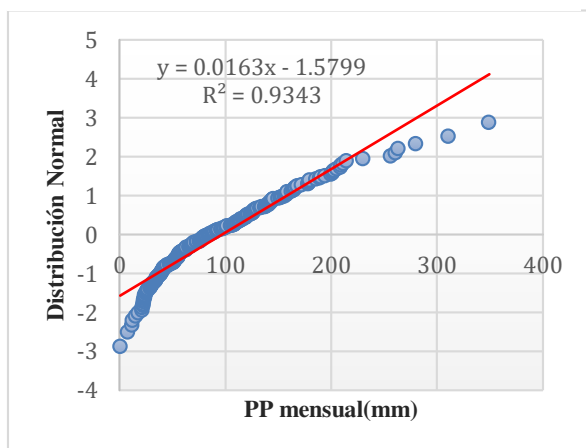
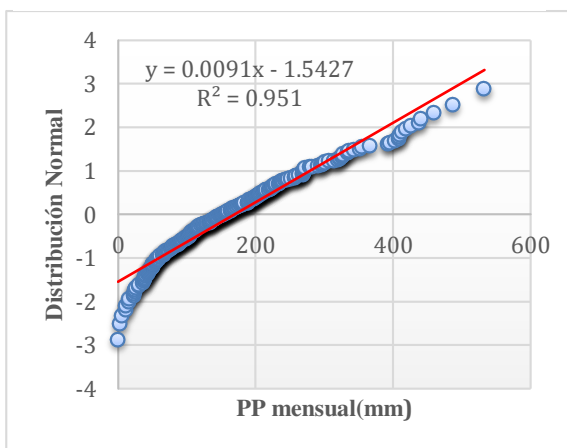


Figura 79

Prueba de normalidad Est. Maronal.



Las figuras 76, 77 y 79 muestran que los datos de las estaciones Tingo María, Tulumayo y El Maronal tienen una distribución normal, ya que, los puntos están más cercanos a la línea recta, mientras que la figura 78 que corresponde a la estación Dos de Mayo

los datos no muestran una distribución normal debido a que los puntos se alejan demasiado de la lineal recta.

B.4. Análisis de homogeneidad. La homogenización de una serie de tiempo consiste en identificar como es el comportamiento de la información, si existen quiebres, saltos, tendencias o valores extremos que ocasionen cambios en la media de la serie de datos (SENAMHI, 2012).

B.4.1. Vector regional. Para el análisis mediante el método del vector regional se usó el software Hydraccess desarrollado por los investigadores Hiez (1977) y Brunet-Moret (1977) en ORTOM. Este método nos permite evaluar una serie de tiempo mediante tres tareas definidas que son la homogenización de los datos, la crítica y la completación de los datos.

La crítica que podemos hacer mediante el método del vector regional es teniendo en cuenta dos coeficientes, el coeficiente de determinación R^2 y la desviación estándar de los desvíos (DED), la idea es agrupar estaciones con un buen coeficiente de determinación y valores bajos de DED, es ese sentido, teniendo en cuenta estos dos coeficientes y manteniendo en buenos niveles podremos ir agrupando estaciones con alta homogeneidad. (SENAMHI, 2012)

Para que el software Hydraccess nos pueda leer la información es necesario acondicionar los registros en un Excel en formato .csv de tal manera que agrupemos todas las estaciones mediante el tipo de data a analizar ya sea precipitación mensual o anual de manera vertical y asignarle un código de identificación para cada estación y sus coordenadas en grados decimales.

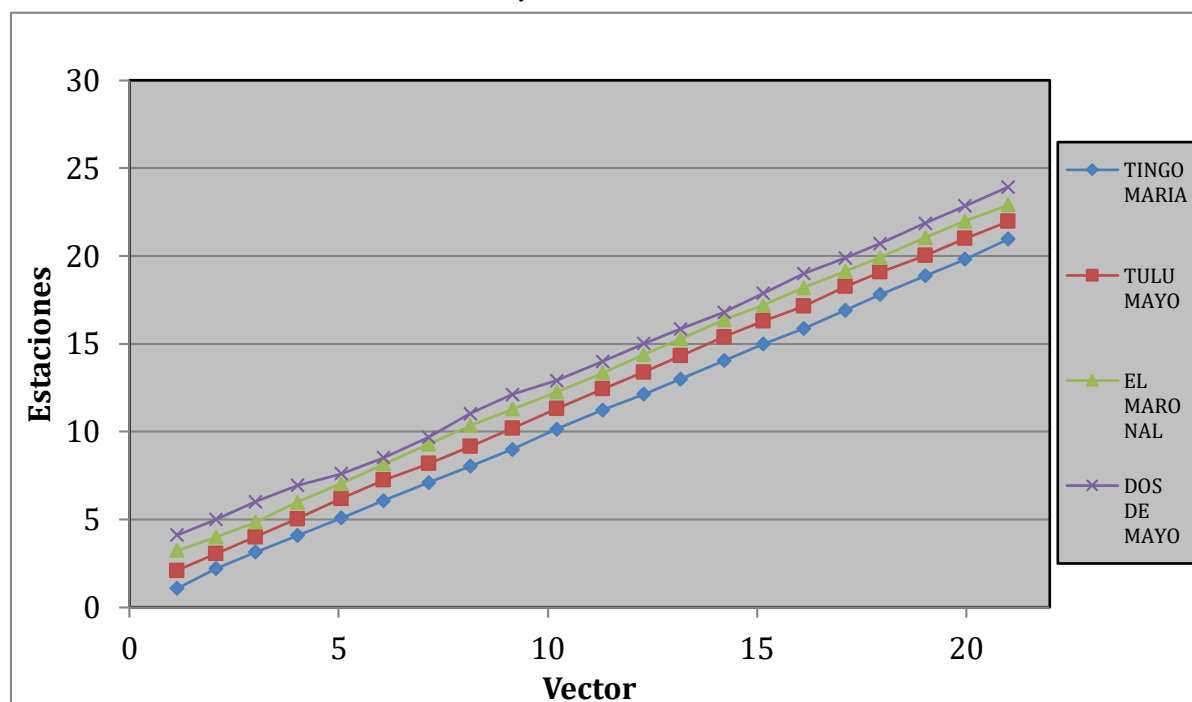
Para este caso de estudio se sometieron a análisis mediante el vector regional (MVR) las cuatro estaciones (Est. Tingo María, Est. Tulumayo, Est. Maronal y Est. Dos de Mayo) y se usaron datos de precipitación anual obteniendo los siguientes resultados:

Figura 80*Relación de las estaciones con el vector regional.*

Estación	Años	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
Tingo María	21	0.069	0.640
Tulumayo	21	0.065	0.718
Maronal	21	0.081	0.801
Dos de Mayo	21	0.148	0.283

Nota. Hydraccess.

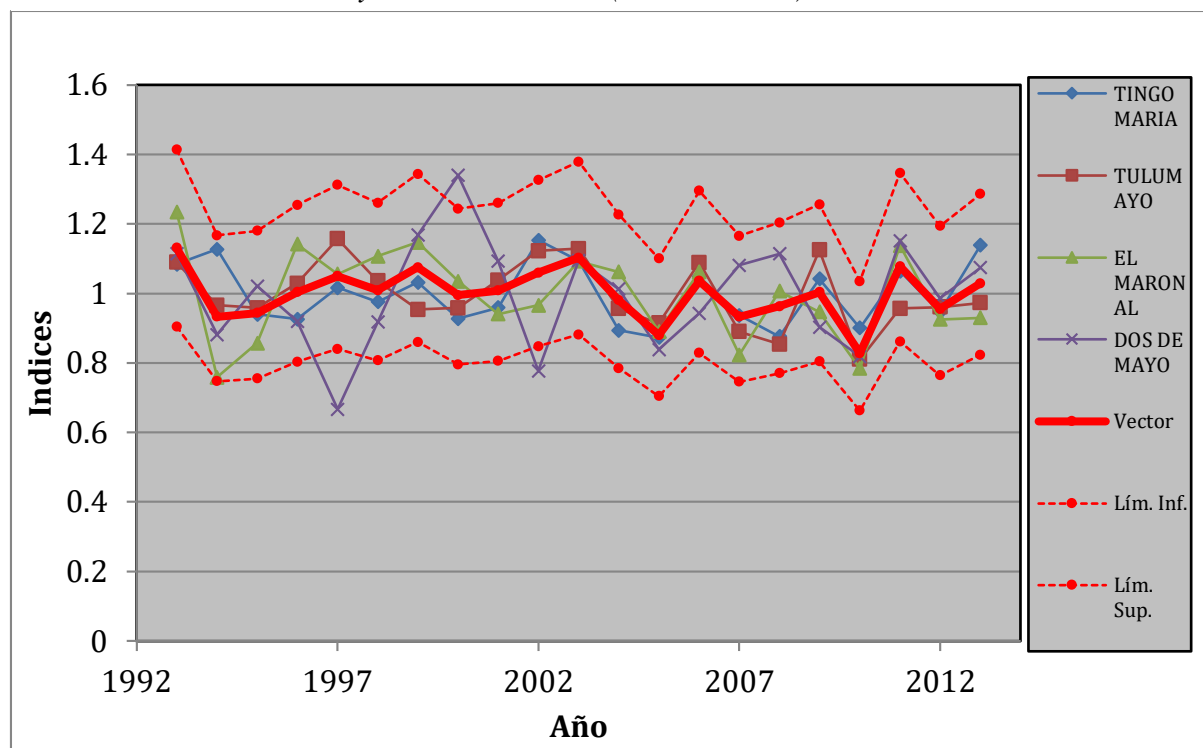
Los resultados muestran que los coeficientes de correlación de las estaciones son altos, a excepción de la estación Dos de Mayo con un valor de R^2 de 0.283. Con respecto a la desviación estándar de los desvíos son bajos a excepción de la estación dos de mayo con un valor de DED de 0.148 que está ligeramente por encima del promedio de las demás estaciones, teniendo en cuenta esto mantendremos la estación Dos de mayo ya que no generaría inconvenientes en la homogeneidad.

Figura 81*Suma de los índices anuales del Vector y de las Estaciones.**Nota. Hydraccess.*

En la figura 81 se puede apreciar que los índices del vector y las estaciones tienden a la linealidad y no se alejan entre sí, solo la estación Dos de Mayo presenta quiebres no significativos, pero en general las estaciones presentan una sola tendencia y una separación constante, en ese sentido se puede concluir que las estaciones tienen buen agrupamiento.

Figura 82

Índices anuales del Vector y de las Estaciones (Brunet Moret).



Nota. Hydraccess.

De la figura 82 se puede observar que los índices del vector y las estaciones no sobrepasan los límites superiores e inferiores y que la distribución del vector a través del tiempo está en el centro de las estaciones teniendo una correlación con las mismas, también se puede apreciar que la estación Dos de Mayo es la única estación que en algunos puntos sobrepasan los límites inferiores y superiores, pero que la mayoría de los puntos se correlacionan con los índices del vector.

En ese sentido y teniendo en cuenta lo antes mencionado se puede concluir que las estaciones forman un grupo homogéneo y, por lo tanto, la información de los registros son fiables.

B.4.2 Pruebas estadísticas. El análisis de homogeneidad de las series de tiempo de los registros de las estaciones meteorológicas se realizó mediante el software TREND, que es un programa que está diseñado para la realización de pruebas estadísticas de tendencias, cambios y aleatoriedad en series temporales, basado en pruebas paramétricas y no paramétricas.

Para realizar las pruebas estadísticas en el software primero es necesario acondicionar los registros de las estaciones de manera vertical y correlativo con los doce meses de cada año en un archivo Excel en formato .csv y posteriormente introducirlo en el software y elegir las pruebas estadísticas a evaluar.

Las pruebas que se evaluaron son las siguientes:

Figura 83

Test estadísticos.

Nº	Test statistic	Tipo de prueba	Prueba
1	Mann-Kendall	No paramétrica	Tendencias
2	Spearman's Rho	No paramétrica	
3	Linear regression	Paramétrica	
4	Cusum	No paramétrica	Saltos
5	Cumulative deviation	Paramétrica	
6	Student's t	Parametrica	

Nota. (Lina & Yesid, 2010)

Tabla 22

Resultados de las pruebas estadísticas.

Test statistic	Tingo María			Tulumayo			El Maronal			Dos de Mayo						
	Z statistic	a=0.05	Resultado	Z statistic	a=0.05	Resultado	Z statistic	a=0.05	Resultado	Z statistic	a=0.05	Resultado				
Mann-Kendall	-0.18	1.96	NS	-	1.086	1.96	NS	-	1.424	1.96	NS	1.154	1.96	NS		
Spearman's Rho	-	0.157	1.96	NS	-	1.097	1.96	NS	-	1.423	1.96	NS	1.16	1.96	NS	
Linear regression	-	0.358	1.97	NS	-	1.158	1.97	NS	-	0.998	1.97	NS	0.301	1.97	NS	
Cusum	8	21.5	89	NS	8	21.5	89	NS	18	21.5	89	NS	13	21.5	89	NS
Cumulative deviation	0.462	1.30	2	NS	0.737	1.30	2	NS	0.646	1.30	2	NS	0.688	1.30	2	NS
Student's t	0.651	1.97	7	NS	1.315	1.97	7	NS	1.09	1.97	7	NS	0.122	1.97	7	NS

De acuerdo a los resultados de las pruebas estadísticas se puede concluir que a un nivel de significancia del 95% nuestros registros de las estaciones Tingo María, Tulumayo, Maronal y Dos de Mayo no presentan significativamente saltos ni tendencias, por lo tanto, nuestras series son homogéneas y consistentes.

B.5. Generación de la precipitación. La generación de la precipitación para nuestra área de estudio se realizó usando el método adimensional que consiste en determinar los factores adimensionales mensuales y anuales a partir de una estación representativa.

Para la aplicación de este método es importante conocer la precipitación media de la cuenca del Rio Neshuya.

B.5.1 Determinación de la precipitación media de la cuenca del Rio Neshuya. Para la determinación de la precipitación media se usaron dos métodos, el método regional y el método de isoyetas.

Para la aplicación del método regional es importante conocer como es el comportamiento de la variable precipitación con respecto a la altitud y latitud. Ello nos permitirá establecer un modelo matemático que explique la relación entre las variables.

Se evaluó la relación entre las variables de precipitación y altitud mediante líneas de tendencia obteniéndose los siguientes resultados.

Figura 84

Relación de la precipitación y altitud – E.c. Lineal.

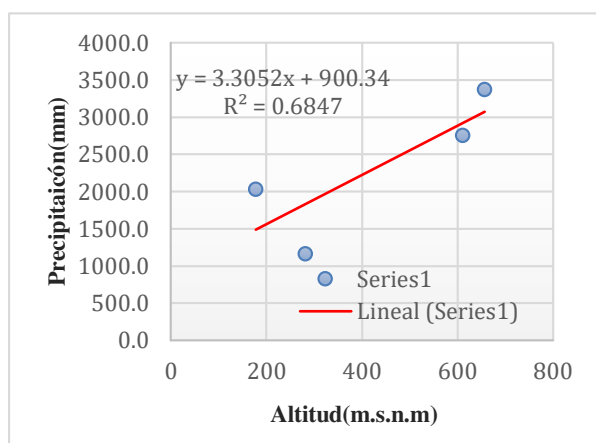


Figura 85

Relación de la precipitación y altitud – E.c. Exponencial.

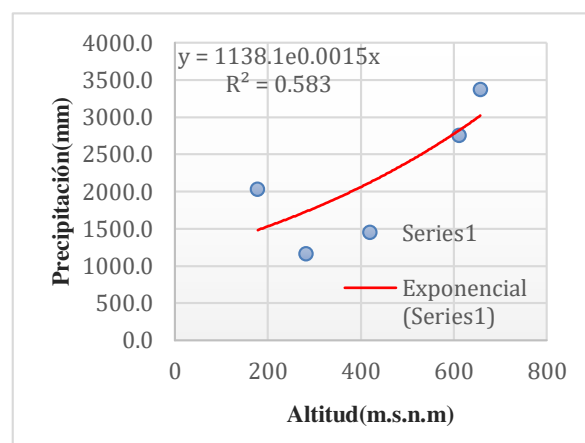


Figura 86

Relación de la precipitación y altitud – E.c. Potencial.

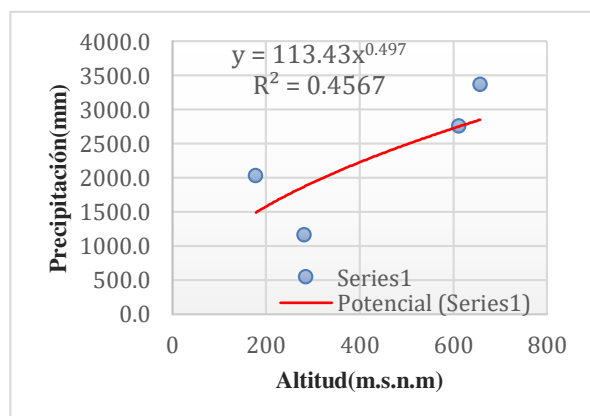


Figura 87

Relación de la precipitación y altitud – E.c. Logarítmica.

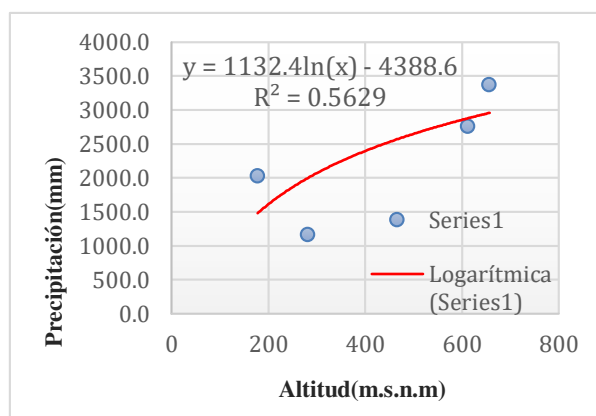


Tabla 23*Evaluación de las ecuaciones de regresión.*

Estación	Altitud (msnm)	PP total promedio multianual	Precipitación generada Ec. Lineal	Error Ec. Lineal	Precipitación generada Ec. Exponencial	Error Ec. Exponencial	Precipitación generada Ec. Potencial	Error Ec. Potencial	Precipitación generada Ec. logarítmica	Error Ec. Logarítmica
Tingo María	657	3368.7	3071.9	-8.8%	3049.1	-9.5%	2851.4	-15.4%	2958.1	-12.2%
Tulumayo	612	2755.9	2923.1	6.1%	2850.1	3.4%	2752.6	-0.1%	2877.7	4.4%
Dos de Mayo	282	1163.1	1832.4	57.5%	1737.3	49.4%	1872.8	61.0%	2000.3	72.0%
El Maronal	178	2028.4	1488.7	-26.6%	1486.4	-26.7%	1490.0	-26.5%	1479.3	-27.1%

Se puede observar en la tabla 23 que los errores son muy elevados con respecto a la precipitación generada llegando a pasar en algunos casos más del 50% como sucede para la ecuación lineal y logarítmica de la estación dos de mayo, sin embargo, la ecuación que mejor se relaciona con las variable altitud y menor error tiene sería la ecuación lineal de la forma $y=3.3052x+900.34$ con un coeficiente de determinación de $R^2=0.68$.

Adicionalmente se realizó un análisis por regresión múltiple donde se evaluó la relación entre las variables latitud, altitud y precipitación, siendo a la ecuación de la forma:

$$P = f(H, L)$$

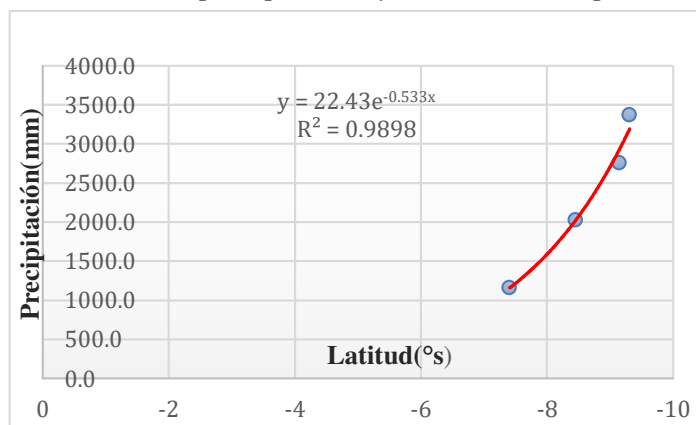
Donde:

H: representa la altitud.

L: representa la latitud.

Figura 88

Relación de la precipitación y latitud - Ec. Exponencial.



En la figura 88 se observa una relación significativa entre las variables precipitación y latitud con un coeficiente de determinación de $R^2=0.98$.

En ese sentido, planteamos la ecuación de regresión múltiple siendo de la forma general:

$$P=A \times X1+B \times X2+C$$

Donde:

A, B y C: representan los coeficientes numéricos de la ecuación.

X1, X2: representa la altitud y la latitud.

Es ese sentido, se determinó la ecuación múltiple en base a los siguientes datos de las estaciones y variables a considerar:

Tabla 24

Datos de entrada de la Ec. Múltiple.

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	PP media multianual
Tingo María	657	-9.31017	3368.71
Tulumayo	612	-9.14706	2755.89
El Maronal	178	-8.45000	2028.39
Dos de Mayo	282	-7.40711	1163.08

De la regresión múltiple se obtuvieron los siguientes coeficientes, siendo los siguientes:

A: 0.759

B: 910.933

C: 5813.523

La ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$PP=0.759*ALT-910.933*LAT-5813.523$$

Con un coeficiente de correlación múltiple de 0.98 y coeficiente de determinación R^2 de 0.97.

Donde:

PP: precipitación en mm

ALT: altitud grados decimales

LAT: latitud en m.s.n.m

Tabla 25

Error generado por la Ec. múltiple.

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	PP media multianual	PP generada Ec. Múltiple	Error Ec.Múltiple
Tingo María	657	-9.31017	3368.71	3166.08	-6.0%
Tulumayo	612	-9.14706	2755.89	2983.34	8.3%
El Maronal	178	-8.45000	2028.39	2018.96	-0.5%
Dos de Mayo	282	-7.40711	1163.08	1147.90	-1.3%

Se puede observar en la tabla 25 que los errores son muy bajos en comparación a lo evaluado en la tabla 23, esto quiere decir que las variables altitud y latitud se relacionan significativamente con la variable precipitación.

Reemplazando la altitud media de la cuenca y la latitud del centroide de la cuenca del río Neshuya en el modelo regional se obtiene la precipitación media del área de estudio.

Figura 89

Datos para el cálculo de la precipitación media.

Cuenca del río Neshuya	
Altitud media	Latitud del centroide
236.5 m.s.n.m	-8.66687

$$PPm=0.759*(236.5)-910.933*(-8.66687) -5813.523$$

$$PPm=2260.9 \text{ mm}$$

La precipitación media generada con el modelo regional se asemeja a la precipitación total multianual de la estación El Maronal con un error de -0.5%, además es la estación más cercana al área de estudio, en ese sentido, la estación El Maronal se tomará como estación representativa de la cuenca del Río Neshuya, el cual se tomará en cuenta para posteriores cálculos.

El modelo regional determinado se puede expresar en dos variables en función de la altitud y precipitación, teniendo en cuenta que la variable latitud se expresa de manera intrínseca, quedando de la siguiente manera:

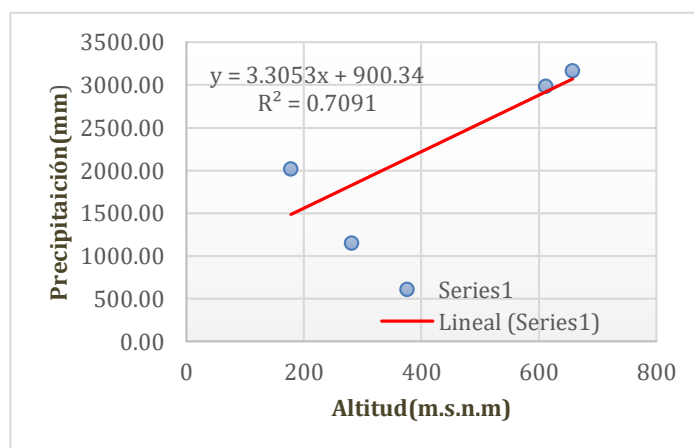
Figura 90

Datos de ingreso para la Ec. Intrínseca.

Estación	Altitud	PP generada Ec. Múltiple
Tingo María	657	3166.08
Tulumayo	612	2983.34
El Maronal	178	2018.96
Dos de Mayo	282	1147.90

Figura 91

Relación de la precipitación generada y la altitud.



$$y=3.3053x+900.34$$

$$R^2 = 0.7091$$

El método de isoyetas consiste en dibujar isolíneas de precipitación en la cuenca del Río Neshuya. Para ello se plotearon 2146 puntos que representarían las estaciones ficticias del área de estudio y mediante el modelo regional se determinó el valor de las precipitaciones por cada punto para luego interpolar con el método de kriging.

Posteriormente se calculó la precipitación media utilizando las áreas parciales entre isoyeta mediante la siguiente ecuación:

Tabla 26

Precipitación media por áreas parciales.

Precipitación (mm)		Precipitación media (ppm)	Área parcial (Ai)	Ai*ppmi
1977	2000	1988.5	12.40	24652.2
2000	2050	2025	33.70	68238.0
2050	2100	2075	52.35	108633.1
2100	2150	2125	65.52	139238.9
2150	2200	2175	124.03	269765.3
2200	2250	2225	133.51	297053.1
2250	2300	2275	145.46	330926.1
2300	2350	2325	122.77	285428.6
2350	2400	2375	135.38	321532.3
2400	2450	2425	109.98	266701.5
2450	2478	2464	12.05	29694.3
			947.15	2141863

$$PP\ mdia = \frac{\sum(A_i x PP_{mi})}{A_t}$$

Dónde:

Ai: Área parcial entre isoyeta.

PPmi: Precipitación media entre 2 isoyetas.

At: Área total de la cuenca Neshuya.

$$P\ media = \frac{2141863}{947.15}$$

$$P_{media} = 2261.4 \text{ mm}$$

Se calculó la precipitación media representativa mediante el promedio de las precipitaciones medias calculadas por ambos métodos (Modelo regional y Áreas parciales)

Figura 92

Precipitación media calculadas.

Áreas parciales	Modelo regional
2261.4 mm	2260.9 mm

$$PP_{media R} = \frac{2261.4 + 2260.9}{2}$$

$$PP_{media R} = 2261.2 \text{ mm}$$

B.5.2. Método adimensional

Este método consiste en determinar los factores adimensionales anuales y mensuales de todo el periodo de registro en base a una estación representativa del área de estudio, para nuestro caso de estudio es la estación El Maronal.

Tabla 27

Estación El Maronal – Estación representativa.

AÑO	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	335.3	409.4	459.1	182.4	73.9	49.2	60.5	105.0	194.5	145.5	282.3	219.4	2516.5
1994	98.0	103.3	190.0	117.2	142.2	79.6	5.8	38.1	170.4	110.2	190.6	300.5	1545.9
1995	30.1	322.0	259.3	179.5	66.1	86.0	69.4	16.4	94.9	245.2	213.3	164.0	1746.2
1996	270.5	437.8	223.2	258.2	148.8	56.8	67.0	51.1	114.8	199.9	272.2	225.9	2326.2
1997	298.1	326.3	272.4	160.2	147.9	83.6	79.3	117.9	154.9	173.6	236.6	100.9	2151.7
1998	204.7	215.5	320.3	178.4	224.3	39.1	0.0	43.8	133.5	240.0	409.2	246.7	2255.5
1999	296.2	291.1	314.5	169.5	306.9	190.5	50.6	68.8	207.0	90.8	124.2	225.8	2335.9
2000	269.1	412.1	211.5	197.1	132.8	144.9	88.9	112.7	56.8	108.4	215.3	159.0	2108.6
2001	202.1	270.1	225.5	269.8	105.5	54.3	26.2	30.8	40.9	182.8	238.3	270.9	1917.2
2002	104.0	322.8	327.6	200.9	134.8	64.6	138.3	165.4	140.9	175.8	115.3	78.3	1968.7
2003	197.9	269.0	334.5	214.4	228.3	107.6	23.9	39.4	243.2	82.3	189.4	297.4	2227.3
2004	327.0	153.3	263.7	235.6	129.1	40.0	234.7	56.8	78.5	150.4	258.0	237.1	2164.2
2005	135.8	163.9	223.4	47.3	60.6	59.5	24.9	86.2	66.2	403.5	124.9	419.4	1815.6
2006	222.4	351.9	175.3	157.4	104.2	66.0	54.9	95.0	88.3	150.7	486.6	213.2	2165.9
2007	158.5	270.4	214.1	193.9	116.2	12.0	51.6	98.4	76.4	279.2	90.7	115.4	1676.8
2008	395.6	208.2	366.6	166.5	134.8	102.9	36.9	22.9	113.0	122.8	190.7	190.7	2051.6
2009	334.2	155.5	120.7	440.1	251.6	109.5	116.6	23.5	37.3	72.1	168.1	100.4	1929.6
2010	138.6	201.9	180.5	230.0	116.3	51.0	104.4	3.4	105.9	53.4	270.9	140.5	1596.8
2011	343.0	532.9	392.9	152.6	69.5	46.7	11.5	79.4	259.7	110.9	137.7	181.5	2318.3
2012	165.7	157.8	354.8	229.6	60.7	45.5	50.3	15.8	92.4	195.6	89.6	425.9	1883.7
2013	173.5	203.3	205.8	128.2	105.7	201.7	43.5	144.0	134.5	98.0	410.7	45.0	1893.9

B.5.2.1. Determinación del factor adimensional anual.

Representa la relación entre la precipitación promedio de la cuenca y la precipitación media multianual del registro de la estación representativa.

$$K_a = \frac{PP}{PP_m}$$

Donde:

PP: precipitación promedio de la cuenca.

PPm: precipitación media multianual del registro.

$$K_a = \frac{2261.2}{2028.4}$$

$$K_a = 1.115$$

B.5.2.2. Determinación del factor adimensional mensual.

Representa la relación entre la precipitación media del mes entre la precipitación total anual.

$$K_m = \frac{PP_i}{PP_a}$$

Donde:

PPi: precipitación media del mes i.

PPa: precipitación total anual.

Se mostrará el cálculo del factor adimensional mensual a modo de ejemplo para enero del año 1993:

$$K_m = \frac{335.3}{2516.5}$$

$$K_m = 0.1332$$

Tabla 28*Valores del factor adimensional – Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	0.133 2	0.162 7	0.1824	0.072 5	0.029 4	0.019 6	0.024 0	0.041 7	0.077 3	0.057 8	0.112 2	0.087 2	1
1994	0.063 4	0.066 8	0.1229	0.075 8	0.092 0	0.051 5	0.003 8	0.024 6	0.110 2	0.071 3	0.123 3	0.194 4	1
1995	0.017 2	0.184 4	0.1485	0.102 8	0.037 9	0.049 2	0.039 7	0.009 4	0.054 3	0.140 4	0.122 2	0.093 9	1
1996	0.116 3	0.188 2	0.0960	0.111 0	0.064 0	0.024 4	0.028 8	0.022 0	0.049 4	0.085 9	0.117 0	0.097 1	1
1997	0.138 5	0.151 6	0.1266	0.074 5	0.068 7	0.038 9	0.036 9	0.054 8	0.072 0	0.080 7	0.110 0	0.046 9	1
1998	0.090 8	0.095 5	0.1420	0.079 1	0.099 4	0.017 3	0.000 0	0.019 4	0.059 2	0.106 4	0.181 4	0.109 4	1
1999	0.126 8	0.124 6	0.1346	0.072 6	0.131 4	0.081 6	0.021 7	0.029 5	0.088 6	0.038 9	0.053 2	0.096 7	1
2000	0.127 6	0.195 4	0.1003	0.093 5	0.063 0	0.068 7	0.042 2	0.053 4	0.026 9	0.051 4	0.102 1	0.075 4	1
2001	0.105 4	0.140 9	0.1176	0.140 7	0.055 0	0.028 3	0.013 7	0.016 1	0.021 3	0.095 3	0.124 3	0.141 3	1
2002	0.052 8	0.164 0	0.1664	0.102 0	0.068 5	0.032 8	0.070 2	0.084 0	0.071 6	0.089 3	0.058 6	0.039 8	1
2003	0.088 9	0.120 8	0.1502	0.096 3	0.102 5	0.048 3	0.010 7	0.017 7	0.109 2	0.037 0	0.085 0	0.133 5	1
2004	0.151 1	0.070 8	0.1218	0.108 9	0.059 7	0.018 5	0.108 4	0.026 2	0.036 3	0.069 5	0.119 2	0.109 6	1
2005	0.074 8	0.090 3	0.1230	0.026 1	0.033 4	0.032 8	0.013 7	0.047 5	0.036 5	0.222 2	0.068 8	0.231 0	1
2006	0.102 7	0.162 5	0.0809	0.072 7	0.048 1	0.030 5	0.025 3	0.043 9	0.040 8	0.069 6	0.224 7	0.098 4	1
2007	0.094 5	0.161 3	0.1277	0.115 6	0.069 3	0.007 2	0.030 8	0.058 7	0.045 6	0.166 5	0.054 1	0.068 8	1
2008	0.192 8	0.101 5	0.1787	0.081 2	0.065 7	0.050 2	0.018 0	0.011 2	0.055 1	0.059 9	0.093 0	0.093 0	1
2009	0.173 2	0.080 6	0.0626	0.228 1	0.130 4	0.056 7	0.060 4	0.012 2	0.019 3	0.037 4	0.087 1	0.052 0	1
2010	0.086 8	0.126 4	0.1130	0.144 0	0.072 8	0.031 9	0.065 4	0.002 1	0.066 3	0.033 4	0.169 7	0.088 0	1
2011	0.148 0	0.229 9	0.1695	0.065 8	0.030 0	0.020 1	0.005 0	0.034 2	0.112 0	0.047 8	0.059 4	0.078 3	1
2012	0.088 0	0.083 8	0.1884	0.121 9	0.032 2	0.024 2	0.026 7	0.008 4	0.049 1	0.103 8	0.047 6	0.226 1	1
2013	0.091 6	0.107 3	0.1087	0.067 7	0.055 8	0.106 5	0.023 0	0.076 0	0.071 0	0.051 7	0.216 9	0.023 8	1

B.5.2.3. Cálculo de la precipitación total anual generada (P_{tg}):

Representa el producto del factor adimensional anual y la precipitación total anual(mm)

$$P_{tg} = K_a \times P_t$$

Donde:

K_a: factor adimensional anual.

Pt: precipitación total anual(mm).

A modo de ejemplo se mostrará el cálculo para el año 1993:

$$Ptg = 1.115 \times 2516.5 \text{ mm}$$

$$Ptg = 2805.3 \text{ mm}$$

B.5.2.4. Cálculo de la precipitación mensual generada(Pmg)

$$Pmg = Km \times Ptg$$

Donde:

Km: factor adimensional mensual.

Ptg: precipitación total anual generada(mm).

A modo de ejemplo se mostrará el cálculo para el mes de enero de 1993:

$$Pmg = 0.1332 \times 2805.3 \text{ mm}$$

$$Pmg = 373.8 \text{ mm}$$

B.5.2.5. Precipitación mensual generada de la cuenca Neshuya

Tabla 29

PP generada cuenca Neshuya.

AÑO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	PP TOTAL
1993	117.0	216.8	162.2	314.7	244.6	373.8	456.4	511.8	203.3	82.4	54.8	67.4	2805.3
1994	42.5	190.0	122.8	212.5	335.0	109.2	115.2	211.8	130.6	158.5	88.7	6.5	1723.3
1995	18.3	105.8	273.3	237.8	182.8	33.6	359.0	289.1	200.1	73.7	95.9	77.4	1946.6
1996	57.0	128.0	222.8	303.4	251.8	301.5	488.0	248.8	287.8	165.9	63.3	74.7	2593.1
1997	131.4	172.7	193.5	263.8	112.5	332.3	363.7	303.7	178.6	164.9	93.2	88.4	2398.6
1998	48.8	148.8	267.5	456.2	275.0	228.2	240.2	357.1	198.9	250.0	43.6	0.0	2514.3
1999	76.7	230.8	101.2	138.5	251.7	330.2	324.5	350.6	189.0	342.1	212.4	56.4	2604.0
2000	125.6	63.3	120.8	240.0	177.2	300.0	459.4	235.8	219.7	148.0	161.5	99.1	2350.6
2001	34.3	45.6	203.8	265.6	302.0	225.3	301.1	251.4	300.8	117.6	60.5	29.2	2137.2
2002	184.4	157.1	196.0	128.5	87.3	115.9	359.8	365.2	224.0	150.3	72.0	154.2	2194.6
2003	43.9	271.1	91.7	211.1	331.5	220.6	299.9	372.9	239.0	254.5	119.9	26.6	2482.9
2004	63.3	87.5	167.7	287.6	264.3	364.5	170.9	294.0	262.6	143.9	44.6	261.6	2412.5
2005	96.1	73.8	449.8	139.2	467.5	151.4	182.7	249.0	52.7	67.6	66.3	27.8	2023.9
2006	105.9	98.4	168.0	542.4	237.7	247.9	392.3	195.4	175.5	116.2	73.6	61.2	2414.4
2007	109.7	85.2	311.2	101.1	128.6	176.7	301.4	238.7	216.2	129.5	13.4	57.5	1869.2
2008	25.5	126.0	136.9	212.6	212.6	441.0	232.1	408.7	185.6	150.3	114.7	41.1	2287.0
2009	26.2	41.6	80.4	187.4	111.9	372.6	173.3	134.6	490.6	280.5	122.1	130.0	2151.0
2010	3.8	118.1	59.5	302.0	156.6	154.5	225.1	201.2	256.4	129.6	56.9	116.4	1780.0
2011	88.5	289.5	123.6	153.5	202.3	382.4	594.1	438.0	170.1	77.5	52.1	12.8	2584.3
2012	17.6	103.0	218.0	99.9	474.8	184.7	175.9	395.5	255.9	67.7	50.7	56.1	2099.9
2013	160.5	149.9	109.2	457.8	50.2	193.4	226.6	229.4	142.9	117.8	224.8	48.5	2111.2

PP PROM	75.1	138.2	180.0	250.3	231.3	249.5	306.7	299.2	218.1	151.8	89.8	71.1	2261.2
----------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	--------

B.5.2.6. Distribución de la precipitación mensual en la cuenca Neshuya.

Se realizó un análisis regional de la precipitación mes a mes de las cuatro estaciones, para ello se relacionó la precipitación media multimensual con respecto a la altitud y latitud.

Esto se realizó con la finalidad de conocer la precipitación mes a mes en cualquier punto de la cuenca Neshuya.

Tabla 30

Precipitación media multimensual.

ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m)	LATITUD(°S)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tingo María	657	-9.31017	407.5	411.4	417.3	276.2	219.9	140.3	140.7	105.4	186.4	262.8	351.0	449.7
Tulumayo	612	-9.14706	357.9	355.2	320.2	227.7	179.3	159.5	130.4	96.2	127.6	197.9	264.3	339.7
Dos de mayo	282	-7.40711	74.9	117.7	159.1	107.5	102.0	57.4	55.1	38.9	86.6	109.5	128.9	125.4
EL Maronal	178	-8.45000	223.8	275.2	268.4	195.7	136.2	80.5	63.8	67.4	124.0	161.5	224.5	207.5

Tabla 31

Ecuaciones regionales mensuales.

Mes	Modelo Regional	Coefficiente de correlación múltiple	Coefficiente de determinación
Enero	PP=0.091*ALT-152.099*LAT-1078.054	0.9	0.9
Febrero	PP=-0.015*ALT-149.875*LAT-989.290	0.9	0.9
Marzo	PP=0.041*ALT-109.894*LAT-669.256	0.9	0.9
Abril	PP=-0.015*ALT-83.448*LAT-507.562	0.9	0.9
Mayo	PP=0.073*ALT-40.516*LAT-219.861	0.9	0.9
Junio	PP=0.095*ALT-31.3 23*LAT-200.497	0.9	0.9
Julio	PP=0.123*ALT-20.504*LAT-131.330	0.9	0.9
Agosto	PP=0.023*ALT-29.619*LAT-187.089	0.9	0.9
Septiembre	PP=0.014*ALT-37.836*LAT-199.271	0.9	0.7
Octubre	PP=0.060*ALT-56.547*LAT-328.236	0.9	0.9
Noviembre	PP=0.027*ALT-95.328*LAT-587.409	0.9	0.9
Diciembre	PP=0.242*ALT-103.944*LAT-715.671	0.9	0.9

C. Temperatura

C.1. Determinación de la temperatura media de la cuenca Neshuya

Para la determinación de la temperatura media se usaron dos métodos, el método regional y el método de isoyetas.

Para la aplicación del método regional es importante conocer como es el comportamiento de la variable temperatura con respecto a la altitud. Ello nos permitirá establecer un modelo matemático que explique el grado de asociación entre las variables.

Se evaluó el grado de asociación entre las variables de temperatura y altitud mediante líneas de tendencia obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 32

Evaluación de las ecuaciones de regresión – temperatura.

Estación	Altitud (msnm)	T° media multianual	T° generada Ec. Lineal	Error Ec. Lineal	T° generada Ec. Exponencial	Error Ec. Exponencial	T° generada Ec. Potencia	Error Ec. Potencia	T° generada Ec. Logarítmica	Error Ec. Logarítmica
Tingo María	657	24.8	25.003	0.819	25.094	1.185	25.069	1.084	25.079	1.123
Tulumayo	612	25.2	25.125	-0.299	25.207	0.028	25.135	-0.259	25.146	-0.216
Dos de Mayo	282	26.5	26.016	-1.828	26.053	-1.687	25.866	-2.394	25.877	-2.351
El Maronal	178	25.9	26.296	1.531	26.325	1.642	26.310	1.582	26.311	1.588

Figura 93

Relación temperatura y altitud – Ec. Lineal.

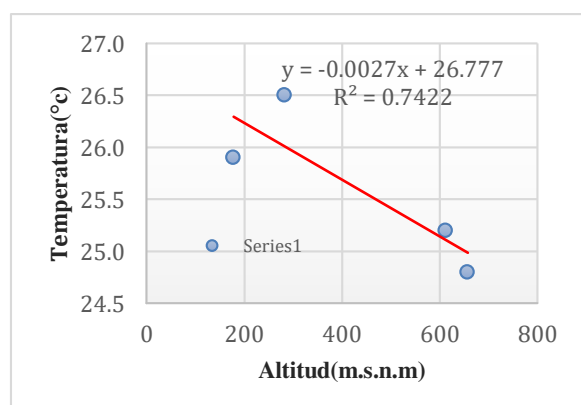


Figura 94

Relación temperatura y altitud – Ec. Exponencial.

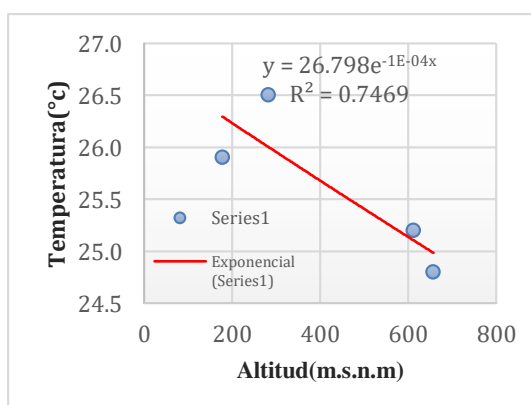
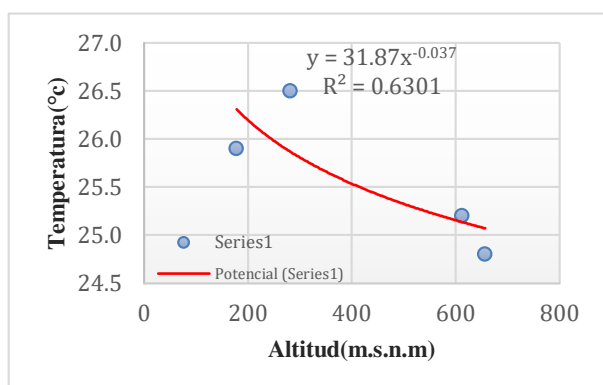
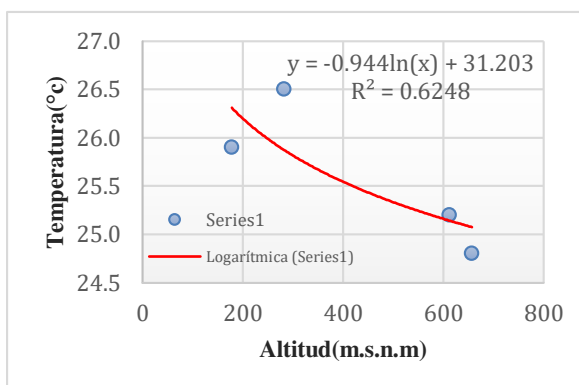


Figura 95

Relación temperatura y altitud – Ec. Potencial.

**Figura 96**

Relación temperatura y altitud – Ec. Logarítmica.



De la tabla 32 se puede observar que los errores asociados a la evaluación de los modelos regionales a las variables altitud y temperatura arrojan valores altos para las ecuación potencial y logarítmica, mientras que para las ecuaciones lineal y exponencial los errores son mínimos no significativos, debido a que ambas ecuaciones difieren en sus coeficientes de determinación en 0.0047, teniendo a favor para la ecuación lineal las estaciones Tingo María y El Maronal y para la ecuación exponencial las estaciones Tulumayo y Dos de Mayo, en ese sentido y teniendo en cuenta lo antes mencionado, se optará por la ecuación lineal como el modelo representativo ya que, esta tiene el menor error asociado a nuestra estación representativa El Maronal.

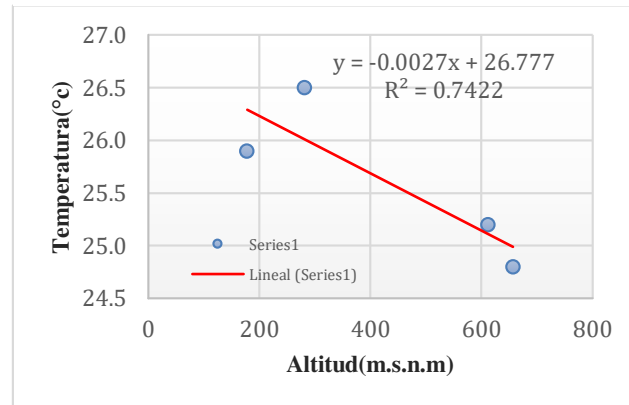
Figura 97

Altitud media de la cuenca Neshuya.

Cuenca Neshuya
Altitud media
236.5 m.s.n.m

Figura 98

Relación de la temperatura y altitud – Ec Lineal elegida.



La ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$T^{\circ} = -0.0027(ALT) + 26.777$$

Con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.7422$

Donde:

T° : Temperatura en $^{\circ}\text{C}$.

ALT: Altitud en m.s.n.m.

Reemplazando la altitud media de la cuenca del río Neshuya en el modelo regional se obtiene la temperatura media del área de estudio.

$$T^{\circ} = -0.0027(236.5) + 26.777$$

$$T^{\circ} = 26.1^{\circ}\text{C}$$

Para la aplicación del método de isoyetas se plotearon un total de 2146 puntos representando las estaciones ficticias y se calculó el valor de la temperatura para cada uno de los puntos mediante el modelo regional establecido, para luego usar el método de interpolación kriging y generar las isotermas con una separación de 0.1°C

Posteriormente se calculó la temperatura media utilizando las áreas parciales entre isoyeta mediante la siguiente ecuación:

$$T^{\circ} \text{ media} = \frac{\sum(A_i x T^{\circ}_{mi})}{A_t}$$

Dónde:

A_i : Área parcial entre isoterma.

$T^{\circ}mi$: Precipitación media entre 2 isoyeta.

A_t : Área total de la cuenca Neshuya.

Tabla 33

Temperatura media por áreas parciales.

Temperatura (mm)		Temperatura media ($T^{\circ}mi$)	Área parcial (A_i)	$T^{\circ}mi \cdot A_i$
25.8	25.9	25.85	3.95	102.0
25.9	26.0	25.95	66.74	1731.9
26.0	26.1	26.05	195.01	5080.0
26.1	26.2	26.15	439.84	11501.8
26.2	26.3	26.25	241.61	6342.3
			947.1	24758.0

$$T^{\circ} media = \frac{24758.0}{947.1}$$

$$T^{\circ} media = 26.1^{\circ}C$$

Se calculó la temperatura media representativa mediante el promedio de las temperaturas medias calculadas por ambos métodos (Modelo regional y Áreas parciales).

Figura 99

Temperatura media calculada.

Modelo regional	Áreas parciales
26.1°C	26.1°C

$$T^{\circ}_{media R} = \frac{26.1 + 26.1}{2}$$

$$T^{\circ}_{media R} = 26.1^{\circ}C$$

C.2. Temperatura representativa

Para la determinación de la temperatura representativa del área de estudio, se tuvo en cuenta la temperatura media representativa (26.1°C) y las temperaturas medias multianuales

del registro de las estaciones(ver tabla 32), observándose que la temperatura media representativa (26.1) de la cuenca Neshuya se asemeja notablemente a la estación El Maronal (25.9) con un promedio de las dos temperaturas de 26°C estando demasiado cerca a la temperatura media multianual de la estación El Maronal, adicionalmente la altitud media de la cuenca Neshuya(236.5m.s.n.m) con respecto a la altitud de la estación El Maronal(178 m.s.n.m) solamente tiene una diferencia de 58.5 metros, además, es la estación más cercana al área de estudio, en ese sentido y teniendo en cuenta lo antes mencionado se tomara como representativa el registro de temperatura de la estación El Maronal para los fines de este presente estudio.

Tabla 34

Registro de temperatura representativa – Est. El Maronal.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	26.1	26.1	25.5	25.6	24.6	25.4	25.3	25.3	25.7	26.1	27.0	26.0	25.7
1994	26.0	26.3	25.6	25.8	25.4	24.0	24.1	25.2	25.6	26.0	25.6	26.5	25.5
1995	26.2	26.7	26.0	25.9	25.1	25.4	25.5	25.7	25.5	26.7	26.0	25.5	25.8
1996	26.2	26.5	26.7	26.0	24.9	25.0	24.2	25.6	25.8	26.9	25.3	25.7	25.7
1997	26.1	26.3	26.9	26.2	26.3	24.4	25.3	25.1	26.7	26.4	27.0	27.1	26.1
1998	26.9	27.3	26.9	27.1	25.0	25.0	25.6	26.7	26.1	26.3	25.3	26.2	26.2
1999	25.8	25.7	24.9	25.1	24.4	25.1	25.0	25.3	26.2	26.5	26.4	26.3	25.6
2000	25.2	25.2	25.6	25.3	25.3	24.8	24.0	25.9	26.1	27.0	26.4	25.3	25.5
2001	26.2	26.8	26.1	25.7	26.0	24.2	25.0	25.3	26.7	27.2	26.8	26.6	26.0
2002	26.8	26.6	26.0	26.0	25.6	24.6	24.7	25.4	26.0	26.6	26.4	26.5	25.9
2003	26.4	26.6	26.0	25.6	25.2	25.1	23.9	24.7	24.5	27.2	27.0	26.6	25.7
2004	26.8	26.6	26.7	26.8	25.0	24.7	24.6	24.6	25.5	26.7	26.5	26.8	25.9
2005	27.3	26.8	27.2	25.8	26.5	26.0	24.6	26.3	26.0	26.6	27.0	26.3	26.4
2006	26.3	25.7	25.9	25.5	23.5	25.3	25.5	26.0	26.5	27.2	26.7	26.7	25.9
2007	26.7	26.5	26.1	26.0	24.6	25.0	25.1	25.6	26.8	26.6	26.7	26.7	26.0
2008	26.1	26.4	25.6	25.9	24.9	24.0	25.6	26.7	25.6	25.9	26.2	26.2	25.8
2009	26.0	25.8	26.6	25.8	26.1	24.6	25.1	26.0	26.9	26.9	26.8	26.4	26.1
2010	27.4	26.0	26.1	26.3	26.1	26.0	24.6	27.4	27.2	26.8	26.2	25.9	26.3
2011	25.7	25.1	24.5	26.8	25.8	25.2	25.4	26.7	27.0	25.6	25.9	25.7	25.8
2012	26.1	24.7	25.3	25.4	27.0	26.6	26.5	26.8	26.5	25.9	26.4	25.0	26.0
2013	26.2	25.6	26.3	26.7	26.3	25.1	25.2	25.6	26.7	27.2	25.4	26.8	26.1
T° PROM	26.3	26.1	26.0	26.0	25.4	25.0	25.0	25.8	26.2	26.6	26.3	26.2	25.9

C.3. Distribución de la temperatura mensual en la cuenca Neshuya.

Se realizó un análisis regional de la temperatura mes a mes de las cuatro estaciones, para ello se relacionó la temperatura media multimensual con respecto a la altitud.

Esto se realizó con la finalidad de conocer la temperatura mes a mes en cualquier punto de la cuenca Neshuya.

Tabla 35

Temperatura media multimensual.

ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tingo María	657	24.8	24.6	24.8	25.2	25.0	24.4	24.2	24.6	25.0	25.3	25.2	24.9
Tulumayo	612	25.2	25.1	25.2	25.5	25.3	24.7	24.5	24.8	25.3	25.7	25.9	25.5
Dos de mayo	282	27.2	26.6	26.4	26.3	26.2	25.8	25.6	26.2	26.5	27.0	27.2	27.1
El Maronal	178	26.3	26.1	26.0	26.0	25.4	25.0	25.0	25.8	26.2	26.6	26.3	26.2

Tabla 36

Modelos regionales mensuales temperatura.

Mes	Modelo Regional	Coefficiente de determinación R^2
Enero	$y = 27.621e-1E-04x$	0.7335
Febrero	$y = 27.174e-1E-04x$	0.8577
Marzo	$y = -0.0028x + 26.795$	0.8496
Abril	$y = 26.55e-7E-05x$	0.7541
Mayo	$y = 26.102e-6E-05x$	0.4283
Junio	$y = 25.782e-7E-05x$	0.5426
Julio	$y = 25.727e-8E-05x$	0.6859
Agosto	$y = -0.0029x + 26.624$	0.8466
Septiembre	$y = -0.0027x + 26.925$	0.8498
Octubre	$y = 27.501e-1E-04x$	0.8203
Noviembre	$y = 27.349e-1E-04x$	0.6115
Diciembre	$y = 27.384e-1E-04x$	0.6811

D. Generación de Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración se usaron tres métodos Turc, Thornthwaite, Oudin.

D.1. Calculo mediante Turc.

El método de Turc nos permite calcular la evapotranspiración anual mediante la precipitación y la determinación del parámetro heliotérmico que está en función de la temperatura.

$$L = 300 + 25T + 0.05 * T^3$$

Donde:

L: Parámetro heliotérmico.

T: temperatura en °C.

$$EVR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

EVR: evapotranspiración real.

P: Precipitación total anual.

L: Parámetro heliotérmico.

Se mostrará un ejemplo de cálculo del parámetro heliotérmico para el año 1993.

$$L = 300 + 25(25.7) + 0.05 * (25.7)^3$$

$$L = 1792.3$$

Se mostrará un ejemplo de cálculo de la Evapotranspiración real para el año 1993.

$$EVR = \frac{2805.6}{\sqrt{0.9 + \frac{(2805.6)^2}{(1792.3)^2}}}$$

$$EVR = 1532.8 \text{ mm}$$

Figura 100

Valores del parámetro heliotérmico (1993-2003).

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
T	25.7	25.5	25.8	25.7	26.1	26.2	25.6	25.5	26.0	25.9	25.7
L	1792.3	1765.0	1809.4	1791.2	1844.0	1853.7	1773.2	1768.5	1834.6	1820.7	1795.4

Figura 101

Valores del parámetro heliotérmico (2004-2013).

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
T	25.9	26.4	25.9	26.0	25.8	26.1	26.3	25.8	26.0	26.1
L	1821.4	1874.5	1817.2	1833.5	1798.4	1837.4	1871.4	1799.0	1831.8	1842.1

Figura 102

Valores de evapotranspiración real (1993-2003) – Turc.

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
PP	2805.6	1723.5	1946.8	2593.4	2398.9	2514.6	2604.2	2350.8	2137.4	2194.8	2483.1
L	1792.3	1765.0	1809.4	1791.2	1844.0	1853.7	1773.2	1768.5	1834.6	1820.7	1795.4
EVPR(mm)	1532.8	1265.9	1357.2	1498.2	1489.9	1519.1	1489.5	1439.5	1422.6	1430.8	1480.6

Figura 103

Valores de evapotranspiración real (2004-2013) – Turc.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PP	2412.8	2024.1	2414.7	1869.4	2287.3	2151.2	1780.2	2584.6	2100.1	2111.4
L	1821.4	1874.5	1817.2	1833.5	1798.4	1837.4	1871.4	1799.0	1831.8	1842.1
EVPR(mm)	1480.8	1408.2	1479.0	1342.3	1441.5	1427.6	1325.1	1501.2	1411.3	1419.1

D.2. Cálculo mediante Thornthwaite

Para la determinación de la evapotranspiración mensual mediante este método, es necesario conocer el índice térmico y los valores del parámetro “a” y “c” y finalmente realizar la corrección a la EVPm mediante los valores de duración media de la luz solar en función de la latitud. El desarrollo de este método tiene la siguiente secuencia:

D.2.1. Cálculo del índice de calor mensual

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

Donde:

i: índice de calor mensual.

T: temperatura media mensual.

Se muestra el cálculo para enero del año 1993:

$$i = \left(\frac{12.2}{5}\right)^{1.514}$$

$$i = 12.2$$

Tabla 37*Índice térmico mensual.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1993	12.2	12.2	11.8	11.9	11.2	11.7	11.6	11.6	11.9	12.2	12.8	12.1
1994	12.1	12.3	11.8	12.0	11.7	10.7	10.8	11.6	11.9	12.1	11.9	12.5
1995	12.3	12.6	12.1	12.1	11.5	11.7	11.8	11.9	11.8	12.6	12.1	11.8
1996	12.2	12.5	12.6	12.1	11.4	11.4	10.9	11.9	12.0	12.8	11.6	11.9
1997	12.2	12.3	12.7	12.2	12.3	11.0	11.6	11.5	12.7	12.4	12.8	12.9
1998	12.8	13.1	12.8	12.9	11.4	11.4	11.9	12.6	12.2	12.3	11.7	12.3
1999	12.0	11.9	11.4	11.5	11.1	11.5	11.4	11.6	12.2	12.5	12.4	12.4
2000	11.5	11.6	11.9	11.6	11.7	11.3	10.8	12.0	12.2	12.9	12.4	11.7
2001	12.3	12.7	12.2	11.9	12.1	10.9	11.4	11.6	12.6	13.0	12.7	12.6
2002	12.7	12.5	12.2	12.1	11.9	11.2	11.2	11.7	12.1	12.6	12.4	12.5
2003	12.4	12.6	12.1	11.8	11.6	11.5	10.7	11.2	11.1	13.0	12.8	12.6
2004	12.7	12.6	12.6	12.7	11.4	11.2	11.2	11.2	11.8	12.6	12.5	12.7
2005	13.1	12.7	13.0	12.0	12.5	12.1	11.1	12.4	12.1	12.5	12.8	12.3
2006	12.4	11.9	12.1	11.8	10.4	11.6	11.8	12.1	12.5	13.0	12.7	12.7
2007	12.6	12.5	12.2	12.1	11.2	11.5	11.5	11.9	12.7	12.5	12.6	12.7
2008	12.2	12.4	11.8	12.1	11.4	10.7	11.9	12.6	11.8	12.1	12.3	12.3
2009	12.1	12.0	12.5	12.0	12.2	11.1	11.5	12.1	12.8	12.8	12.7	12.4
2010	13.1	12.1	12.2	12.4	12.2	12.1	11.2	13.1	13.0	12.7	12.3	12.1
2011	11.9	11.5	11.1	12.7	12.0	11.6	11.7	12.6	12.8	11.9	12.0	11.9
2012	12.2	11.2	11.7	11.7	12.8	12.6	12.5	12.7	12.5	12.1	12.4	11.4
2013	12.3	11.9	12.3	12.7	12.4	11.5	11.5	11.8	12.7	13.0	11.7	12.7

D.2.2. Cálculo del Índice anual

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Donde:

I: Índice anual

i: índice de calor mensual

Figura 104*Índice anual (1993 – 2003).*

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Índice anual	143.2	141.3	144.3	143.1	146.7	147.3	141.9	141.6	146.1	145.1	143.5

Figura 105*Índice anual (2004-2013).*

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Índice Anual	145.2	148.7	144.9	146.0	143.6	146.2	148.5	143.6	145.9	146.5

D.2.3. Cálculo del parámetro “a” y “c”

$$a = 657 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1.79 * 10^{-2} * I + 0.492$$

$$C = 16 * \left(\frac{16}{I}\right)^a$$

Donde:

I: índice anual.

Se muestra el cálculo para enero del año 1993:

$$a = 657 * 10^{-9} * (143.2)^3 - 771 * 10^{-7} * (143.2)^2 + 1.79 * 10^{-2} * 143.2 + 0.492$$

$$a = 3.456$$

$$C = 16 * \left(\frac{16}{143.2}\right)^{3.456}$$

$$C = 0.002$$

Figura 106

Parámetro “a” y “c” (1993 – 2003).

Año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
a	3.456	3.388	3.499	3.454	3.589	3.614	3.408	3.396	3.565	3.529	3.466
c	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002

Figura 107

Parámetro “a” y “c” (2004 – 2013).

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
a	3.532	3.669	3.521	3.562	3.472	3.572	3.660	3.473	3.557	3.584
c	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001

D.2.4. Cálculo de la evapotranspiración no corregida

$$ETP'm = c * T^a$$

Tabla 38*Registro de evapotranspiración no corregida.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP ANUAL
1993	127.4	126.6	117.6	119.2	103.8	115.2	114.4	114.4	120.0	127.4	143.2	124.9	1454.1
1994	125.3	130.3	118.9	122.9	115.8	96.2	97.5	113.5	119.7	126.1	119.7	133.7	1419.6
1995	128.9	136.8	125.5	123.8	110.9	115.6	117.2	120.5	117.2	137.7	125.5	117.2	1476.6
1996	128.3	133.4	137.8	124.9	108.3	109.1	97.4	119.2	121.6	141.4	113.7	120.0	1455.1
1997	125.7	129.2	140.1	127.4	129.2	98.7	113.2	109.2	137.8	131.4	142.3	145.3	1529.5
1998	141.1	148.3	140.9	144.6	108.4	108.5	118.4	136.4	125.9	129.4	113.5	127.6	1543.1
1999	122.1	121.6	108.6	111.5	102.2	112.2	109.8	115.0	128.6	133.9	132.4	131.6	1429.4
2000	112.8	113.3	119.6	114.9	115.3	107.7	96.5	123.9	128.5	143.9	132.9	115.1	1424.4
2001	128.6	138.7	126.2	120.5	124.8	96.5	108.9	113.1	136.5	146.9	140.1	135.7	1516.6
2002	138.7	135.5	125.7	125.5	119.3	103.6	104.6	116.1	125.2	135.7	131.5	133.1	1494.5
2003	132.1	136.2	125.7	118.4	112.7	112.0	93.4	104.7	102.9	147.6	142.7	136.6	1465.0
2004	139.7	135.9	137.6	139.0	109.0	104.8	103.3	103.6	116.6	136.7	133.6	139.4	1499.2
2005	148.8	139.5	145.8	119.9	133.8	124.0	100.8	130.2	124.5	134.5	141.8	129.5	1573.1
2006	130.9	120.6	124.3	116.4	88.4	113.7	116.6	124.6	133.7	147.1	138.3	138.4	1493.0
2007	136.8	133.3	127.0	124.7	102.8	109.4	110.3	118.6	139.6	135.2	137.4	138.2	1513.4
2008	126.9	132.5	118.6	124.0	108.4	94.8	119.6	137.1	118.9	124.3	129.6	129.1	1463.8
2009	124.5	120.9	135.3	121.1	126.7	102.0	110.1	124.6	140.7	141.5	138.7	132.3	1518.3
2010	149.8	124.2	126.9	130.4	126.4	124.5	101.6	150.2	146.0	138.7	127.8	122.3	1568.9
2011	120.1	111.4	102.0	139.3	121.9	112.4	115.2	137.2	142.3	119.6	123.4	120.0	1464.7
2012	126.9	104.5	114.2	115.5	142.5	135.4	133.8	139.2	134.5	123.1	132.3	108.8	1510.7
2013	129.1	118.7	129.9	137.9	130.3	110.5	111.0	118.0	138.0	147.5	115.4	138.4	1524.9

Figura 108*Duración media de las horas del sol.*

		INTERPOLACIÓN											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
L.SUPERIOR	-10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	0.96	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
LATITUD	-8.45	1.07	0.96	1.05	0.99	1.01	0.97	0.97	1.02	1.00	1.06	1.04	1.09
L.INFERIOR	-5	1.04	0.95	1.04	1	1.02	0.99	0.99	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06

D.2.5. Cálculo de la evapotranspiración corregida

$$ETP = K * ETP'm$$

Tabla 39*Registro de evapotranspiración corregida – Thornthwaite.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP ANUAL
1993	136.0	122.0	123.1	118.4	105.2	111.7	110.9	116.3	120.0	134.7	149.5	135.8	1483.5
1994	133.8	125.6	124.5	122.0	117.3	93.2	94.6	115.3	119.7	133.3	124.9	145.4	1449.6
1995	137.6	131.8	131.3	122.9	112.4	112.1	113.6	122.4	117.2	145.5	130.9	127.5	1505.3
1996	136.9	128.6	144.3	124.0	109.7	105.7	94.5	121.1	121.6	149.5	118.6	130.5	1485.1
1997	134.2	124.5	146.7	126.6	130.9	95.6	109.7	111.0	137.8	138.9	148.5	158.0	1562.4
1998	150.7	143.0	147.5	143.6	109.8	105.2	114.8	138.6	125.9	136.8	118.5	138.8	1573.1
1999	130.4	117.2	113.7	110.7	103.5	108.8	106.5	116.8	128.6	141.5	138.2	143.1	1458.9
2000	120.4	109.2	125.3	114.1	116.8	104.4	93.5	125.9	128.5	152.0	138.7	125.2	1454.1
2001	137.3	133.7	132.1	119.7	126.4	93.5	105.6	114.9	136.5	155.2	146.3	147.6	1548.9
2002	148.0	130.6	131.6	124.6	120.9	100.4	101.4	118.0	125.2	143.5	137.3	144.8	1526.2
2003	141.0	131.2	131.6	117.6	114.2	108.5	90.5	106.4	102.9	156.0	148.9	148.6	1497.5
2004	149.1	130.9	144.1	138.1	110.4	101.6	100.2	105.3	116.6	144.5	139.4	151.6	1531.7
2005	158.8	134.5	152.6	119.1	135.5	120.2	97.7	132.3	124.5	142.1	148.0	140.9	1606.3
2006	139.8	116.3	130.1	115.6	89.5	110.3	113.0	126.6	133.7	155.5	144.4	150.5	1525.2
2007	146.0	128.5	133.0	123.9	104.1	106.1	106.9	120.6	139.6	142.9	143.4	150.3	1545.3
2008	135.5	127.7	124.1	123.2	109.8	91.9	115.9	139.3	118.9	131.4	135.3	140.4	1493.4
2009	132.9	116.5	141.6	120.3	128.3	98.8	106.8	126.6	140.7	149.5	144.8	143.8	1550.8
2010	159.9	119.7	132.8	129.5	128.1	120.7	98.4	152.7	146.0	146.6	133.4	133.1	1600.9
2011	128.3	107.4	106.8	138.3	123.5	108.9	111.6	139.4	142.3	126.4	128.8	130.5	1492.2
2012	135.5	100.7	119.6	114.7	144.4	131.2	129.7	141.4	134.5	130.1	138.1	118.3	1538.2
2013	137.9	114.4	136.0	136.9	132.0	107.1	107.6	119.9	138.0	155.9	120.4	150.5	1556.8
PROM	139.5	123.5	132.0	124.0	117.7	106.5	105.9	124.3	128.5	143.4	137.0	140.7	1523.1

D.3. Cálculo mediante el método de OUDIN

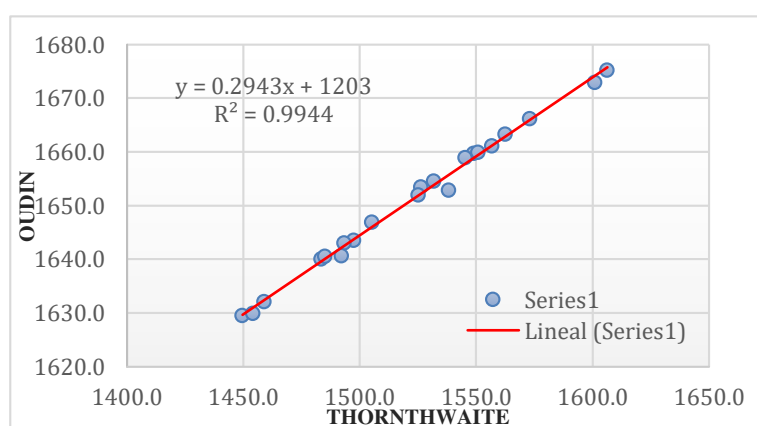
El método de OUDIN calcula la evapotranspiración potencial a partir de la temperatura media y la radiación extraterrestre en función de la latitud, y nos proporciona valores de EVP a nivel mensual y anual.

Figura 109*Radiación solar extraterrestre.*

		INTERPOLACIÓN											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
L.SUPERIOR	-9	16	15.95	15.45	14.2	12.85	12.05	12.35	13.5	14.85	15.7	15.9	15.95
LATITUD	-8.45	15.95	15.92	15.48	14.26	12.93	12.13	12.43	13.56	14.88	15.70	15.85	15.87
L.INFERIOR	-8	15.9	15.9	15.5	14.3	13	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8

Tabla 40*Registro de evapotranspiración – Oudin.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP ANUAL
1993	153.7	143.4	146.3	130.9	118.7	110.5	116.8	127.3	136.8	151.4	152.1	152.2	1640.1
1994	153.0	144.3	146.6	131.7	121.7	105.6	112.2	126.9	136.6	150.9	145.5	154.7	1629.5
1995	154.2	146.1	148.7	132.1	120.7	110.6	117.5	129.0	136.1	154.3	147.4	150.0	1646.9
1996	154.0	145.2	152.1	132.4	119.9	109.0	112.3	128.6	137.2	155.3	143.8	150.8	1640.5
1997	153.5	144.3	152.8	133.2	125.3	106.8	116.8	126.3	141.6	152.7	152.0	158.0	1663.2
1998	157.7	149.1	153.0	137.2	120.3	109.3	118.1	133.0	138.7	152.2	144.2	153.3	1666.1
1999	152.1	141.9	143.4	128.6	118.1	109.7	115.5	127.4	139.1	153.2	149.1	154.1	1632.0
2000	149.1	139.4	146.8	129.6	121.6	108.5	111.9	129.7	139.0	155.9	149.3	149.1	1629.9
2001	154.3	146.7	149.1	131.4	124.2	106.2	115.7	127.2	141.3	156.7	151.4	155.5	1659.7
2002	157.0	145.8	148.9	132.6	122.9	107.9	114.5	127.9	138.4	153.8	149.1	154.7	1653.4
2003	155.1	146.0	148.8	130.7	121.1	109.7	111.2	124.7	131.9	156.9	152.0	155.6	1643.5
2004	157.3	145.9	152.1	135.9	120.3	108.2	114.2	124.5	136.0	154.0	149.6	156.4	1654.5
2005	159.7	147.0	154.3	131.5	126.4	112.8	113.9	131.7	138.4	153.6	151.9	153.9	1675.2
2006	154.8	141.9	148.4	130.3	114.4	110.3	117.4	130.1	140.5	156.8	150.9	156.1	1652.0
2007	156.5	145.3	149.3	132.5	118.7	109.4	116.0	128.7	142.0	153.7	150.7	156.1	1658.9
2008	153.6	145.0	146.7	132.2	119.9	105.4	118.1	133.0	136.5	150.5	148.5	153.5	1643.0
2009	153.1	142.0	151.5	131.6	124.7	107.6	116.0	130.2	142.3	155.4	151.0	154.5	1659.9
2010	160.0	143.1	149.4	134.0	124.8	112.9	114.1	136.1	143.6	154.7	148.3	151.9	1672.9
2011	151.6	139.1	141.5	135.9	123.4	109.8	117.0	133.1	142.6	149.1	146.7	150.8	1640.6
2012	153.8	137.2	145.6	130.1	128.2	115.0	121.4	133.6	140.8	150.3	149.3	147.6	1652.8
2013	154.4	141.4	150.1	135.7	125.5	109.7	116.2	128.6	141.6	156.9	144.7	156.2	1661.1
PROM	154.7	143.8	148.8	132.4	121.9	109.3	115.6	129.4	139.1	153.7	148.9	153.6	1651.2

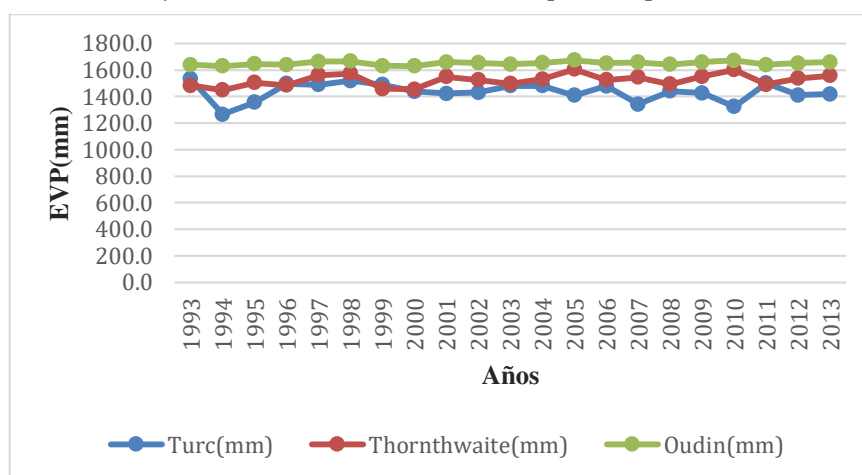
Figura 110*Relación entre la EVP calculada (Thornthwaite – Oudin).*

En el Figura 110 se observa que la evapotranspiración calculada por el método de thornthwaite y oudin tienen una fuerte relación con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9944$.

D.4. Evapotranspiración promedio representativa

Figura 111

Tendencias y relaciones de valores de evapotranspiración.



En el Figura 111 se observa la distribución de la evapotranspiración calculada por los tres métodos, en el cual la distribución por el método de Turc muestran valores inferiores en casi todos los años con respecto a los otros dos métodos, alejándose notablemente en los años 1994, 2007 y 2010, esto podría alterar y generar error en los posteriores cálculos, por otro lado el método de Thornthwaite y Oudin muestra una distribución parecida y los valores de evapotranspiración no se alejan demasiado, así como lo indica el grafico 31 mostrando una relación fuerte con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9944$.

En ese sentido para fines de este presente estudio se optará por promediar los valores calculados por los dos métodos (Thornthwaite y Oudin) y se tomará como la evapotranspiración representativa del área de estudio.

Tabla 41

Evapotranspiración promedio representativa.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP ANUAL
1993	144.9	132.7	134.7	124.6	111.9	111.1	113.8	121.8	128.4	143.0	150.8	144.0	1561.8
1994	143.4	134.9	135.5	126.9	119.5	99.4	103.4	121.1	128.1	142.1	135.2	150.1	1539.5
1995	145.9	139.0	140.0	127.5	116.5	111.4	115.6	125.7	126.7	149.9	139.2	138.8	1576.1
1996	145.5	136.9	148.2	128.2	114.8	107.4	103.4	124.9	129.4	152.4	131.2	140.6	1562.8
1997	143.8	134.4	149.8	129.9	128.1	101.2	113.2	118.6	139.7	145.8	150.2	158.0	1612.8
1998	154.2	146.0	150.3	140.4	115.0	107.2	116.4	135.8	132.3	144.5	131.3	146.1	1619.6
1999	141.2	129.5	128.5	119.7	110.8	109.2	111.0	122.1	133.8	147.3	143.7	148.6	1545.5

2000	134.7	124.3	136.0	121.9	119.2	106.5	102.7	127.8	133.7	154.0	144.0	137.1	1542.0
2001	145.8	140.2	140.6	125.5	125.3	99.9	110.6	121.1	138.9	156.0	148.8	151.5	1604.3
2002	152.5	138.2	140.2	128.6	121.9	104.1	107.9	122.9	131.8	148.6	143.2	149.7	1589.8
2003	148.1	138.6	140.2	124.1	117.6	109.1	100.9	115.5	117.4	156.5	150.4	152.1	1570.5
2004	153.2	138.4	148.1	137.0	115.4	104.9	107.2	114.9	126.3	149.3	144.5	154.0	1593.1
2005	159.3	140.7	153.5	125.3	131.0	116.5	105.8	132.0	131.5	147.9	149.9	147.4	1640.7
2006	147.3	129.1	139.3	122.9	102.0	110.3	115.2	128.4	137.1	156.1	147.6	153.3	1588.6
2007	151.3	136.9	141.1	128.2	111.4	107.7	111.5	124.6	140.8	148.3	147.0	153.2	1602.1
2008	144.6	136.4	135.4	127.7	114.9	98.7	117.0	136.2	127.7	141.0	141.9	146.9	1568.2
2009	143.0	129.3	146.6	125.9	126.5	103.2	111.4	128.4	141.5	152.4	147.9	149.2	1605.4
2010	159.9	131.4	141.1	131.8	126.4	116.8	106.3	144.4	144.8	150.7	140.9	142.5	1636.9
2011	139.9	123.2	124.1	137.1	123.5	109.4	114.3	136.2	142.4	137.7	137.8	140.6	1566.4
2012	144.7	118.9	132.6	122.4	136.3	123.1	125.6	137.5	137.6	140.2	143.7	132.9	1595.5
2013	146.2	127.9	143.1	136.3	128.8	108.4	111.9	124.2	139.8	156.4	132.6	153.4	1609.0
PROM	147.1	133.7	140.4	128.2	119.8	107.9	110.7	126.9	133.8	148.6	142.9	147.2	1587.2

D.5. Evapotranspiración media

Para la determinación de la evapotranspiración media se usaron dos métodos, el método regional y el método de isoyetas.

Se consideró el cálculo de la evapotranspiración multianual con el método de Turc y Oudin, usando datos de temperatura media multianual y precipitación promedio multianual de las estaciones, tal como se muestra en las figuras 112 y 113.

Figura 112

Evapotranspiración estaciones – Turc.

Estación	T° media multianual	PP media multianual	Parámetro Heliotérmico	EVP TURC
Tingo María	24.8	3368.7	1682.6	1520.6
Tulumayo	25.2	2755.9	1730.2	1486.5
Dos de Mayo	26.5	1163.1	1893.0	1029.0
El Maronal	25.9	2028.4	1816.2	1384.2

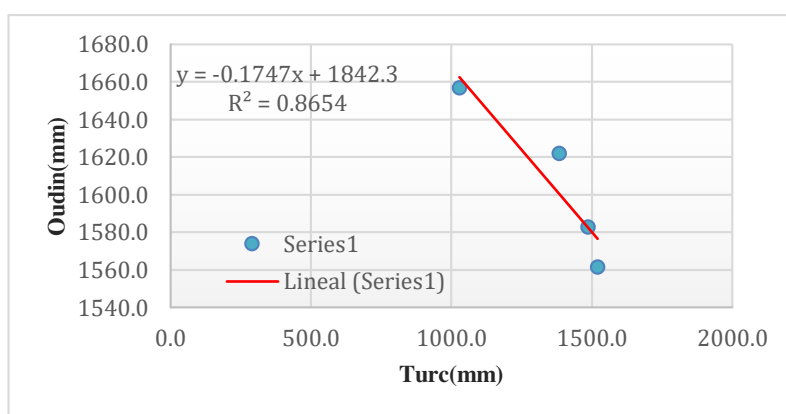
Figura 113

Evapotranspiración estaciones – Oudin.

Estación	T° media multianual	PP media multianual	Radiación extraterrestre	EVP OUDIN
Tingo María	24.8	3368.7	174.6	1561.3
Tulumayo	25.2	2755.9	174.7	1582.8
Dos de Mayo	26.5	1163.1	175.3	1656.7
El Maronal	25.9	2028.4	174.9	1621.7

Figura 114*Evapotranspiración promedio.*

EVP TURC	EVP OUDIN	EVP (Promedio)
1520.6	1561.3	1540.9
1486.5	1582.8	1534.6
1029.0	1656.7	1342.9
1384.2	1621.7	1503.0

Figura 115*Relación entre los métodos (Turc – Oudin).*

En la figura 115 se puede apreciar que los dos métodos utilizados para el cálculo de la evapotranspiración multianual guardan una fuerte relación en cuanto a la dispersión de los datos con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.8654$, esto quiere decir que se puede conocer el valor de uno conociendo el valor de otro mediante la ecuación de regresión y que los valores están relacionados entre sí.

En ese sentido, para fines de este presente estudio se optó por promediar ambos resultados y tomarlo como valor representativo (Ver figura 114).

Se evaluó el grado de asociación entre las variables de evapotranspiración multianual y altitud mediante líneas de tendencia obteniéndose los siguientes resultados.

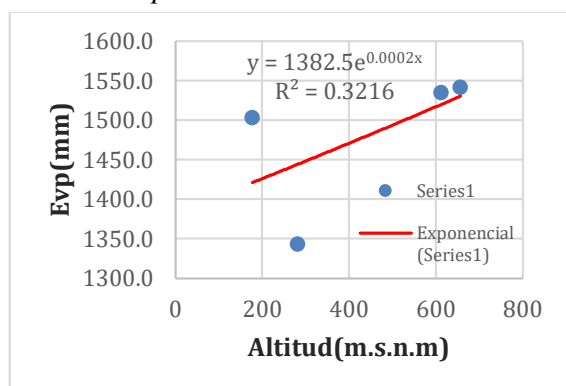
Figura 116

Evaluación de las ecuaciones de regresión – evapotranspiración promedio.

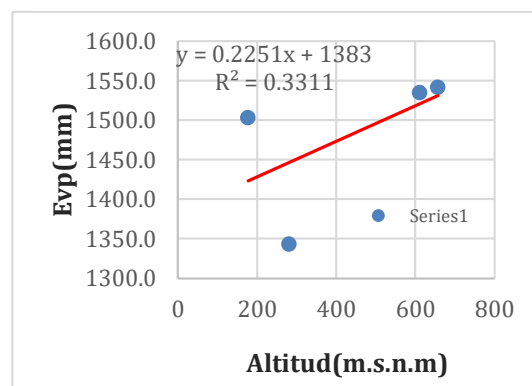
Estación	Altitud (m.s.n.m)	EVP (Promedio)	EVP Ec. Lineal	Error Ec. Lineal	EVP generada Ec. Exponencial	Error Ec. Exponencial	EVP generada Ec. Potencial	Error Ec. Potencial	EVP generada Ec. logarítmica	Error Ec. Logarítmica
Tingo María	657	1540.9	1530.9	-0.7	1576.6	2.3	1517.9	-1.5	1528.0	-0.8
Tulumayo	612	1534.6	1520.8	-0.9	1562.5	1.8	1512.8	-1.4	1523.0	-0.8
Dos de Mayo	282	1342.9	1446.5	7.7	1462.7	8.9	1458.0	8.6	1469.1	9.4
El Maronal	178	1503.0	1423.1	-5.3	1432.6	-4.7	1426.4	-5.1	1437.1	-4.4

Figura 117

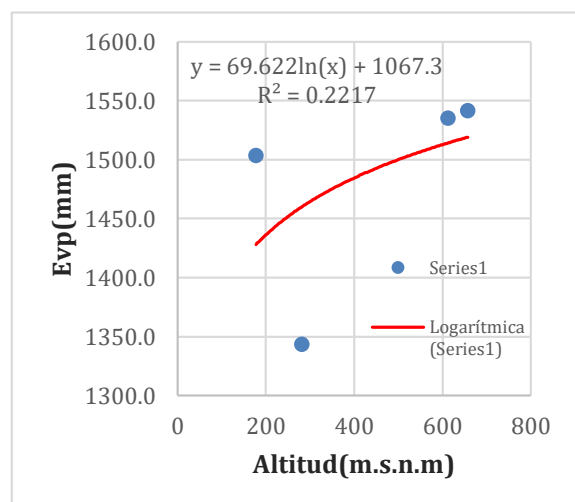
Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Exponencial.

**Figura 118**

Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Lineal.

**Figura 119**

Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Logarítmica.

**Figura 120**

Relación de la evapotranspiración promedio y altitud – Potencial.

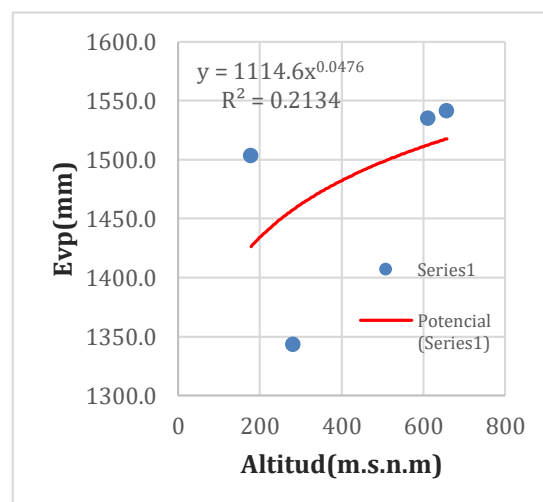
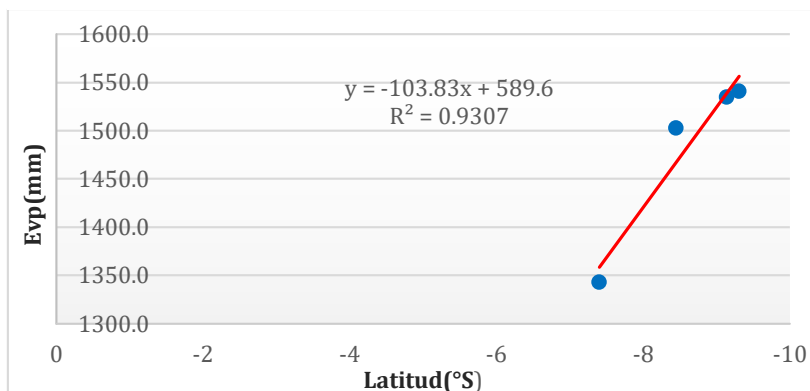


Figura 121

Relación de la evapotranspiración promedio y latitud – Lineal.



De los modelos generados en las figuras 117, 118, 119, 120 se observa que ninguna ofrece una buena correlación, es decir, que las variables evaluadas no tienen una relación significativa que garantice su interrelación.

Adicionalmente se realizó un análisis por regresión múltiple donde se evaluó la relación entre las variables altitud y latitud con respecto a la variable evapotranspiración multianual, siendo la ecuación de la forma:

$$EVP = f(H, L)$$

Donde:

H: representa la altitud.

L: representa la latitud.

En ese sentido, planteamos la ecuación de regresión múltiple siendo la forma general:

$$EVP = A \times X1 + B \times X2 + C$$

Donde:

A, B y C: representan los coeficientes numéricos de la ecuación.

X1, X2: representa la altitud y la latitud.

Se determinó la ecuación múltiple en base a los siguientes datos de las estaciones y variables a considerar:

Figura 122*Datos para la correlación múltiple – EVP.*

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	EVP (Promedio)
Tingo María	657	-9.3102	1540.9
Tulumayo	612	-9.1471	1534.6
Dos de Mayo	282	-7.4071	1342.9
El Maronal	178	-8.4500	1503.0

De la regresión múltiple se obtuvieron los siguientes coeficientes, siendo los siguientes:

A: -0.159

B: -137.519

C: 369.468

La ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$\text{EVP} = -0.159 \cdot \text{ALT} - 137.519 \cdot \text{LAT} + 369.468$$

Con un Coeficiente de correlación múltiple de 0.99 y Coeficiente de determinación R^2 de 0.99.

Donde:

EVP: Evapotranspiración potencial en mm.

ALT: altitud en m.s.n.m.

LAT: latitud en grados decimales.

Figura 123*Error producido por la ecuación múltiple.*

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	EVP (Promedio)	EVP generada Ec.múltiple	Error
Tingo María	657	-9.3102	1540.9	1545.3	0.29%
Tulumayo	612	-9.1471	1534.6	1530.1	-0.30%
Dos de Mayo	282	-7.4071	1342.9	1343.2	0.03%
El Maronal	178	-8.4500	1503.0	1503.2	0.02%

Según la figura 123 se puede apreciar que los errores asociados de la evaluación de la ecuación múltiple son menores de 1% con valores muy similares a los valores de evapotranspiración promedio, por lo tanto, se tomara como el modelo regional.

Figura 124

Datos para el cálculo de la evapotranspiración regional.

Cuenca del río Neshuya	
Altitud media	Latitud del centroide
236.5 m.s.n.m	-8.66687

$$EVP = -0.159 \cdot ALT - 137.519 \cdot LAT + 369.468$$

$$EVP = -0.159 \cdot (236.5) - 137.519 \cdot (-8.66687)$$

$$EVP = 1523.7 \text{ mm}$$

Para la aplicación del método de isolíneas se plotearon 2146 puntos que representarían las estaciones ficticias del área de estudio y mediante el modelo regional múltiple se calcularon los valores de evapotranspiración potencial para cada punto para luego interpolar con el método de kriging.

Posteriormente se calculó la evapotranspiración media utilizando las áreas parciales entre isolínea mediante la siguiente ecuación:

$$EVP_{media} = \frac{\sum (A_i \cdot EVP_{mi})}{A_t}$$

Dónde:

A_i : Área parcial entre isolínea.

EVP_{mi} : Evapotranspiración media entre dos isolíneas.

A_t : Área total de la cuenca Neshuya.

Tabla 42*Evapotranspiración media por áreas parciales.*

Evapotranspiración(mm)	Evapotranspiración media (EVPm)	Área parcial (Ai)	Ai*EVPmi
1493	1500	1496.5	30.0
1500	1510	1505	109.7
1510	1520	1515	217.7
1520	1530	1525	278.6
1530	1540	1535	216.8
1540	1547	1543.5	94.3
		947.2	1443090.8

$$EVP_{media} = \frac{1443090.8}{947.2}$$

$$EVP_{media} = 1523.6 \text{ mm}$$

Se calculó la evapotranspiración media representativa mediante el promedio de la evapotranspiración media calculada por ambos métodos (Modelo regional y Áreas parciales).

Figura 125*Evapotranspiración media representativa.*

Modelo regional	Áreas parciales
1523.7 mm	1523.6 mm

$$EVP_{media R} = \frac{1523.7 + 1523.6}{2}$$

$$EVP_{media R} = 1523.67 \text{ mm}$$

E. Análisis de datos pisco y datos generados.

Mediante el software R y Rstudio se descargaron los datos de precipitación, temperatura media, evapotranspiración a nivel de punto y areal del área de estudio a partir de los datos grillados pisco con la finalidad de conocer la relación o concordancias entre los datos generados y descargados (SENAMHI), se procedió a analizar la distribución de las medias y los datos anuales de las variables precipitación, temperatura y evapotranspiración.

E.1. Análisis de las medias multimensuales

En este apartado se analizan los datos multimensuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración obtenidos mediante datos de estaciones meteorológicas con respecto a los datos grillados pisco con la finalidad de conocer el grado de comportamiento y relación entre ellas.

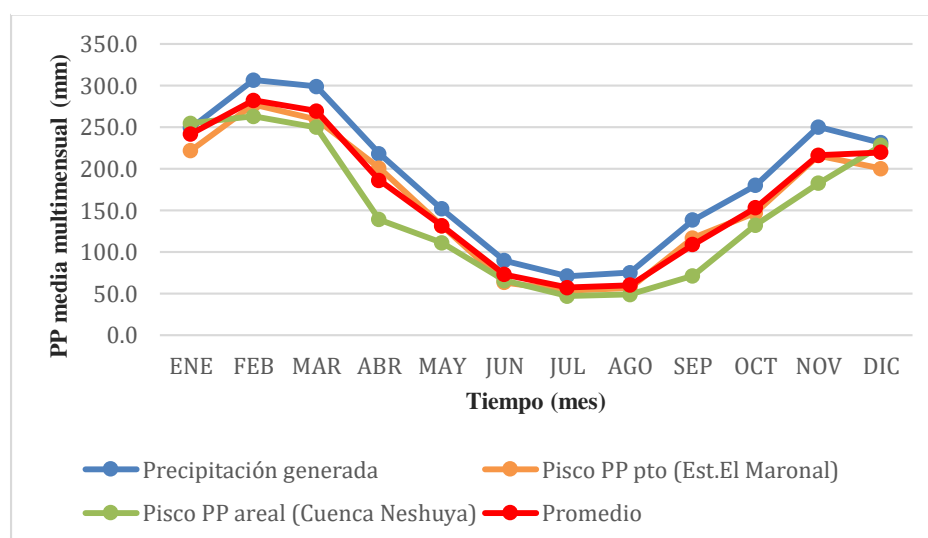
Figura 126

Datos multimensuales de precipitación media (Pisco – generada).

Tipo		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación generada	PP media multimensual	249.5	306.7	299.2	218.1	151.8	89.8	71.1	75.1	138.2	180.0	250.3	231.3
Pisco PP pto (Est.El Maronal)	PP media multimensual	222.1	277.4	259.7	201.0	131.8	63.4	53.5	56.8	116.9	146.9	216.1	200.4
Pisco PP areal (Cuenca Neshuya)	PP media multimensual	254.8	263.1	250.1	139.2	111.2	65.6	46.9	48.8	71.2	132.3	182.8	228.2
Promedio		242.1	282.4	269.6	186.1	131.6	72.9	57.1	60.2	108.8	153.1	216.4	220.0

Figura 127

Distribución de precipitación media multimensual (Pisco – generada).



En la figura 127 se puede observar que los datos de precipitación generada, pisco a nivel de punto y areal siguen la misma distribución que los valores promedios, y los valores al estar muy cercanos a la media indicaría que existe una buena relación y concordancia entre los datos

de diferente fuente, cabe resaltar que las medias con respecto a los datos pisco a nivel de punto son casi iguales.

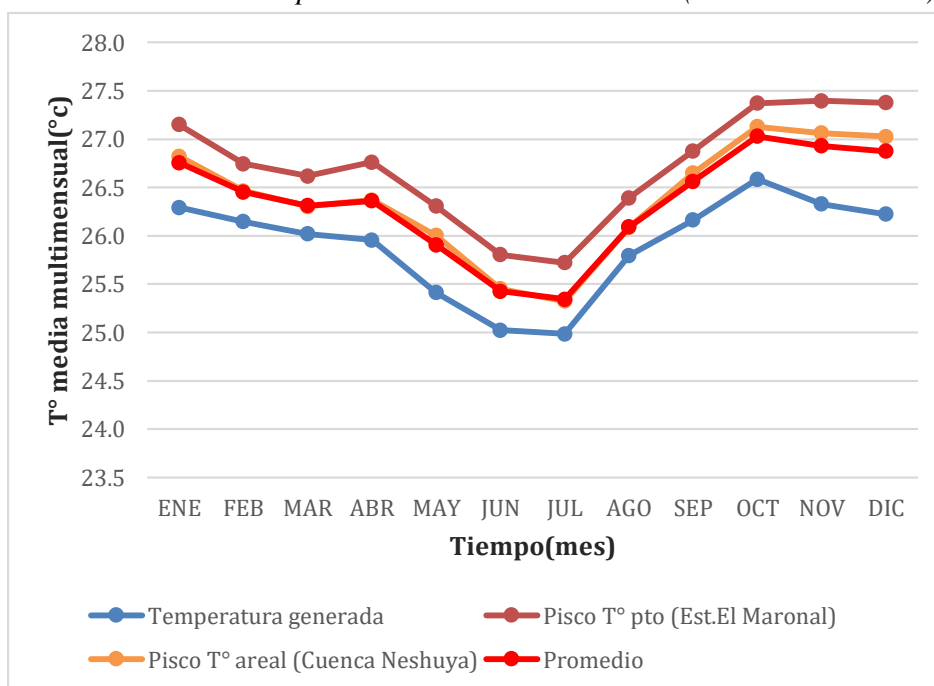
Figura 128

Datos multimensuales de temperatura media (Pisco- generada).

Tipo		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura generada	T° Media multimensual	26.3	26.1	26.0	26.0	25.4	25.0	25.0	25.8	26.2	26.6	26.3	26.2
Pisco T° pto (Est.El Maronal)	T° Media multimensual	27.1	26.7	26.6	26.8	26.3	25.8	25.7	26.4	26.9	27.4	27.4	27.4
Pisco T° areal (Cuenca Neshuya)	T° Media multimensual	26.8	26.5	26.3	26.4	26.0	25.5	25.3	26.1	26.6	27.1	27.1	27.0
Promedio		26.8	26.5	26.3	26.4	25.9	25.4	25.3	26.1	26.6	27.0	26.9	26.9

Figura 129

Distribución de la temperatura media multimensual (Pisco – Generada).



En la figura 129 se puede observar que los datos de temperatura media generada, los datos pisco a nivel de punto y areal siguen una misma distribución a los valores promedios,

mientras que los datos a nivel areal de temperatura son casi similares a la media. La amplitud de los datos a la media de la temperatura generada en promedio seria 0.5°C generando una diferencia significativa.

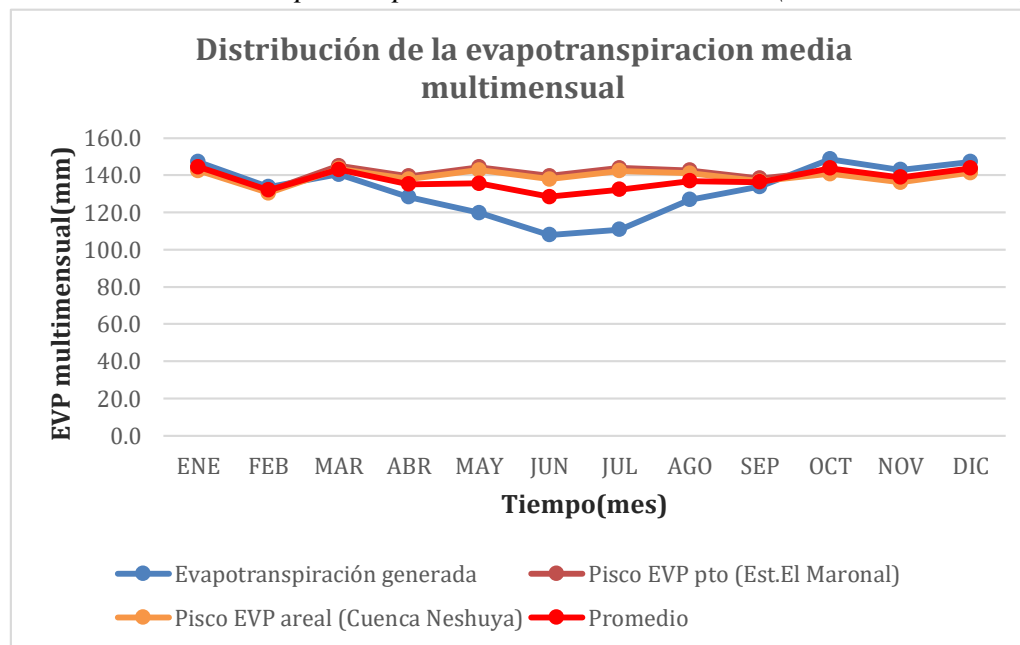
Figura 130

Datos multimensuales de evapotranspiración media (Pisco- generada).

Tipo		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Evapotranspiración generada	EVP Media multimensual	147.1	133.7	140.4	128.2	119.8	107.9	110.7	126.9	133.8	148.6	142.9	147.2
Pisco EVP pto (Est.El Maronal)	EVP Media multimensual	143.8	131.8	145.0	139.4	144.3	139.6	143.8	142.6	138.2	142.2	137.5	142.8
Pisco EVP areal (Cuenca Neshuya)	EVP Media multimensual	142.4	130.5	143.4	137.9	142.8	137.9	142.2	141.0	136.7	140.7	136.2	141.3
Promedio		144.4	132.0	143.0	135.1	135.6	128.5	132.3	136.8	136.2	143.8	138.9	143.8

Figura 131

Distribución de la evapotranspiración media multimensual (Pisco – Generada).



En la figura 131 se puede observar que los datos pisco a nivel areal y punto de evapotranspiración siguen una distribución casi parecida a la media de los datos, por otro lado se observa que la evapotranspiración generada en los meses de enero, febrero, marzo, octubre,

noviembre y diciembre existe una fuerte concordancia con la media, sin embargo, entre los meses de abril y septiembre se observa un gran distanciamiento de la media muy por debajo en aproximadamente 25 mm.

E.2. Análisis de los datos anuales

En este apartado se analizan los datos anuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración obtenidos mediante datos de estaciones meteorológicas con respecto a los datos grillados pisco con la finalidad de conocer el grado de comportamiento y relación entre ellas.

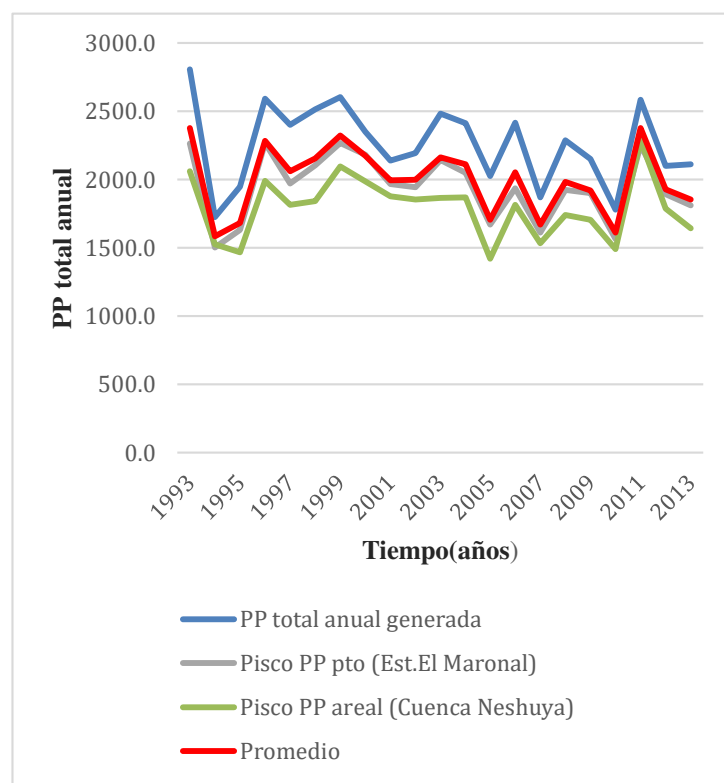
Tabla 43

Datos de precipitación total anual (Pisco- generada).

Año	PP total anual generada	Pisco PP pto (Est.El Maronal)	Pisco PP areal (Cuenca Neshuya)	Promedio
1993	2805.3	2265.7	2061.1	2377.4
1994	1723.3	1503.1	1525.9	1584.1
1995	1946.6	1632.8	1465.6	1681.7
1996	2593.1	2267.3	1990.5	2283.7
1997	2398.6	1972.3	1816.4	2062.4
1998	2514.3	2103.1	1843.0	2153.5
1999	2604.0	2268.9	2097.2	2323.3
2000	2350.6	2182.8	1985.9	2173.1
2001	2137.2	1966.0	1876.8	1993.3
2002	2194.6	1945.6	1855.0	1998.4
2003	2482.9	2143.6	1864.7	2163.8
2004	2412.5	2048.1	1871.4	2110.7
2005	2023.9	1672.1	1419.5	1705.2
2006	2414.4	1934.7	1814.0	2054.4
2007	1869.2	1611.9	1534.3	1671.8
2008	2287.0	1925.9	1740.1	1984.3
2009	2151.0	1900.5	1705.6	1919.1
2010	1780.0	1566.4	1491.6	1612.7
2011	2584.3	2253.4	2288.1	2375.3
2012	2099.9	1893.5	1787.6	1927.0
2013	2111.2	1809.5	1644.8	1855.2

Figura 132

Distribución de la precipitación total anual (Pisco-generada).



En la figura 132 se puede observar que los datos pisco a nivel de punto de precipitación de las coordenadas de donde se ubica la estación El Maronal (Estación representativa) son casi iguales a los valores promedios de precipitación, mientras que los valores de precipitación generada siguen una distribución casi simular en forma, pero no en amplitud, diferenciándose entre sí en 200 mm aproximadamente.

Tabla 44

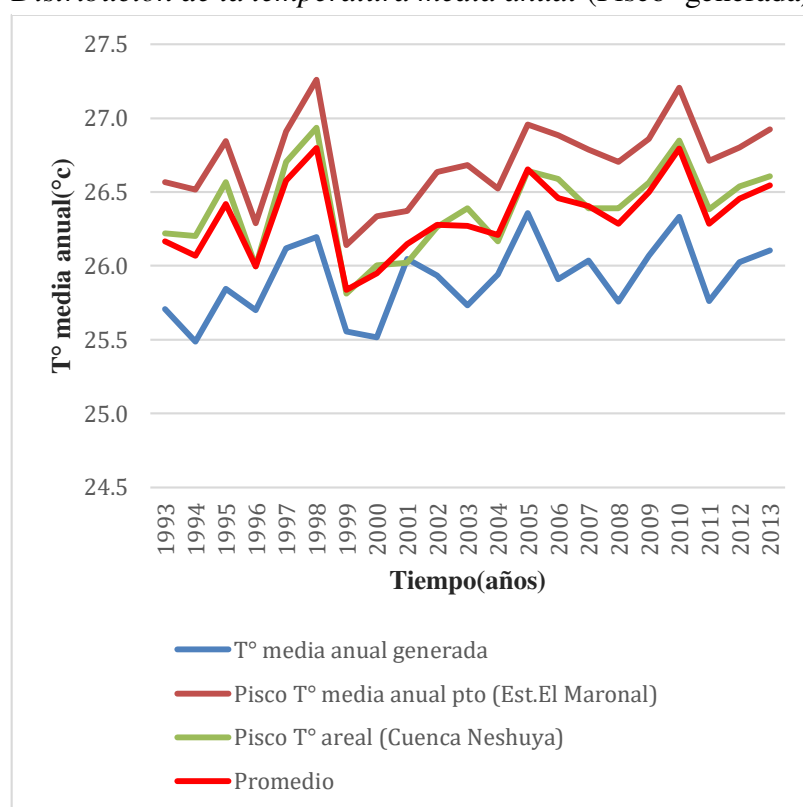
Datos de la temperatura media anual (Pisco- generada).

Año	T° media anual generada	Pisco T° media anual pto (Est.El Maronal)	Pisco T° areal (Cuenca Neshuya)	Promedio
1993	25.7	26.6	26.2	26.2
1994	25.5	26.5	26.2	26.1
1995	25.8	26.8	26.6	26.4
1996	25.7	26.3	26.0	26.0
1997	26.1	26.9	26.7	26.6
1998	26.2	27.3	26.9	26.8
1999	25.6	26.1	25.8	25.8

2000	25.5	26.3	26.0	26.0
2001	26.0	26.4	26.0	26.1
2002	25.9	26.6	26.3	26.3
2003	25.7	26.7	26.4	26.3
2004	25.9	26.5	26.2	26.2
2005	26.4	27.0	26.6	26.7
2006	25.9	26.9	26.6	26.5
2007	26.0	26.8	26.4	26.4
2008	25.8	26.7	26.4	26.3
2009	26.1	26.9	26.6	26.5
2010	26.3	27.2	26.8	26.8
2011	25.8	26.7	26.4	26.3
2012	26.0	26.8	26.5	26.5
2013	26.1	26.9	26.6	26.5

Figura 133

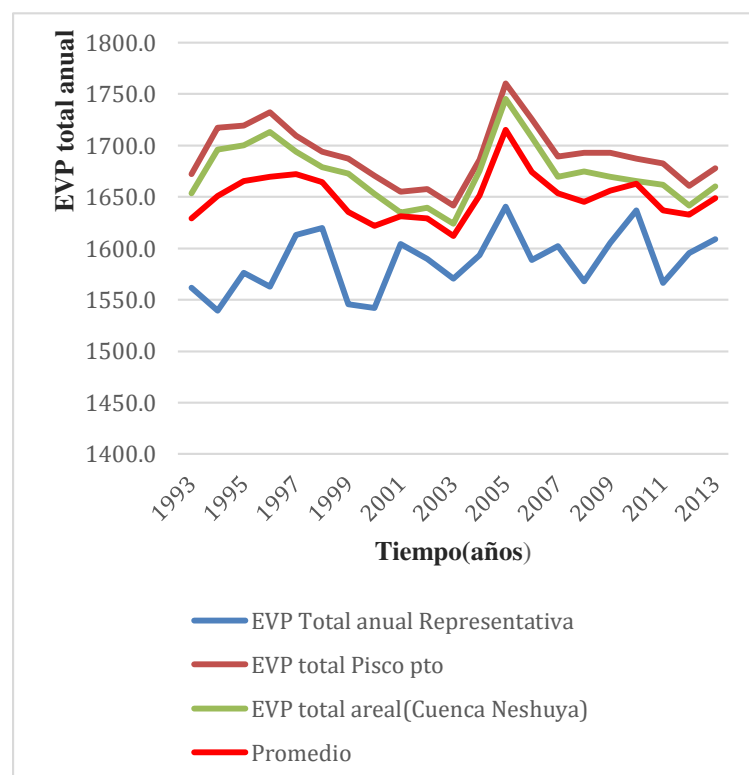
Distribución de la temperatura media anual (Pisco- generada).



En la figura 133 se puede observar que los valores pisco a nivel areal de temperatura son casi similares a la distribución de los valores promedios de temperatura, mientras que la temperatura media anual generada sigue una distribución similar en forma, pero en amplitud difieren en aproximadamente 0.8 °C.

Tabla 45*Datos de evapotranspiración total anual (Pisco – generado).*

Año	EVP Total anual Representativa	EVP total Pisco pto	EVP total areal(Cuenca Neshuya)	Promedio
1993	1561.8	1672.0	1653.6	1629.1
1994	1539.5	1717.5	1696.2	1651.1
1995	1576.1	1719.6	1700.3	1665.3
1996	1562.8	1732.3	1713.2	1669.4
1997	1612.8	1709.5	1693.9	1672.1
1998	1619.6	1693.9	1679.0	1664.2
1999	1545.5	1687.4	1672.7	1635.2
2000	1542.0	1670.6	1652.9	1621.8
2001	1604.3	1654.8	1634.9	1631.3
2002	1589.8	1657.7	1639.6	1629.0
2003	1570.5	1641.7	1624.2	1612.1
2004	1593.1	1686.4	1675.1	1651.5
2005	1640.7	1760.3	1745.3	1715.4
2006	1588.6	1725.7	1708.0	1674.1
2007	1602.1	1689.2	1669.7	1653.7
2008	1568.2	1693.1	1674.9	1645.4
2009	1605.4	1692.7	1669.8	1656.0
2010	1636.9	1687.0	1665.3	1663.1
2011	1566.4	1682.6	1661.6	1636.9
2012	1595.5	1660.8	1641.7	1632.7
2013	1609.0	1677.7	1660.1	1649.0

Figura 134*Distribución de la evapotranspiración total anual.*

En la figura 134 se puede observar que los datos de evapotranspiración areal pisco siguen una distribución casi similar a los valores promedios de evapotranspiración, mientras que la evapotranspiración representativa de nuestra área de estudio está por debajo de los valores promedios alejándose entre sí en 150 mm aproximadamente.

F. Calculo del caudal

Para el cálculo del caudal se realizó el balance hidrológico según la ecuación de balance y obtener la esorrentía y a partir de ello calcular el caudal medio en m³/s.

$$P = E + Q + \Delta W$$

Donde P es la precipitación en mm, E es la evaporación en mm y Q es esorrentía en mm y ΔW representa las variaciones en el almacenamiento.

Depreciando las variaciones de almacenamiento y dándole forma quedaría de la siguiente manera:

$$P - E = Q$$

Donde P es la precipitación en mm, E es la evaporación en mm y Q es esorrentía en mm.

En ese sentido se procedió a realizar el balance hidrológico a nivel anual desde el año 1993 al 2013 con los datos previamente generados en los cálculos previos.

Tabla 46

Balance hídrico de la cuenca Neshuya.

Año	PP total anual (mm)	EVP total anual (mm)	V (mm)	E(mm)
1993	2805.3	1561.8	0.0	1243.5
1994	1723.3	1539.5	0.0	183.8
1995	1946.6	1576.1	0.0	370.5
1996	2593.1	1562.8	0.0	1030.3
1997	2398.6	1612.8	0.0	785.8
1998	2514.3	1619.6	0.0	894.7
1999	2603.9	1545.5	0.0	1058.5
2000	2350.6	1542.0	0.0	808.6
2001	2137.2	1604.3	0.0	532.9
2002	2194.6	1589.8	0.0	604.8
2003	2482.9	1570.5	0.0	912.4
2004	2412.5	1593.1	0.0	819.4

2005	2023.9	1640.7	0.0	383.2
2006	2414.4	1588.6	0.0	825.9
2007	1869.2	1602.1	0.0	267.1
2008	2287.0	1568.2	0.0	718.8
2009	2151.0	1605.4	0.0	545.7
2010	1780.0	1636.9	0.0	143.1
2011	2584.3	1566.4	0.0	1017.9
2012	2099.9	1595.5	0.0	504.3
2013	2111.2	1609.0	0.0	502.2

Con el valor de escorrentía calculado procedemos a calcular el caudal medio anual con la siguiente formula:

$$Q = \frac{ExA}{T}$$

Donde:

Q: caudal medio anual (m3/s).

E: escorrentía anual (mm).

A: área de la cuenca (km2).

T: tiempo(s).

Se mostrará un ejemplo de cálculo para el año 1993

$$Q = \frac{1243.5 \text{ mm} \times 947.2 \text{ km}^2}{31536000 \text{ s}} \times \frac{10^6 \text{ m}^2}{1 \text{ km}^2} \times \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}}$$

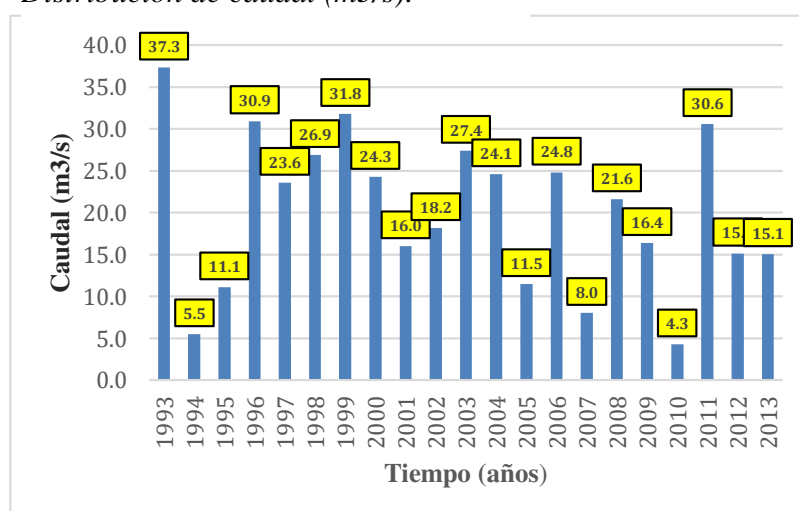
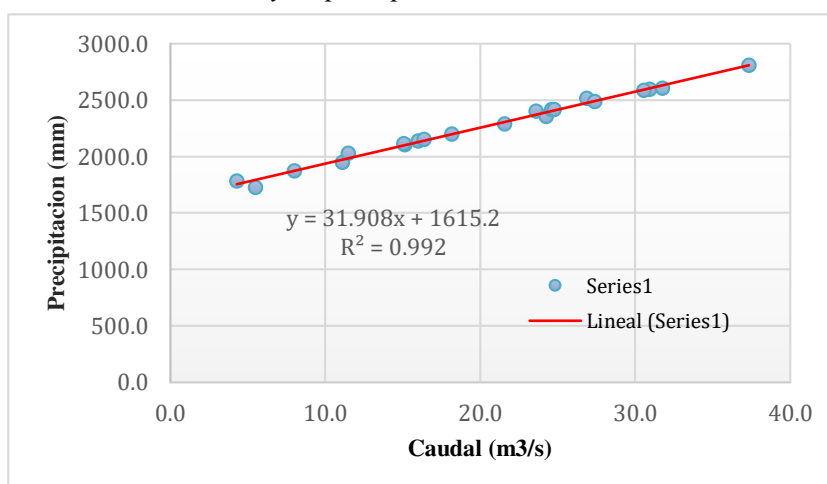
$$Q = 37.3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \rightarrow 37350.0 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Tabla 47

Caudal anual

Año	E(mm)	Caudal (m3/s)
1993	1243.5	37.3
1994	183.8	5.5
1995	370.5	11.1
1996	1030.3	30.9
1997	785.8	23.6
1998	894.7	26.9
1999	1058.5	31.8
2000	808.6	24.3
2001	532.9	16.0

2002	604.8	18.2
2003	912.4	27.4
2004	819.4	24.1
2005	383.2	11.5
2006	825.9	24.8
2007	267.1	8.0
2008	718.8	21.6
2009	545.7	16.4
2010	143.1	4.3
2011	1017.9	30.6
2012	504.3	15.1
2013	502.2	15.1

Figura 135*Distribución de caudal (m3/s).***Figura 136***Relación del caudal y la precipitación.*

En la figura 136 se puede observar que existe una fuerte relación entre la precipitación generada y el caudal generado con un coeficiente de determinación de 0.992, lo que indicaría que los caudales se ven condicionados en gran medida por el nivel de precipitación en una determinada área.

G. Rendimiento hídrico

El cálculo del rendimiento hídrico se realizó mediante la siguiente formula:

$$RH = \frac{Q}{A}$$

Donde:

RH: rendimiento hídrico (L/s/km²).

Q: caudal medio anual (L/s).

A: área de la cuenca (km²).

Se mostrará un ejemplo de cálculo para el año 1993:

$$RH = \frac{37350.0 \text{ L/s}}{947.2 \text{ km}^2}$$

$$RH = 39.4 \text{ L/s/km}^2$$

Tabla 48

Datos de rendimiento hídrico.

Año	Caudal (L/s)	Rendimiento hídrico (L/s/km ²)
1993	37350.0	39.4
1994	5519.2	5.8
1995	11128.1	11.7
1996	30947.0	32.7
1997	23601.8	24.9
1998	26873.4	28.4
1999	31792.0	33.6
2000	24286.7	25.6
2001	16006.5	16.9
2002	18166.1	19.2
2003	27403.8	28.9
2004	24611.8	26.0
2005	11509.7	12.2
2006	24805.6	26.2
2007	8023.5	8.5

2008	21590.9	22.8
2009	16389.9	17.3
2010	4299.4	4.5
2011	30574.9	32.3
2012	15148.4	16.0
2013	15085.4	15.9

H. Escorrentía media

Para la determinación de la escorrentía media se usaron dos métodos, el método regional y el método de isoclinas de escorrentía.

Se evaluó el grado de asociación entre las variables de escorrentía y altitud mediante líneas de tendencia obteniéndose los siguientes resultados.

Figura 137

Evaluación de las ecuaciones de regresión – escorrentía.

Estación	Altitud (m.s.n.m.)	PP total multianual	EVP TURC	E(m m)	E generada Ec. Lineal	Error Ec. Lineal	E generada Ec. Exponencial	Error Ec. Exponencial	E generada Ec. Potencial	Error Ec. Potencial	E generada Ec. Logarítmica	Error Ec. Logarítmica
Tingo María	657	3368.7	1520.6	1848.1	1581.4	-14.4	1475.0	-20.2	1271.1	-31.2	1626.4	-12.0
Tuluma	612	2755.9	1486.5	1269.4	1459.8	15.0	1260.1	-0.7	1171.5	-7.7	1558.3	22.8
Dos de Mayo	282	1163.1	1029.0	134.0	567.8	323.6	397.0	196.2	480.4	258.4	813.9	507.2
El Maronal	178	2028.4	1384.2	644.2	286.7	-55.5	275.9	-57.2	283.0	-56.1	371.9	-42.3

Figura 138

Relación de la escorrentía multianual y altitud – Lineal.

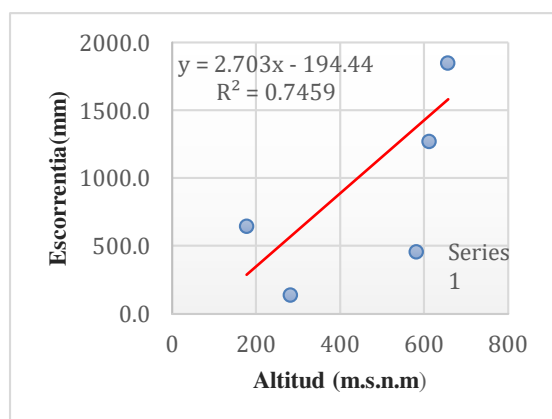


Figura 139

Relación de la escorrentía multianual y altitud – Exponencial.

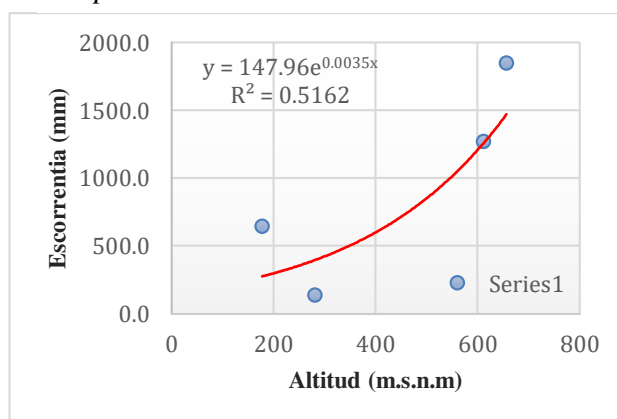
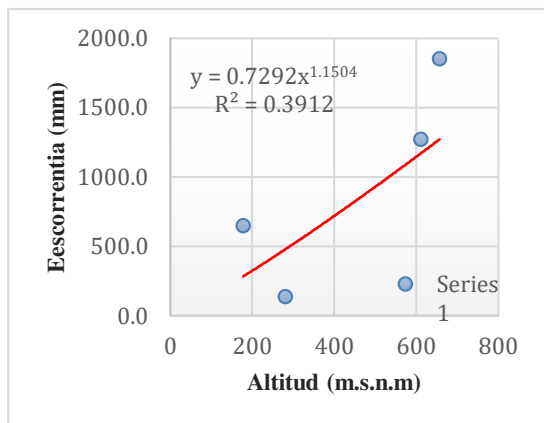
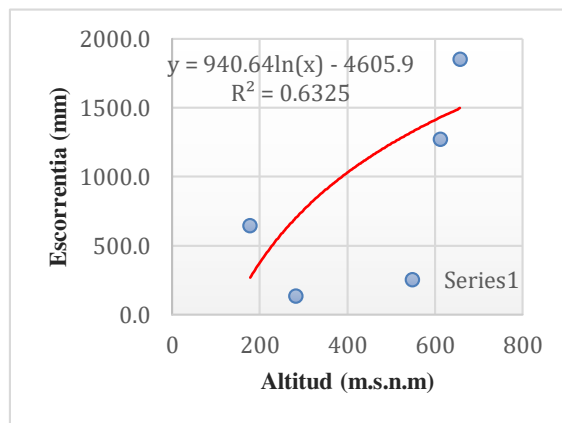


Figura 140

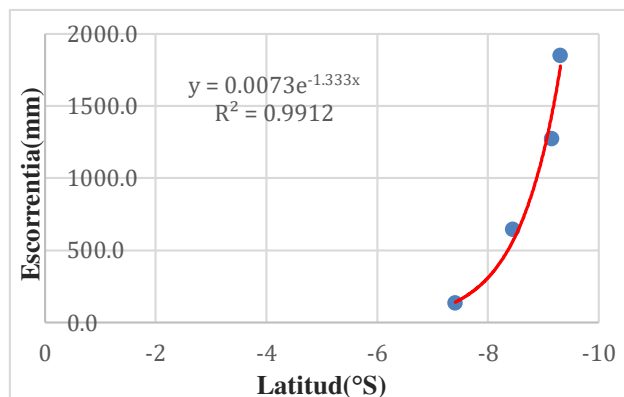
Relación de la esorrentía multianual y altitud – Potencial.

**Figura 141**

Relación de la esorrentía multianual y altitud – Logarítmico.

**Figura 142**

Relación de la esorrentía multianual y latitud – exponencial.



De la evaluación de las ecuaciones de tendencia generadas a partir de los datos de la figura 137 se puede observar que los errores asociados son muy significativos alejándose fuertemente del valor real con respecto al valor generado.

Adicionalmente se realizó un análisis por regresión múltiple donde se evaluó la relación entre las variables altitud y latitud con respecto a la variable esorrentía multianual, siendo la ecuación de la forma:

$$E = f(H, L)$$

Donde:

H: representa la altitud.

L: representa la latitud.

En ese sentido, planteamos la ecuación de regresión múltiple siendo la forma general:

$$E=A \times X1+B \times X2+C$$

Donde:

A, B y C: representan los coeficientes numéricos de la ecuación.

X1, X2: representa la altitud y la latitud.

Se determinó la ecuación múltiple en base a los siguientes datos de las estaciones y variables a considerar:

Figura 143

Datos para generar la ecuación múltiple.

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	PP total multianual	EVP TURC	E(mm)
Tingo María	657	-9.31017	3368.706667	1520.6	1848.1
Tulumayo	612	-9.14706	2755.885238	1486.5	1269.4
Dos de Mayo	282	-7.40711	1163.076667	1029.0	134.0
El Maronal	178	-8.45	2028.38619	1384.2	644.2

De la regresión múltiple se obtuvieron los siguientes coeficientes, siendo los siguientes:

A: 1.032

B: -597.683

C: -4599.554

La ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$E=1.032*ALT-597.683*LAT-4599.554$$

Con un Coeficiente de correlación múltiple de 0.97 y Coeficiente de determinación R^2 de 0.94.

Donde:

E: escorrentía en mm.

ALT: altitud en m.s.n.m.

LAT: latitud en grados decimales.

Figura 144

Error generado por la ecuación múltiple.

Estación	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	PP total multianual	EVP TURC	E(mm)	E generada múltiple	Error
Tingo María	657	-9.31017	3368.7	1520.6	1848.1	1643.0	-11.1
Tulumayo	612	-9.14706	2755.9	1486.5	1269.4	1499.1	18.1
Dos de Mayo	282	-7.40711	1163.1	1029.0	134.0	118.6	-11.5
El Maronal	178	-8.45000	2028.4	1384.2	644.2	634.6	-1.5

De la evaluación de la ecuación múltiple se puede observar que los errores asociados no son significativos con respecto al valor generado y valor real de escorrentía, en ese sentido, se puede decir que la ecuación múltiple genera una buena correlación con las variables relacionadas (altitud, latitud y escorrentía) con un coeficiente de correlación múltiple de 0.97 y coeficiente de determinación R^2 de 0.94.

Figura 145

Datos para el cálculo de la escorrentía media.

Cuenca del río Neshuya	
Altitud media	Latitud del centroide
236.5 m.s.n.m	-8.66687

$$E = 1.032 \cdot ALT - 597.683 \cdot LAT - 4599.554$$

$$E = 1.032 \cdot (236.5) - 597.683 \cdot (-8.66687) - 4599.554$$

$$E = 824.6 \text{ mm}$$

Para la aplicación del método de isoclinas de escorrentía se plotearon 2146 puntos que representarían las estaciones ficticias del área de estudio y mediante el modelo regional múltiple se calcularon los valores de escorrentía para cada punto para luego interpolar con el método de kriging.

Posteriormente se calculó la escorrentía media utilizando las áreas parciales entre isoclinas mediante la siguiente ecuación:

$$E_{media} = \frac{\sum (A_i \cdot E_{mi})}{A_t}$$

Dónde:

A_i : Área parcial entre isoclinas.

Emi : escorrentía media entre dos isolíneas.

At: Área total de la cuenca Neshuya.

Tabla 49

Escorrentía media por áreas parciales.

Escorrentía(mm)		Escorrentía promedio(Em)	Área parcial (Ai)	Ai*Emi
610	650	630	29.3	18483.1
650	700	675	64.7	43645.8
700	750	725	111.2	80589.6
750	800	775	162.4	125862.3
800	850	825	181.9	150056.0
850	900	875	164.9	144277.9
900	950	925	171.1	158307.3
950	1000	975	61.7	60129.8
			947.15	781351.7

$$E_{media} = \frac{781351.7}{947.15}$$

$$E_{media} = 825.0 \text{ mm}$$

Se calculó la escorrentía media representativa mediante el promedio de la escorrentía media calculada por ambos métodos (Modelo regional y Áreas parciales).

Figura 146

Escorrentía media representativa.

Modelo regional	Áreas parciales
824.6 mm	825.0 mm

$$E_{media R} = \frac{824.6+825.0}{2}$$

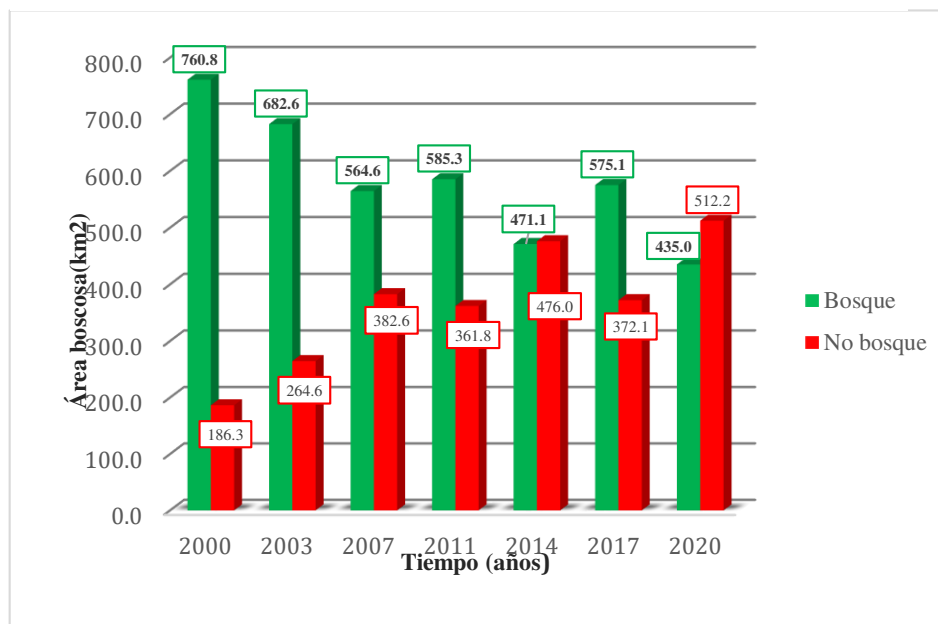
$$E_{media R} = 824.8 \text{ mm}$$

IV. RESULTADOS

4.1. Área de bosque y no bosque

Figura 147

Dinámica de la cobertura boscosa.



En la figura 148 se puede observar el marcado retroceso de la cobertura boscosa y aumento de áreas de no bosque. Para el periodo 2000 – 2003 se observa que el bosque tropical disminuyó de 760.8 km² a 682.6 km² representando una pérdida de 78.2 km² equivalentes al 8.3% del área total de la cuenca Neshuya, para el periodo 2003 – 2007 la pérdida de bosque tropical disminuyó de 682.4 km² a 564.6 km² representando una pérdida de 118 km² equivalentes al 12.5% del área total de la cuenca Neshuya, para el periodo 2007 – 2011 se observa un incremento del bosque tropical pasando de 564.6 km² a 585.3 km² aumentando en 20.8 km² equivalentes al 2.2% del área total del cuenca Neshuya, por otro lado en el periodo 2011 – 2014 se presentó una disminución de bosque tropical pasando de 585.3 km² a 471.1 km² representando una pérdida de 114.2 km² equivalentes al 12.1% del área total de la cuenca Neshuya, para el periodo 2014 – 2017 se presentó un aumento del bosque tropical pasando de 471.1 km² a 575.1 km² incrementándose en 104 km² representando el 11% del área total de la

cuenca Neshuya, para el periodo 2017-2020 se observa una reducción de bosque tropical pasando de 575.1 km² a 435 km² experimentando una disminución de 140.2 km² representando un 14.8 % del área total de la cuenca. Finalmente considerando desde el inicio al final del periodo de estudio, es decir del año 2000 al 2020 presentó una disminución de cobertura boscosa pasando de 760.8 km² para el año 2000 a 435 km² para el año 2020 reduciéndose en 325.8 km² representando el 34.4% de la cuenca Neshuya.

4.2. Tasa de cambio anual de la deforestación de la cobertura boscosa

Figura 148

Tasa de cambio anual s y r.

Periodo	s (% anual)	r (% anual)	Promedio	Tipo de actividad
2000-2003	-0.036	-0.036	-0.036	Deforestación
2003-2007	-0.046	-0.047	-0.047	Deforestación
2007-2011	0.009	0.009	0.009	Reforestación
2011-2014	-0.070	-0.072	-0.071	Deforestación
2014-2017	0.069	0.066	0.068	Reforestación
2017-2020	-0.089	-0.093	-0.091	Deforestación
2000-2020	-0.028	-0.028	-0.028	Deforestación

En la figura 149 se puede observar el cálculo de la tasa de cambio anual calculada según la fórmula propuesta por FAO y Puyravaud, mostrando resultados muy similares, para el periodo 2000/2003 se calculó la misma tasa de cambio anual según FAO y Puyravaud con un valor de -0.036% anual, para el periodo 2000/2007 se calculó según FAO un valor de tasa de cambio anual de -0.046% mientras que según Puyravaud de -0.047%, para el periodo 2007/2011 se calculó una tasa cambio anual de 0.009% resultando el mismo valor según formula de FAO y Puyravaud , para el periodo 2014/2017 se calculó una tasa de cambio anual de 0.069% según la fórmula de FAO mientras que según la fórmula de Puyravaud se estimó un valor 0.066%, para el periodo 2017/2020 se calculó una tasa de cambio anual de -0.089% según la fórmula de FAO y para la fórmula de Puyravaud se calculó un valor de -0.093%. Finalmente para el periodo

de estudio del 2000/2020 se calculó una tasa de cambio anual de -0.028% siendo el mismo valor según FAO y Puyravaud.

4.3. Caudales de la cuenca Neshuya

Los caudales de la cuenca Neshuya fueron generados a partir de un balance hídrico superficial, depreciando las variaciones de almacenamiento, para ello, se tuvo que calcular tres variables para todo el periodo de análisis (1993-2013) siendo: precipitación, evapotranspiración potencial y escurrimiento.

La precipitación total anual del periodo de estudio para la cuenca Neshuya se determinó a partir de cuatro estaciones meteorológicas (Tingo María, Tulumayo, El Maronal y Dos de Mayo) ubicadas afuera del área de estudio, estos datos fueron sometidos a un análisis gráfico, prueba de normalidad y análisis confirmatorio mediante pruebas estadísticas de carácter paramétrico y no paramétrico, con la finalidad de encontrar la existencia o no de un cambio y/o tendencia y homogeneidad de la serie para así tener la confianza que se está trabajando con data confiable, y mediante la regionalización y el método adimensional generar registro de precipitación a nivel mensual y anual para nuestra área de estudio, adicionalmente mediante el método regional y áreas parciales de isoyeta se determinó una precipitación promedio de 2261.2 mm.

La temperatura es una variable que se usó para el cálculo de la evapotranspiración, ya que, las formulas usadas involucran dentro de su estructura este parámetro, para ello, se usó el registro de temperatura de la estación El Maronal, ya que, esta estación está muy próxima al área de estudio y la temperatura media representativa de 26.1°C del área de estudio calculados a partir del método regional y áreas parciales de isotermas está muy próximo a 25.9°C que es la temperatura media multianual de la estación El Maronal, así mismo la altitud de la estación

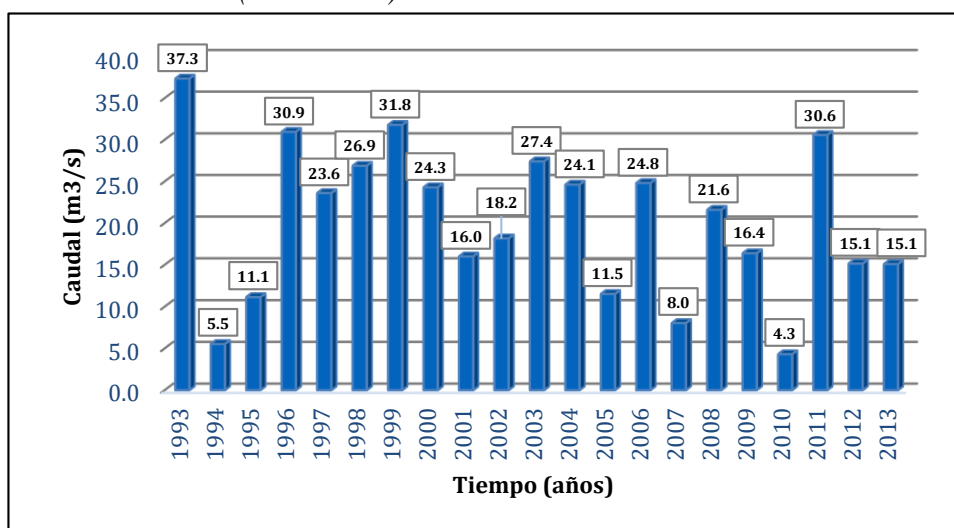
con respecto a la altitud media de la cuenca solo difieren en 58.5 metros generando características climatológicas semejantes.

La evapotranspiración se calculó por tres métodos Turc, Thornthwaite y Oudin, y se tomó como valor representativo al promedio de los valores calculados por estos dos últimos, ya que, presentaban una buena correlación de $R^2=0.9444$, mientras que los valores de Turc no se correlacionaron con ninguno de los otros dos métodos, adicionalmente se calculó la evapotranspiración media de la cuenca Neshuya mediante el método regional y área parciales de isolinea de evapotranspiración siendo de 1523.67 mm.

La esorrentía se calculó de la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial por cada año, para luego calcular el caudal medio en m³/s. Adicionalmente se calculó la esorrentía media de la cuenca Neshuya mediante el método regional y áreas parciales de isolinea de esorrentía, resultando un valor de 824.8 mm o 24.8 m³/s.

Figura 149

Caudales anuales (1993-2013)



En la figura 150 se puede observar los caudales anuales generados en un periodo de 21 años desde 1993 al 2013, se tiene un caudal máximo en el año 1993 de 37.3 m³/s, seguido de 31.8 m³/s en el año 1999 y caudal mínimo en el año 2010 de 4.3 m³/s seguido de 5.5 m³/s del

año 1994; a lo largo de la serie se puede observar un aumento de los caudales en ciertos periodos de tiempo como en el periodo 1994 – 1999, 2001 – 2003 y 2005-2006.

4.4. Grado de asociación entre los caudales calculados y los cambios de la cobertura boscosa de la cuenca del río Neshuya

En el periodo 1994 – 1999 se observa la influencia de la cobertura boscosa en la producción de caudales de la cuenca Neshuya, observándose según la figura 151 una fuerte correlación lineal con coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9923$ entre el área boscosa y los caudales generados para esos años, indicando una relación inversamente proporcional entre las variables, esto quiere decir que la producción de agua de la cuenca aumenta conforme se va reduciendo la superficie boscosa.

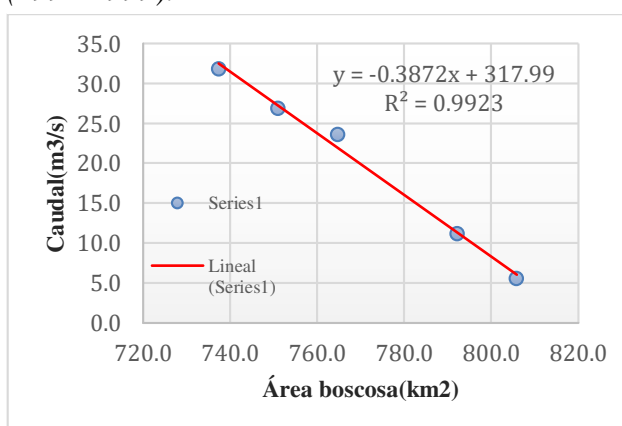
Figura 150

Datos de área boscosa y caudal generados (1994-1999).

Año	Área boscosa (km ²)	Caudal (m ³ /s)
1994	805.9	5.5
1995	792.2	11.1
1997	764.8	23.6
1998	751.1	26.9
1999	737.4	31.8

Figura 151

Grado de asociación del área boscosa y caudal. (1994-1999).



Así mismo, en el periodo 2001-2006 también se observa la influencia de la cobertura boscosa sobre la producción de caudales en la cuenca Neshuya, tal como se observa en la relación de la figura 153 entre el área boscosa y caudal con una correlación lineal y un coeficiente de determinación de $R^2=0.9066$, indicando que una reducción de la cobertura boscosa causa un incremento en los caudales anuales.

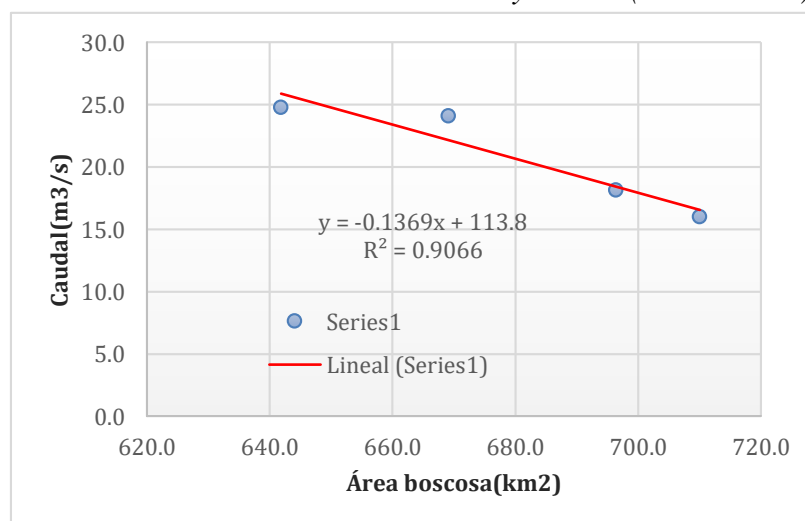
Figura 152

*Datos de área boscosa y caudal
Generados (2001-2006).*

Año	Área boscosa (km ²)	Caudal (m ³ /s)
2001	710.1	16.0
2002	696.4	18.2
2004	669.1	24.1
2006	641.8	24.8

Figura 153

Grado de asociación del área boscosa y caudal (2001 – 2006).



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La superficie boscosa calculada en este presente estudio mediante el método de clasificación supervisado Random Forest o bosques aleatorios fue para el año 2000 de 760.8 km² o 76080 ha, para el año 2003 fue de 682.6 km² o 68260 ha, para el año 2007 fue de 564.6 km² o 56460 ha, para el año 2011 fue de 585.3 km² o 58530 ha, para el año 2014 fue de 471.1 km² o 47110 ha, para el año 2017 fue de 575.1 km² o 57510 ha, para el año 2020 fue de 435 km² o 43500 ha con una concordancia de la clasificación promedio de Cohen's Kappa de 0.71 y una fuerza de concordancia “considerable” con una fiabilidad global promedio de 86%. El estudio de (Lopez Flores, 2018) cuantifico mediante el Modelo Lineal de Mezcla Espectral (MLME) para la zona Huepetuhe – Madre de Dios una superficie boscosa de 614830.59 ha para el año 2006, de 584520.75 ha para el año 2011, de 556249.14 ha para el año 2016 con un desempeño de la clasificación promedio de kappa de 0.89 y desempeño general promedio de 99%, estos resultados muestran que el método clasificación de MLME tuvo mejores desempeños con respecto al método de clasificación Random Forest en zona de selva y por ende nos proporciona una cuantificación de las áreas boscosas más cercanos a la realidad, por otro lado, (Yustres Luisa & Yulia Ivanova, 2022) mediante la clasificación no supervisada para la cuenca del río Mirra obtuvo superficies boscosas de 15355 ha para el año 1986, de 8053 ha para el año 1988, de 1984 ha para el año 1996, de 379 ha para el año 2000, de 2203 ha para el año 2014 y de 1984 ha para el año 2018 con una calidad de la clasificación baja debido a la presencia de la nubosidad propia del país, adicionalmente hizo un contraste con la clasificación supervisada obteniendo resultados similares (no indica que tipo de clasificador realizó ni el uso de una matriz de confusión u otra metodología para evaluar la precisión de la clasificación).

Según las tasas de cambio calculadas en el presente estudio nos muestran una aceleración marcada de la reducción de la cobertura boscosa tal como se muestra para los

periodos 2000/2003(-0.036%), 2003/2007(-0.047%), 2011/2014(-0.071%) y 2017/2020(-0.091%), por otro lado (Rojas Briceño, 2019) en su estudio muestra que los principales cambios en la provincia de Rodríguez de Mendoza (Amazonas) según las tasas de cambio fue un incremento de los usos de suelo de zona urbana (6,74%) y pastos - cultivos (4.50%) esto derivado de la reducción o pérdida de coberturas naturales como los pastos – herbazales y los bosques según las tasas de cambio respectivamente de -0.34% y -1.66%, evidenciándose de esta manera que las pérdidas de bosques están asociados en gran medida a la expansión de la zona urbana y al desarrollo o aumento de pastos y cultivos producto de las migraciones de la población, tal como lo indica López y Plata (2009), por otro lado, Lovera et al. (2018) en el municipio de Valle de Bravo (México) obtuvo una reducción de la cobertura vegetal en el periodo de 1994 – 2016 para bosques templados de -0.1 % de tasa de cambio, para vegetación secundaria -1.3 % de tasa de cambio, para selva baja caducifolia de -2.0 % de tasa de cambio que pasaron a formar parte de Pastizal inducido, agricultura de riego anual, agricultura temporal anual con tasas de cambio de -1.2 %, -4.4 %, -1.4% que a su vez pasaron a formar parte de las primeras, evidenciándose de esta manera el dinamismo de la cobertura vegetal, tal como muestran nuestros resultados.

En nuestro estudio se calculó para el año 2000 un caudal anual de 24.3 m³/s y para el año 2007 un caudal anual de 8 m³/s, mientras que para esos mismos años en la cuenca media alta del río Mira del estudio de (Endara Pabón, 2018) se calculó un caudal de 2141.3 m³/s y 1585.9 m³/s respectivamente, esta gran diferencia de agua producida por la cuenca media alta del Río Mira con respecto a la cuenca Neshuya puede deberse a la gran diversidad de cobertura boscosa y que además es una cuenca con una gran extensión de área ocupando una superficie de 5042.82 km² superando a la cuenca Neshuya en 4095.62 km², cabe resaltar que además la cuenca en comparación es una cuenca de categoría binacional. Por otro lado concordamos con el estudio de (Barrera Zea D. F. & Chaparro Parada J. D., 2021) en la microcuenca del Río

Morro que concluye que la pérdida de cobertura vegetal influye en la regulación de caudales, calculando caudales para el año 2000 con un periodo de retorno de 20 años de 0.1232 m³/s y para el año 2003 con un periodo de retorno de 20 años de 0 m³/s y comparando con nuestros resultados para esos mismo años se obtuvo un valor de 24.3 m³/s y 27.4 m³/s, lo que indicaría que nuestra cuenca tiene una mayor producción de agua, esto puede deberse a que nuestra área de estudio (947.2 km²) es mucho más grande que la microcuenca del Río Morro (31.7 km²) y que además en la cuenca Neshuya está presente los bosques nublados con alta presencia de humedad.

En el presente estudio se determinó que existe una relación inversa entre la superficie boscosa y el caudal, tal como se muestra en la correlación lineal de la figura 151 con un coeficiente de determinación $R^2=0.9923$ del periodo 1994-1999 y en la correlación lineal de la figura 153 con un coeficiente de determinación de $R^2=0.9066$ del periodo 2001-2006, estos resultados difieren del estudio de (Arroyo Canales, 2021) que indica que existe una correlación directa entre la cobertura vegetal y el caudal con un coeficiente de determinación de $R^2=0.69$ esto puede deberse a que las áreas de estudio están ubicadas en diferentes regiones altitudinales y presentan diferentes tipos de cobertura vegetal, para nuestro caso de estudio se analizó cobertura boscosa, mientras que para el estudio en comparación su tipo de cobertura está enfocada en bofedales, matorrales, pajonal andino y plantaciones forestales, por otro lado, nuestros resultados concuerdan con el estudio realizado por (Gallo Ramos, 2018) que indica que existe una relación inversa entre la cobertura boscosa y la regulación hídrica, demostrando que existe una reducción de las coberturas forestales y aumento de agua en la cuenca, esto nos permite concordar con lo expuesto por (FAO, 2008) en su trabajo “Forest and water” que indica que existe una estrecha relación entre los bosques nublados y la producción de agua.

VI. CONCLUSIONES

- Del presente estudio se puede concluir que hubo dos periodos donde el bosque tropical aumento su cobertura, siendo los periodos 2007-2011 y 2014 – 2017 aumentando en 20.8 km² y 104 km² respectivamente y el periodo que tuvo más pérdidas de bosque tropical fue 2017 - 2020 perdiendo un total de 140.2 km² y el periodo con menos pérdidas de bosque tropical fue el periodo 2000 – 2003 con un total de pérdidas de 78.2 km², a nivel general del 2000 al 2020 se perdió en total de 325.9 km² representando el 34.4% del área la cuenca Neshuya. La tendencia de la cobertura boscosa en el periodo de estudio en la cuenca Neshuya es negativa, es decir, va disminuyendo el bosque tropical conforme pasa el tiempo. Cabe indicar que la clasificación de las coberturas boscosas para los años 2000, 2003, 2007, 2011, 2017 y 2020 tienen en promedio un índice de Cohen's Kappa de 0.71 con una fuerza de concordancia “considerable” según Landis y Koch (1977) y una fiabilidad global promedio de 86%.
- Según la tasa de cambio de la cobertura boscosa de la cuenca Neshuya analizado en un tiempo de 21 años desde 2000/2020, se puede observar un constante dinamismo entre deforestación y reforestación del bosque tropical, observando que en los periodos 2000/2003 fue en promedio de -0.036% anual, 2003/2007 fue en promedio de -0.047% anual, 2011/2014 fue en promedio de -0.071% anual y 2017/2020 fue en promedio de -0.091% anual lo cual indica un aumento considerable de la velocidad de deforestación o pérdida de bosques tropicales, mientras que la reforestación o incrementos de bosque tropical en los periodos 2007/2011 fue de 0.009% anual y 2014/2017 fue de 0.068% anual indicando un aumento considerable en la velocidad de regeneración natural o reforestación del bosque tropical pero no concluyentes, ya que, solo se dispone dos periodos de datos de tasa de cambio anual para inferir la tendencia. Por otro lado, el periodo donde hubo mayor tasa de cambio fue en el periodo 2017/2020 con una tasa promedio de -0.091% anual y

menor tasa de cambio fue en el periodo 2007/2011 con una tasa de cambio promedio de 0.009% anual, en ese sentido, el periodo con mayor incremento o reforestación de bosque tropical fue en el periodo 2014/2017 con una tasa de cambio de 0.068% anual.

- Los caudales generados en el periodo de estudio muestran un crecimiento sostenido desde el año 1994 al 1999 teniendo un caudal pico de 31.8 m³/s para el año 1999 y para los años entre el 2001 y 2011 los caudales tienen un crecimiento disruptivo entre años con un caudal máximo de 30.6 m³/s para el año 2011.
- Del análisis de la relación de la cobertura boscosa y caudales generados se puede concluir que el incremento o reducción de la cobertura boscosa de la cuenca Neshuya tiene influencia en el aumento o disminución de los caudales a una relación inversamente proporcional, y por ende, en la producción de agua de la cuenca, esto debido a que al disminuir la cobertura boscosa disminuye también el agua por intercepción, evapotranspiración e infiltración favoreciendo que el agua producto de las precipitaciones aumenten los caudales aguas abajo de la cuenca Neshuya aumentando el riesgo de la ocurrencia de inundaciones y desbordes de los ríos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación que tengan como finalidad contribuir en la comprensión de la influencia de los bosques y en especial de los bosques nublados en la producción de recurso hídrico a nivel de cuenca, subcuenca y microcuenca con el objetivo de conocer cuánta agua puede producir por escurrimiento superficial una cuenca hidrográfica y evaluar posibles riesgos de inundaciones, erosión y deslizamientos.
- Los índices de confiabilidad de la clasificación fueron aceptables, sin embargo, es necesario seguir probando otros métodos de clasificación supervisada en zona de selva(bosques) que nos permita tener una mejor confiabilidad para así tener resultados más precisos, como por ejemplo redes neuronales, MLME, machine learning etc.
- Realizar investigaciones sobre instrumentación en la cuenca Neshuya y evaluar estratégicamente la ubicación de estaciones hidrometeorológicas con la finalidad de poder recopilar información más precisa a la realidad.
- Debido a la alta deforestación en el área de estudio, es importante la asociación entre instituciones para trabajar conjuntamente en la concientización y conservación de los recursos forestales, debido al rol tan importante que cumplen no solo en la regulación hídrica y el ciclo hidrológico sino también en la mitigación del cambio climático y prevención de riesgos de desastres naturales.
- Se recomienda simular los caudales mediante un modelo hidrológico que se ajuste bien en zona selva y compararlos con los caudales calculados mediante el método de balance hídrico y así poder determinar la relación entre los caudales calculados y simulados, todo esto con el fin de tener data más confiable.

VIII. REFERENCIAS

- Álvaro, G. (24 de febrero de 2020). *¿Cuál es la diferencia entre los métodos de bagging y los de boosting?. machinelearningparatodos*. <https://machinelearningparatodos.com/cual-es-la-diferencia-entre-los-metodos-de-bagging-y-los-de-boosting/>
- Amat, R. (Octubre de 2020). *Árboles de decisión, random forest, gradient boosting y c5.0. Ciencia de datos.net*. https://www.cienciadedatos.net/documentos/33_arboles_decision_random_forest_gradient_boosting_c50
- Aparicio, F. (1993). *Fundamentos de Hidrologia de Superficie*. Grupo Noriega Editores. https://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf
- Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., Arellano, C. (2020). *La Investigación Científica. Una aproximación para los estudios de posgrado*. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>
- Arozarena, A. (s.f). *Teledetección y sistemas de tratamiento digital de imágenes*, 1-47,. https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/734/mod_label/intro/microsoft-word-teledeteccion_y_sist_tratamiento_digital_imagenes.pdf
- Arroyo, E. (2021). *Influencia del cambio climático y uso del suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca medio bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020*. [Tesis de pre grado, Univesidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10340>.
- Barrera, D. y Chaparro, J. (2021). *Análisis del cambio de las coberturas vegetales y su relación con las variables hidrológicas en el Río Morro, ubicado en el Municipio de Monguí*

- departamento de Boyacá*. [Trabajo de especialización, Universidad de Santo Tomás]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11634/46087>.
- Bosch, J. y Hewlett, J (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55, 3-23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022169482901172>
- Campomanes, P. (2015). *Manual de hidrologia aplicada*. <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-dehidrologia-gioveneperezcampomanescivilgeeks/83688065>
- Castro, L. y Carvajal, E. (2010). Analisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. Universidad del Valle. <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434002.pdf>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas [CEDEX] (2021). *Cálculo hidrometeorológico de aportaciones y crecidas(CHAC)*. <https://ceh.cedex.es/chac/Manual%20CHAC.pdf>
- Cervantes, R. (2021). *Contribución de los ecosistemas altoandinos en la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica*. *Ecología Aplicada*, 20(2), 2021, ISSN 1993-9507. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/1804/2328>
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental*. Editorial Ariel. <https://es.scribd.com/document/627301606/Chuvieco-Salinerio-Emilio-Teledeteccion-Ambiental-2010>
- Congalton, R. y Mead, R. (1983). A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69-74. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1983journal/jan/1983_jan_69-74.pdf

- Coppin, P. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring. *Revista internacional de teledetección.*, 1565–1596.
https://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=geopro:azeredo:26.digital_change_detection_methods.pdf
- Córdova, J. y Sánchez, L. (2020). *Analisis de la variacion multitemporal de la cobertura vegetal entre los años 2010-2018, en la cuenca del Río Neshuya, Ucayali, Perú*. [Tesis de Pre grado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Digital Universidad Nacional de Ucayali. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/4318>
- Core Team. (2000). *Introducción a R. Un entorno de programación para Análisis de Datos y Graficos*. <https://cran.r-project.org/doc/contrib/R-intro-1.1.0-espanol.1.pdf>
- Diez-Hochleitner, J. (2022). *Aplicación de un espacio reducido a clasificación de imágenes de Teledetección. Investigación de la Deforestación de la zona del Amazonas*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/71204/>
- Endara, R. (2018). *Efectos de la deforestación en la producción de cudales en la cuenca media alta del Río Mira para el período 2000-2014*. [Tesis de Pre grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8459>
- Escobar, P. (07 de septiembre de 2020). *Argentina forestal*. <https://www.argentinaforestal.com/2020/09/07/los-bosques-como-reguladores-del-ciclo-del-agua-para-disminuir-los-riesgos-de-inundaciones/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1962). *La influencia de los montes. Estudios de Silvicultura y productos forestales*. Roma. https://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=37670

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1989).

Mapa mundial de suelos. Informe sobre los recursos de suelos del mundo.

<https://www.fao.org/soils-portal/resources/informes-sobre-recursos-mundiales-del-suelo/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1996).

Survey of tropical forest cover and study of change processes.

<https://www.fao.org/4/w0015e/w0015e00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015).

Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo estan cambiando los bosques del mundo? (Segunda edición ed.). Roma.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/06583da1-dc1d-4fcc-8cb5-39bc7aec1059/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020).

Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020. Términos y Definiciones FRA

2020. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5d9b2107-2b32-4026-baca-f6de4e843cf4/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa

de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2020a). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas.* Roma.

<https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa

de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2020b). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas.* Roma.

<https://doi.org/10.4060/ca8642es>

- Gallo, V. (2018). *Evolución de la cobertura boscosa en la Subcuenca Yuracyacu y la influencia en su regulación hídrica*. [Tesis de pre grado, Lima, Perú: Univesidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2455>
- Giraldo, L. (2002). *Memorias: Hidrologia forestal*, 154 - 155. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10930>
- Gobierno Regional de Ucayali. (2016a). *Zonificación Ecologica y Economica de la Region Ucayali. Estudio geologico*. Autoridad Regional Ambiental de Ucayali. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Geologia_Ucayali.pdf
- Gobierno Regional de Ucayali. (2016b). *Zonificacion Ecologica y Economica de la Region Ucayali, Estudio del Clima y Zona de Vida*. Autoridad Regional Ambiental de Ucayali – GRRNyGMA. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Clima_Ucayali.pdf
- Gobierno Regional de Ucayali. (2016c). *Zonificacion Ecologica y Economica de la Región ucayali: estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierra*. Autoridad Regional Ambiental de Ucayali – GRRNyGMA. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Suelos_Ucayali.pdf
- Gobierno Regional de Ucayali. (2016d). *Zonificación Ecologica y Economica de la Región Ucayali: estudio fisiografico del departamento de Ucayali*. Autoridad Regional Ambiental de Ucayali - GRRNyGMA. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Fisiografia_Ucayali.pdf

- Gómez, J. y Gallo, V. (2022). *Guía de Hidrología. Ciclo Hidrológico*, 84 - 85, Biblioteca Nacional de Perú. <https://sites.google.com/view/enhydro/inicio>
- Gómez, J. y Gallo, V. (2022). *Guía de Hidrología. Geomorfología cuantitativa de la cuenca*, 61 - 69,. Biblioteca Nacional de Perú. <https://sites.google.com/view/enhydro/inicio>
- Horton, R. (1932). *Drainage-Basin Characteristics. Transactions: American Geophysical Union*, 13, 350-361. <http://dx.doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. (1939). Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity. *Transactions American Geophysical Union*, 693-711. <https://doi.org/10.1029/TR020i004p00693>
- Horton, R. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydro-physical approach to qualitative morphology*. 56, 2 75-370. Geological Society of America Bulletin. <https://doi.org/10.1177/030913339501900406>
- IDEAM. (1998). *Análisis de la distribución general de los ecosistemas boscosos del país por cuencas hidrográficas*.
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2022). *Reporte complementario N° 7891 - 2/10/2022/ COEN - INDECI. Inundación en el distrito de Neshuya - Ucayali*. <https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/reporte-complementario-n-7875-1-10-2022-coen-indeci-2025-horas-reporte-n-1-inundacion-en-el-distrito-de-neshuya-ucayali/>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (1995). *Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa*. Ministerio de Agricultura. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/INRENA-mapa-ecologico.pdf>

- Jones, J. y Swanson, F. (2001). Hydrological inferences from comparisons among small basin experiments. *Hydrological Processes* 15, 2363-2366.
<https://andrewsforest.oregonstate.edu/sites/default/files/lter/pubs/pdf/pub3032.pdf>
- Jordi, M. (2019). *Guía de Rstudio*. Universitat Oberta de Catalunya.
<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/148449/1/Gu%C3%ADa%20d%27RStudio.pdf>
- Gaspari, F., Díaz, A., Montealegre, F. (2021). Variabilidad espacial del rendimiento hídrico ante el cambio de uso del suelo y escenarios pluviales en la cuenca alta del río Sauce Chico, Argentina. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(1),. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-03>
- La Barreda, S. (2021). Deforestación en la región amazónica del Perú: situación y perspectivas. *m + a Revista Electronic@ de Medioambiente UCM*, 21(2), 20-39.
https://www.ucm.es/iuca/file/articulo_2_m-a_2021-1?ver
- Landis, J. y Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2301102>
- Linsley, P. (1977). *Hidrología para ingenieros*. McGraw-Hill Latinoamerica, S.A.
https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS
- Llerena, C. (2019). Los bosques y el agua. *Xilema*, 29(1), 97-102.
<http://dx.doi.org/10.21704/x.v29i1.1355>
- Londoño, C. (2001). *Cuencas Hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización-planificación-administración*. Universidad de Tolima. Facultad de Ingeniería

Forestal Departamento de Ingeniería.

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/cuencas_hidrograficas_bases.pdf

Lopez, G. (2018). *Cuantificación de áreas deforestadas por la minería aluvial aurífera mediante el uso de técnicas de geoinformación en Huepetuhe-Madre de Dios en el periodo del 2006 - 2016*. [Tesis de pre grado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Univesidad Alas Peruanas. . <https://hdl.handle.net/20.500.12990/9007>

López, V. y Plata, R. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investgaciones geográficas*, 68., 85-101. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n68/n68a7.pdf>

Lovera, V. (2018). Evaluación del servicio ecosistémico de rendimiento hídrico entre los años de 1994 y 2016 en el Municipio de Valle de Bravo. *Papeles de Geografía*, 64, 93-113. <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2018/322931>

Luque, L. (2021). Analisis de la deforestación de la Amazonia peruana: Madre de Dios. *Revista Innova Educación*, 3(3), 198-212. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.03.013.es>

Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://core.ac.uk/reader/35294551>

Martínez, J. (2010). *Guía Didactica de Teledetección y Medio Ambiente*. Red Nacional de Teledetección Ambiental. https://www.aet.org.es/files/guia_teledeccion_medio_ambiente.pdf

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Protocolo metodológico para la detección de la pérdida de bosque*.

https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/descargas_geobosque/perdida/documentos/Protocolo_Metodologico_Deteccion_Perdida_de_Bosque.pdf?Wed%20Oct%2020%202021%2012:18:27%20GMT-0500%20

Monsalve. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Alfaomega. <http://biblioteca.unfv.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=32628>

Municipalidad distrital de Neshuya. (2020). *Expediente Tecnico: " Creación del malecón sobre el rio Neshuya(desde la comisaria hasta el pueste Neshuya) en la localidad de Monte Alegre, distrito de Neshuya, provincia Padre Abad, departamento de Ucayali. Con código de inversión N°2451448*. Provincia de Abad: Municipalidad Distrital de Neshuya. <https://es.scribd.com/document/631348655/Tdr-Expediente-Tecnico-de-Malecon>

Ordoñez, J. (2011). *Balance Hídrico superficial*. Sociedad Geográfica de Lima. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf

Perez, G. (2015). *Aplicada, Manual de Hidrologia*. Lima. <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-dehidrologia-gioveneperezcampomanescivilgeeks/83688065>

Perez, J. (1979). *Fundamentos del ciclo hidrológico*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería Departamento de Meteorología e Hidrología.

Poveda, G. y Mesa, O. (1995). Efectos hidrológicos de la deforestación, 91- 102. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57099/Energetica%201995%20No.%2016-91.pdf?sequence=1>

- Puyravaud, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 593-596.
<https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/2160/Puyravaud2.pdf>
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica (2020) Vol. 9 (3)*.
https://www.researchgate.net/publication/346351134_Los_Alcances_de_una_investigacion
- Rojas, N. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambio de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2538., 1-34. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Sacristán, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura*.
https://seacuicultura.es/images/aquatic-pdf/24_02.pdf
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2004). *Manual de teledetección*. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_teledeccion.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2012). *Homogenización usando el método del vector regional y completación de la información pluviométrica. Cuenca del río Chillón - Subcuenca Larancocha*.
<https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/3299>
- De la cruz, J., Valencia, M., Boulangger, E. (1996). *Geología de los cuadrangulos de Aguaytia, Panao y Pozuzo. Hoja: 19l, 20l, 21l*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/36>

Vásquez, M. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Fondo Editorial-UNALM.

<https://fondoeditorialunalm.com/product/the-overdue-life-of-amy-byler/>

Velasco, R. (2021). *Aplicación de teledetección para estimación de severidad post-incendio*.

Universidad de Valladolid, Escuela de ingenierías industriales.

<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50727>

Vidollas, R. (2008). *La cuenca*. Argentina: Universidad de Cuyo, Facultad de Ingeniería Civil.

Yustres, L. y Ivanova, Y. (2022). Metodología para evaluar el efecto del cambio de coberturas

sobre la regulación hídrica. *Revista EIA*, Año XIX/ Volumen 19/ Edición N.37.pp. 1-

14,. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1491/1441>

IX. ANEXOS

Anexo A Datos SENAMHI	207
Anexo B Datos pisco a nivel de punto.....	217
Anexo C Datos pisco a nivel areal.....	229
Anexo D Completación de datos faltantes.....	233
Anexo E Distribución mensual de la temperatura	246
Anexo F Relación entre variables	248
Anexo G Registro fotográfico.....	251
Anexo H Mapas temáticos.....	262

Anexo A

Datos SENAMHI

a. Precipitación.

Los datos de precipitación proporcionados por el SENAMHI están en precipitación diaria y para los fines del presente estudio se trabajarán con datos mensuales.

Tabla 50

Datos incompletos de precipitación de la Estación Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	465.1	218.2	288.2	268.3	241.0	79.6	202.6	230.9	346.1	235.6	520.0	562.0	3657.6
1994	672.0	494.7	253.3	299.5	164.6	67.4	164.1	54.3	235.6	302.1	281.2	815.2	3804.0
1995	373.8	323.7	539.4	166.7	136.3	72.9	153.0	72.6	148.1	390.7	308.4	488.2	3173.8
1996	508.9	385.9	261.2	438.0	267.7	152.6	45.7	124.1	219.3	267.3	277.3	178.3	3126.3
1997	396.3	247.1	296.2	218.8	310.3	173.2	152.2	91.2	240.6	207.7	359.2	741.8	3434.6
1998	332.6	316.2	502.7	450.8	297.9	156.7	59.1	95.2	162.7	220.8	416.6	282.3	3293.6
1999	568.1	486.4	544.4	217.3	324.4	184.7	196.8	67.6	108.3	73.8	358.0	353.6	3483.4
2000	412.2	419.8	509.9	177.3	147.7	316.0	190.8	61.6	171.4	171.4	185.9	367.5	3131.6
2001	442.1	313.3	593.9	175.9	217.7	128.9	186.4	41.6	180.2	202.2	455.3	301.2	3238.8
2002	304.7	590.1	406.0	308.4	415.5	149.3	190.1	144.9	137.1	262.3	500.1	484.0	3892.6
2003	239.6	460.8	343.9	306.8	345.2	228.7	100.2	249.7	216.9	272.4	330.9	598.1	3693.3
2004	301.1	298.9	427.4	176.8	141.8	83.4	236.0	71.1	193.9	293.3	469.3	323.4	3016.5
2005	245.1	314.8	549.4	117.3	149.0	187.7	55.8	82.9	204.2	259.2	209.0	571.5	2946.0
2006	284.8	528.9	389.9	274.1	99.7	122.5	70.4	117.4	202.2	391.7	485.8	571.2	3538.7
2007	526.8	257.2	460.7	298.8	187.3	12.4	169.6	95.2	118.5	267.5	277.3	492.7	3164.0
2008	428.8	534.6	300.6	196.6	120.3	106.2	224.4	55.2	164.8	335.0	127.3	363.7	2957.6
2009	481.2	400.2	302.4	282.9	337.2	164.7	164.6	150.0	SD	134.9	400.6	496.5	3315.2
2010	301.9	592.2	366.0	262.4	192.2	107.0	127.9	55.2	94.9	180.1	463.2	297.0	3040.0
2011	458.1	542.9	558.6	379.7	197.6	127.9	111.3	66.2	280.0	171.6	376.9	320.8	3591.6
2012	376.5	446.5	464.1	356.3	120.7	151.7	52.8	37.5	92.9	384.1	298.6	413.7	3195.5
2013	438.2	466.5	405.8	426.7	203.8	172.3	101.6	249.3	193.9	495.4	270.5	421.0	3845.0
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	20	21	21	21	21
PP Media mensual	407.5	411.4	417.3	276.2	219.9	140.3	140.7	105.4	185.6	262.8	351.0	449.7	3359.0
Desv.estandar	110.6	115.6	109.1	94.8	89.1	64.1	60.0	65.5	63.0	98.6	109.2	157.3	300.3
PP Max	672.0	592.2	593.9	450.8	415.5	316.0	236.0	249.7	346.1	495.4	520.0	815.2	3892.6
PP Min	239.6	218.2	253.3	117.3	99.7	12.4	45.7	37.5	92.9	73.8	127.3	178.3	2946.0

Se observa dato incompleto para el mes de septiembre del año 2009.

Tabla 51*Datos incompletos de precipitación de la Estación Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	313.3	315.2	310.81	238.5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	1177.8
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	227.8	295.9	283.6	207.4	166.9	16.0	64.8	105.0	296.9	309.4	294.71	2268.5
1997	406.3	407.6	357.9	372.2	196.8	223.5	48.3	140.4	181.8	161.6	303.1	394.72	3194.4
1998	474.2	429.1	421.9	336.1	192.4	151.1	39.6	136.2	131.5	151.4	162.6	232.41	2858.7
1999	615.0	396.9	438.5	96.2	229.9	127.2	63.7	31.6	136.3	104.3	181.9	210.3	2631.8
2000	310.4	342.2	513.1	221.3	118.9	276.9	119.3	137.6	72.6	137.7	94.6	300.3	2644.9
2001	370.3	280.2	235.5	90.7	327.1	95.0	277.1	71.7	135.9	198.8	377.7	404.2	2864.2
2002	372.8	454.1	295.1	251.8	239.7	77.8	286.7	136.7	61.7	187.1	360.6	SD	2724.2
2003	277.0	393.7	309.7	422.1	138.1	228.6	74.3	180.9	228.1	189.3	268.6	404.8	3115.2
2004	317.2	169.7	316.6	113.6	140.5	97.8	390.6	72.0	124.6	191.7	465.2	239.61	2639.1
2005	266.5	322.8	384.7	175.3	69.6	272.3	18.8	65.2	162.3	267.6	141.1	380.4	2526.6
2006	250.7	431.3	247.9	157.9	151.0	234.5	77.8	169.0	109.7	266.3	418.7	491.4	3006.2
2007	400.2	183.6	222.4	221.2	192.5	38.0	124.3	59.5	55.2	252.1	249.6	458.3	2456.9
2008	214.8	268.4	317.3	202.2	117.5	143.9	269.3	69.6	118.4	242.5	112.9	281.2	2358.0
2009	320.0	407.5	277.2	206.4	357.2	168.7	148.5	125.9	123.5	136.1	300.8	533.1	3104.9
2010	191.7	557.9	257.3	240.0	100.4	48.3	122.1	30.5	31.5	109.1	282.4	264.2	2235.4
2011	389.7	513.5	201.1	174.5	131.7	114.4	158.5	31.1	194.6	245.5	192.3	294.7	2641.6
2012	365.8	437.3	257.9	287.3	153.0	211.5	40.2	57.2	80.9	168.4	321.3	272.5	2653.3
2013	278.5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	123.2	332.2	274.9	214.8	1223.6
Nº Datos	18	18	18	18	17	17	17	17	18	18	18	17	19
PP Media mensual	340.8	363.3	314.5	227.3	180.2	157.4	133.8	92.9	120.9	202.1	267.7	333.6	2543.4
Desv.estandar	99.4	107.8	81.8	90.3	76.6	74.6	109.9	49.7	50.3	65.5	104.1	100.0	546.9
PP Max	615.0	557.9	513.1	422.1	357.2	276.9	390.6	180.9	228.1	332.2	465.2	533.1	3194.4
PP Min	191.7	169.7	201.1	90.7	69.6	38.0	16.0	30.5	31.5	104.3	94.6	210.3	1177.8

Se observan datos incompletos para todo el año 1993, 1995 y para el año 1994 desde mayo a diciembre, 1996 en el mes de enero, para el año 2002 en el mes de diciembre y para el año 2013 desde febrero hasta agosto.

Tabla 52*Datos incompletos de precipitación de la estación El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	SD	SD	459.1	182.4	73.9	49.2	60.5	105	194.5	145.5	282.3	219.4	1771.8
1994	98	103.3	190.0	117.2	142.2	79.6	5.8	38.1	170.4	110.2	190.6	300.5	1545.9
1995	30.1	322	259.3	179.5	66.1	86	69.4	16.4	94.9	245.2	213.3	164	1746.2
1996	270.5	437.8	223.2	258.2	148.8	56.8	67	51.1	114.8	199.9	272.2	225.9	2326.2
1997	298.1	326.3	272.4	160.2	147.9	83.6	SD	117.9	154.9	173.6	236.6	100.9	2072.4
1998	204.7	215.5	320.3	178.4	224.3	39.1	0	43.8	133.5	240	409.2	246.7	2255.5
1999	296.2	291.1	314.5	169.5	306.9	190.5	50.6	68.8	207	90.8	124.2	225.8	2335.9
2000	269.1	412.1	211.5	197.1	132.8	144.9	88.9	112.7	56.8	108.4	215.3	159	2108.6
2001	202.1	270.1	225.5	269.8	105.5	54.3	26.2	30.8	SD	182.8	238.3	270.9	1876.3
2002	104	322.8	327.6	200.9	134.8	64.6	138.3	165.4	140.9	175.8	115.3	78.31	1968.71

2003	197.9	269	334.5	214.4	228.3	107.6	23.9	39.4	243.2	82.3	189.4	297.4	2227.3
2004	327	153.3	263.7	235.6	129.1	40	234.7	56.8	78.5	150.4	258	237.1	2164.2
2005	135.8	163.9	223.4	SD	60.6	59.5	24.9	86.2	66.2	403.5	124.9	419.4	1768.3
2006	222.4	351.9	175.3	157.4	104.2	66	54.9	95	88.3	150.7	486.6	213.2	2165.9
2007	158.5	270.4	214.1	193.9	116.2	12.0	51.6	98.4	76.4	279.2	90.7	115.4	1676.8
2008	395.6	208.2	366.6	166.5	134.8	102.9	36.9	22.9	113	122.8	190.7	190.7	2051.6
2009	334.2	155.5	120.7	440.1	251.6	109.5	116.6	23.5	37.3	72.1	168.1	100.4	1929.6
2010	138.6	201.9	180.5	230	116.3	51	104.4	3.4	105.9	53.4	270.9	140.5	1596.8
2011	343	532.9	392.9	152.6	69.5	46.7	11.5	79.4	259.7	110.9	137.7	181.5	2318.3
2012	165.7	157.8	354.8	229.6	60.7	45.5	50.3	15.8	92.4	195.6	89.6	425.9	1883.7
2013	173.5	203.3	205.8	128.2	105.7	201.7	43.5	144	134.5	98	410.7	45	1893.9
Nº Datos	20	20	21	20	21	21	20	21	20	21	21	21	21
PP Media mensual	218.3	268.5	268.4	203.1	136.2	80.5	63.0	67.4	128.2	161.5	224.5	207.5	1984.9
Desv.estandar	96.1	109.4	84.3	68.8	66.1	48.7	54.4	45.2	61.2	81.9	107.0	100.2	244.6
PP Max	395.6	532.9	459.1	440.1	306.9	201.7	234.7	165.4	259.7	403.5	486.6	425.9	2335.9
PP Min	30.1	103.3	120.7	117.2	60.6	12.0	0.0	3.4	37.3	53.4	89.6	45.0	1545.9

Se observan datos incompletos para el año 1993 en el mes de enero y febrero, para el año 1997 en el mes de julio, para el año 2001 en el mes de septiembre y para el año 2005 en el mes de abril.

Tabla 53

Datos incompletos de precipitación de la Estación Dos de Mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	165.3	263.7	349.5	37.8	26.9	66.8	51.51	29.8	42.7	63.5	84.8	119.7	1302.0
1994	25.3	31.8	144.7	158.5	68.7	56.6	38.7	27.1	36.9	137.5	202.3	101.3	1029.4
1995	52.9	124.3	230.2	70.7	45.5	15.6	62.2	12.7	96.9	111.2	109.1	261.1	1192.4
1996	57.3	156.5	138.4	98.9	55.4	18	22.5	59.7	164.4	62.9	105.1	134.4	1073.5
1997	23.3	158.4	56.5	91.9	106.1	0.7	40.5	34.8	88.3	67.7	59	51.4	778.6
1998	34.4	119.7	113.6	60.9	121.8	67.4	29.9	42.5	75.8	126.2	179.8	99.3	1071.3
1999	141.4	145.6	90.2	145.3	194.7	80.3	78.4	33.2	21.6	168.2	55.1	209.3	1363.3
2000	162.7	73.6	178.5	211.6	52	130.3	54.6	53.5	86	75.9	205.5	280.2	1564.4
2001	166.4	120.1	166.3	111.1	179.5	23.7	67.6	35.3	139.5	82.5	39.9	143.9	1275.8
2002	11.8	141.5	69.8	117.7	126.5	50.9	143.7	24.1	57	58.5	70.6	35	907.1
2003	115	179.5	138.9	45.1	143.6	89.5	23.2	56	92.9	89.5	126.7	179	1278.9
2004	37.1	39.2	128.8	41.7	129.2	29.1	69.3	47.6	110.5	168.5	311	70.7	1182.7
2005	40.4	117	113.1	172.4	142.1	49.5	26.3	30.4	45.3	77.6	78.4	87.4	979.9

2006	56.5	63.4	201.5	84	21.6	109. 5	101. 6	41.8	90.1	80.6	152. 5	98.2	1101.3
2007	32.9	41.4	256.6	165. 1	141.2	24.2	39.2	54.4	109. 1	154	158. 2	85.4	1261.7
2008	44	209. 6	152.2	126. 1	124	35.7	52.6	56	93.7	120. 6	127. 8	158. 6	1300.9
2009	96.3	51.7	189.3	101. 5	117	92	24.2	41	142. 3	40.3	79	80.1	1054.7
2010	52.1	108	119.4	78.1	158.4	65.9	57.1	8.2	55.6	63.6	126. 8	SD	893.2
2011	73	156	186	134. 6	53.9	86	63.6	25.8	121. 8	133	200. 1	110. 2	1344
2012	108. 9	58.4	126.5	126. 9	63.5	30.8	34.6	22.5	101. 2	214. 6	114. 6	149. 9	1152.4
2013	76.6	112. 7	190.5	78.3	69.8	82.7	76.8	81.1	48	202. 9	119. 9	114. 6	1253.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20	21
PP Media mensual	74.9	117. 7	159.1	107. 5	102.0	57.4	55.1	38.9	86.6	109. 5	128. 9	128. 5	1160.1
Desv.estandar	49.8	59.9	66.2	46.5	50.5	34.2	29.3	17.3	37.7	50.0	64.6	64.2	185.3
PP Max	166. 4	263. 7	349.5	211. 6	194.7	130. 3	143. 7	81.1	164. 4	214. 6	311. 0	280. 2	1564.4
PP Min	11.8	31.8	56.5	37.8	21.6	0.7	22.5	8.2	21.6	40.3	39.9	35.0	778.6

Se observa dato incompleto para el mes de septiembre del año 2010.

b. Temperatura

Para la variable temperatura, los datos que nos proporciona el SENAMHI están dados por temperaturas máximas y mínimas diarias, en ese sentido, y de acuerdo a los objetivos del presente estudio es necesario calcular la temperatura media y trabajar con estos datos.

Tabla 54

Datos incompletos de T° mínima Estación Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	19.4	19.6	19.6	19.8	19.8	18.8	18.6	18.2	19.1	19.6	20.0	20.2	19.4
1994	20.0	20.1	19.8	20.3	19.6	18.0	17.9	17.6	18.9	19.5	19.7	20.4	19.3
1995	20.1	20.1	20.0	20.5	19.4	19.3	18.9	19.2	19.4	20.2	20.6	20.4	19.8
1996	20.3	20.3	20.6	20.0	19.7	18.9	17.4	18.5	18.0	18.1	16.9	19.2	19.0
1997	19.3	19.5	20.1	20.2	19.7	19.3	18.6	18.9	19.8	20.6	20.9	20.9	19.8
1998	21.4	21.4	21.3	21.3	19.8	19.0	18.4	18.9	18.6	19.3	19.5	19.1	19.8
1999	19.4	19.3	19.2	19.0	19.2	18.8	18.6	19.0	19.9	19.7	20.2	19.9	19.4
2000	19.6	19.5	20.2	20.5	20.3	19.7	19.0	19.3	20.2	20.1	21.1	20.6	20.0
2001	20.0	20.0	20.3	20.5	20.6	19.3	19.6	18.9	19.8	20.8	20.7	20.7	20.1
2002	20.3	20.4	20.5	21.2	20.8	19.7	19.6	19.4	19.7	20.1	20.1	20.7	20.2
2003	20.8	20.5	20.1	20.1	19.7	19.1	18.8	19.6	19.7	21.1	21.2	20.7	20.1
2004	21.0	20.3	21.1	20.7	20.4	19.5	19.6	18.5	19.2	20.5	21.0	21.3	20.3
2005	21.2	21.3	21.0	21.2	20.9	19.9	18.7	19.3	19.7	19.8	20.4	20.3	20.3
2006	20.5	20.6	20.5	20.4	19.3	19.6	18.6	19.4	19.6	20.8	20.7	21.0	20.1
2007	21.1	20.8	20.5	20.6	20.7	19.8	19.5	19.4	19.4	20.2	20.9	20.7	20.3

2008	20.8	20.5	20.3	20.7	19.9	19.4	19.1	20.0	19.4	20.2	21.2	20.6	20.2
2009	20.6	20.5	20.6	20.6	20.4	19.8	19.9	20.3	SD	20.9	20.9	20.9	20.5
2010	21.1	21.1	21.2	21.2	21.1	20.4	19.6	19.4	19.8	20.0	20.3	20.2	20.4
2011	20.1	19.7	20.3	20.0	20.4	20.1	19.8	19.5	19.8	20.7	21.2	20.9	20.2
2012	20.9	20.5	20.4	20.7	20.4	19.9	18.9	19.5	19.4	20.5	21.1	20.6	20.2
2013	21.0	20.6	21.1	20.7	20.8	20.2	19.3	19.9	20.2	20.8	20.9	21.0	20.6
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	20	21	21	21	21
Tº Media mensual	20.4	20.3	20.4	20.5	20.1	19.4	19.0	19.2	19.5	20.2	20.5	20.5	20.0
Desv.estandar	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.9	0.6	0.4
Tº Max	21.4	21.4	21.3	21.3	21.1	20.4	19.9	20.3	20.2	21.1	21.2	21.3	20.6
Tº Min	19.3	19.3	19.2	19.0	19.2	18.0	17.4	17.6	18.0	18.1	16.9	19.1	19.0

Se observan datos incompletos para todo el mes de septiembre del año 2009.

Tabla 55

Datos incompletos de Tº máxima Estación Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Tº PROM
1993	29.1	28.9	28.0	29.6	29.7	29.5	29.4	29.3	29.7	29.1	28.7	28.8	29.1
1994	28.8	28.5	29.5	29.2	30.1	28.5	28.6	29.7	30.1	30.3	28.9	29.4	29.3
1995	29.5	29.0	28.7	30.2	29.9	29.6	29.5	30.4	30.9	29.9	29.8	29.6	29.7
1996	28.1	28.5	29.0	29.0	29.5	29.4	29.2	29.6	30.4	29.9	29.6	28.9	29.3
1997	27.8	28.4	29.1	30.0	29.4	29.0	29.9	29.4	30.5	30.8	29.6	29.6	29.4
1998	30.4	30.2	30.3	30.4	30.4	29.5	30.1	30.7	30.7	30.6	29.9	29.4	30.2
1999	28.0	28.3	28.1	29.2	28.7	28.9	29.0	29.5	30.2	30.7	30.5	29.4	29.2
2000	28.6	28.2	27.8	28.9	29.7	29.1	28.4	30.1	30.0	30.5	30.6	29.6	29.3
2001	28.3	28.7	28.6	30.3	29.5	28.9	29.4	29.7	30.5	30.7	29.3	30.3	29.5
2002	29.8	28.5	29.3	29.8	29.7	29.2	28.6	30.1	30.1	30.4	29.5	29.3	29.5
2003	29.9	29.4	29.5	29.6	29.7	29.5	29.3	29.5	30.3	31.3	30.7	29.5	29.8
2004	30.3	28.9	30.3	30.2	29.7	28.6	28.5	28.0	29.1	30.1	29.6	29.6	29.4
2005	30.5	30.4	29.2	30.1	30.3	29.9	29.4	30.9	30.5	30.1	31.0	29.0	30.1
2006	29.2	29.3	29.2	30.5	29.7	29.2	30.3	30.4	30.8	30.4	29.6	28.9	29.8
2007	29.4	29.3	29.2	30.1	29.7	30.3	29.8	30.1	30.8	30.2	30.3	29.6	29.9
2008	28.9	28.2	28.5	29.7	29.3	29.1	29.5	30.4	30.3	30.3	30.8	29.1	29.5
2009	28.9	28.9	29.1	29.6	30.0	29.3	29.7	30.6	SD	31.1	30.1	28.6	29.6
2010	29.6	29.8	31.1	30.6	30.3	30.2	29.9	31.3	31.7	30.9	30.4	29.4	30.4
2011	28.3	27.6	28.9	30.4	29.8	29.7	30.3	30.9	30.6	29.6	30.7	29.2	29.7
2012	30.1	27.9	30.4	30.2	30.7	30.2	30.0	31.1	31.2	31.0	31.1	29.2	30.3
2013	31.3	29.1	29.3	30.7	29.8	29.6	29.6	30.2	31.4	30.4	29.9	30.2	30.1
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	20	21	21	21	21
Tº Media mensual	29.3	28.9	29.2	29.9	29.8	29.4	29.4	30.1	30.5	30.4	30.0	29.4	29.7
Desv.estandar	0.9	0.7	0.8	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.6	0.5	0.7	0.4	0.4
Tº Max	31.3	30.4	31.1	30.7	30.7	30.3	30.3	31.3	31.7	31.3	31.1	30.3	30.4
Tº Min	27.8	27.6	27.8	28.9	28.7	28.5	28.4	28.0	29.1	29.1	28.7	28.6	29.1

Se observan datos incompletos para todo el mes de septiembre del año 2009.

Tabla 56*Datos incompletos de T° mínima Estación Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	19.8	19.6	20.1	20.0	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	19.9
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	20.0	20.0	19.8	19.2	18.7	17.2	18.3	19.1	19.6	19.6	19.8	19.2
1997	20.0	20.0	20.0	19.6	19.4	19.7	18.4	18.8	19.7	19.7	20.5	18.8	19.6
1998	19.2	19.4	19.0	20.3	19.8	19.6	18.9	19.6	19.0	19.8	19.7	19.7	19.5
1999	20.0	19.7	20.1	19.6	19.8	19.3	18.2	17.8	19.3	19.0	20.1	20.6	19.5
2000	20.3	20.2	20.1	19.7	19.5	19.8	18.6	18.6	19.6	19.4	20.8	20.7	19.8
2001	20.5	20.2	20.2	20.2	20.2	18.8	19.7	17.8	19.2	19.9	20.7	20.9	19.9
2002	20.9	21.2	21.0	21.4	20.6	19.5	19.7	18.9	19.8	20.4	20.7	SD	20.4
2003	20.5	21.2	20.1	21.0	20.1	19.7	18.4	19.1	19.2	19.8	20.1	21.2	20.0
2004	21.3	20.5	21.3	20.9	20.4	19.2	19.3	17.9	19.0	20.7	21.3	21.4	20.3
2005	21.0	21.7	21.3	21.3	21.4	19.9	18.6	19.1	19.4	20.0	20.9	20.7	20.4
2006	20.8	20.9	20.6	20.2	19.2	19.5	18.6	19.5	19.7	21.1	20.8	21.3	20.2
2007	21.4	21.2	21.1	21.0	21.0	19.8	19.5	18.8	19.1	20.1	21.1	21.0	20.4
2008	21.0	20.8	20.7	20.7	20.3	19.2	19.2	20.2	19.4	20.2	21.1	21.1	20.3
2009	21.0	20.8	20.6	20.4	20.7	19.9	19.8	20.3	20.0	20.8	21.4	21.6	20.6
2010	21.5	21.3	21.5	21.6	21.7	20.4	19.7	19.2	19.6	20.2	20.6	20.7	20.7
2011	20.9	20.3	20.9	20.3	20.7	20.1	19.6	19.3	19.4	20.7	21.1	20.9	20.3
2012	21.2	20.8	20.6	20.9	20.3	20.0	18.7	18.5	18.6	21.2	21.3	21.2	20.3
2013	21.4	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	19.6	20.9	21.1	21.3	20.9
N° Datos	18	18	18	18	17	17	17	17	18	18	18	17	19
T° Media mensual	20.7	20.6	20.5	20.5	20.3	19.6	19.0	18.9	19.4	20.2	20.7	20.8	20.1
Desv.estandar	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.4	0.7	0.7	0.3	0.6	0.5	0.7	0.5
T° Max	21.5	21.7	21.5	21.6	21.7	20.4	19.8	20.3	20.0	21.2	21.4	21.6	20.9
T° Min	19.2	19.4	19.0	19.6	19.2	18.7	17.2	17.8	18.6	19.0	19.6	18.8	19.2

Se observan datos incompletos para todo el año 1993 y 1995, así mismo, desde mayo hasta diciembre del año 1994 y finalmente para el año 2013 desde febrero hasta agosto.

Tabla 57*Datos incompletos de T° máxima Estación Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	27.9	28.3	29.3	29.6	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	28.8
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996		30.3	29.8	29.5	29.8	29.5	29.7	30.7	31.4	31.1	31.3	29.9	30.3
1997	28.7	29.1	30.3	31.1	29.4	29.6	30.7	29.9	31.3	31.4	30.8	30.7	30.3
1998	31.2	31.2	31.1	31.2	30.9	30.1	30.7	30.9	31.3	31.6	30.8	30.5	31.0
1999	28.8	29.9	28.8	30.1	29.8	29.8	29.8	31	31.4	31.8	SD	SD	30.1
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	31.7	31.7	30.5	31.3
2001	28.6	29	29.2	30.8	29.8	29.2	29.6	30.1	31.1	31.7	30.6	31	30.1
2002	30.2	28.9	29.5	30.4	30.3	29.6	29.1	31.2	31.2	31.1	30	SD	30.1
2003	28.6	29.6	30.0	30.5	30.3	29.9	29.8	30.0	31.0	31.8	31.3	30.1	30.2
2004	31.0	29.4	31.0	30.8	30.5	29.1	29.3	29.0	29.9	31.1	30.4	30.4	30.1

2005	31.4	31.3	30.0	30.5	30.7	30.5	29.7	31.6	31.3	30.6	31.8	29.4	30.7
2006	29.5	29.3	29.2	30.5	29.8	29.1	30.4	30.5	31.3	31.0	30.5	29.7	30.1
2007	30.1	29.9	29.8	30.9	30.2	30.6	30.1	30.7	31.6	31.1	31.2	30.9	30.6
2008	29.3	29.0	29.3	30.4	30.0	29.6	29.9	31.1	31.1	31.2	31.8	30.1	30.2
2009	29.6	29.6	29.8	29.8	30.1	29.3	30.1	31.5	31.9	32.0	31.3	29.7	30.4
2010	30.6	30.3	31.6	31.0	31.0	30.3	30.5	32.1	33.0	31.5	31.5	30.2	31.1
2011	29.0	28.4	29.8	30.9	30.6	30.5	30.8	31.6	31.4	30.4	31.7	30.1	30.4
2012	31.1	28.7	31.3	30.9	31.0	30.8	30.2	31.6	31.9	31.7	32.0	30.2	30.9
2013	32.0	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	32.3	31.3	30.7	31.2
N° Datos	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	17.0	18.0	17.0	16.0	19.0
T° Media mensual	29.9	29.5	30.0	30.5	30.2	29.8	30.0	30.8	31.4	31.3	31.1	30.3	30.4
Desv.estandar	1.2	0.9	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	0.8	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6
T° Max	32.0	31.3	31.6	31.2	31.0	30.8	30.8	32.1	33.0	32.0	32.0	31.2	31.5
T° Min	27.9	28.3	28.8	29.5	29.4	29.1	29.1	29.0	29.9	30.4	30.0	29.4	28.8

Se observan datos incompletos para todo el año 1993 y 1995, así mismo, desde mayo hasta diciembre del año 1994, para el año 1999 también se observan datos incompletos en los meses de noviembre y diciembre, para el año 2000 los datos incompletos van desde enero hasta septiembre, solo en el mes de diciembre para el año 2002 y finalmente para el año 2013 desde febrero hasta agosto.

Tabla 58

Datos incompletos de T° mínima Estación Maronal.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2001	21.3	21.8	SD	SD	SD	SD	19.2	17.7	SD	20.4	21.1	21.2	20.4
2002	21.2	21.7	21.1	21.0	20.0	18.4	19.1	18.6	19.3	20.2	20.6	20.9	20.2
2003	20.6	21.2	20.7	19.4	18.8	18.9	16.8	17.5	16.9	20.8	20.6	21.5	19.5
2004	21.9	21.4	22.1	21.6	20.4	19.2	19.4	18.2	19.0	20.9	21.5	22.0	20.6
2005	22.0	21.9	22.3	SD	20.9	20.2	17.8	18.9	18.6	20.7	21.3	21.2	20.5
2006	21.0	20.9	20.4	19.8	16.7	19.1	18.8	19.3	19.7	21.3	21.6	21.8	20.0
2007	21.3	21.3	21.1	20.6	18.5	18.6	18.9	19.1	20.1	20.7	20.8	21.4	20.2
2008	21.1	21.4	21.1	20.2	19.3	18.7	19.1	19.7	18.3	19.9	19.9	20.6	19.9
2009	21.0	20.5	21.7	20.7	21.0	18.8	18.8	19.0	20.2	19.8	20.2	20.0	20.1
2010	20.5	19.8	19.5	19.5	19.7	18.7	18.1	20.0	19.8	19.6	19.5	19.1	19.5
2011	19.4	19.6	19.1	21.4	19.9	18.8	18.8	19.8	19.9	19.1	19.2	19.3	19.5
2012	19.6	19.1	19.5	19.8	20.5	20.1	19.6	19.7	19.3	19.0	19.1	18.9	19.5

2013	20.3	20.0	21.1	20.4	21.0	19.8	19.4	20.0	19.9	21.3	20.1	20.1	20.3
N° Datos	13	13	12	11	12	12	13	13	12	13	13	13	13
T° Media mensual	20.9	20.8	20.8	20.4	19.7	19.1	18.7	19.0	19.3	20.3	20.4	20.6	20.0
Desv.estandar	0.8	0.9	1.0	0.8	1.3	0.6	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4
T° Max	22.0	21.9	22.3	21.6	21.0	20.2	19.6	20.0	20.2	21.3	21.6	22.0	20.6
T° Min	19.4	19.1	19.1	19.4	16.7	18.4	16.8	17.5	16.9	19.0	19.1	18.9	19.5

Se observan datos incompletos del año 1993 hasta 2000, y para el año 2001 en los meses de marzo, abril, mayo, junio y septiembre, así mismo, en el año 2005 se observa dato incompleto en el mes de abril.

Tabla 59

Datos incompletos de T° máxima Estación Maronal.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	33.4	33.7	32.1	32.7	33.0
1998	32.7	32.8	31.9	32.1	30.7	30.3	32.6	34.1	32.8	32.8	31.8	31.6	32.2
1999	30.7	31.4	31.2	30.5	30.4	31.0	30.9	31.3	33.4	32.5	31.7	31.7	31.4
2000	30.7	31.2	30.7	31.0	31.0	30.5	29.2	31.9	32.6	32.3	32.6	31.5	31.3
2001	31.2	31.7	30.4	31.8	31.1	29.5	30.8	32.8	SD	34.0	32.6	32.0	31.6
2002	32.3	31.5	31.0	31.0	31.3	30.9	30.3	32.3	32.7	32.9	32.1	32.0	31.7
2003	32.2	32.0	31.3	31.7	31.6	31.4	31.0	31.8	32.2	33.6	33.3	31.7	32.0
2004	31.8	31.8	31.3	31.9	29.6	30.2	29.9	31.0	32.0	32.4	31.5	31.6	31.3
2005	32.6	31.8	32.0	30.9	32.2	31.7	31.4	33.8	33.5	32.4	32.6	31.4	32.2
2006	31.6	30.6	31.5	31.1	30.4	31.5	32.1	32.6	33.2	33.1	31.9	31.7	31.8
2007	32.0	31.6	31.1	31.4	30.7	31.5	31.3	32.2	33.5	32.4	32.6	32.1	31.9
2008	31.1	31.4	30.0	31.6	30.5	29.3	32.2	33.6	32.9	32.0	32.6	31.8	31.6
2009	30.9	31.1	31.5	30.9	31.2	30.3	31.4	33.0	33.5	34.0	33.4	32.8	32.0
2010	34.2	32.2	32.8	33.2	32.5	33.3	31.1	34.7	34.5	34.0	32.9	32.6	33.2
2011	31.9	30.6	29.8	32.1	31.6	31.6	31.9	33.6	34.0	32.2	32.5	32.0	32.0
2012	32.7	30.4	31.2	31.0	33.5	33.0	33.4	33.9	33.7	32.7	33.8	31.1	32.5
2013	32.2	31.2	31.4	33.0	31.6	30.5	30.9	31.2	33.6	33.2	30.8	33.4	31.9
N° Datos	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17
T° Media mensual	31.9	31.5	31.2	31.6	31.2	31.0	31.3	32.7	33.2	33.0	32.4	32.0	32.0
Desv.estandar	0.9	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.0	1.1	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5
T° Max	34.2	32.8	32.8	33.2	33.5	33.3	33.4	34.7	34.5	34.0	33.8	33.4	33.2
T° Min	30.7	30.4	29.8	30.5	29.6	29.3	29.2	31.0	32.0	32.0	30.8	31.1	31.3

Se observan datos incompletos desde el año 1993 hasta 1996, para el año 1997 se observa que los datos incompletos van desde el mes de enero hasta agosto, así mismo, para el año 2001 se observa dato incompleto en el mes de septiembre.

Tabla 60

Datos incompletos de T° mínima Estación Dos de Mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	22.4	20.9	
											5	4	21.7
2002	18.3	18.3	19.87	20.4	21.14	19.9	19.8	19.35	19.7	20.6	20.5	21.4	20.0
	8	1		7		0	6		2	7	1	8	
2003	21.3	21.4	21.27	20.9	20.92	20.7	19.2	19.30	19.5	20.6	21.1	21.1	20.6
	9	1		3		8	7		3	6	3	9	
2004	21.0	20.7	20.78	20.7	20.39	19.0	19.4	18.91	19.3	20.2	20.1	20.4	20.1
	8	0		9		6	1		1	5	1	0	
2005	20.6	21.0	21.14	21.0	20.69	20.3	18.7	19.01	19.8	20.5	20.7	20.8	20.4
	6	4		7		0	4		4	9	7	5	
2006	20.8	20.5	19.88	20.0	19.23	19.2	18.4	19.25	19.5	21.2	21.0	21.0	20.0
	3	8		4		5	8		4	6	5	1	
2007	20.6	20.7	20.11	20.6	20.21	19.6	18.8	19.18	19.2	20.9	20.4	20.9	20.2
	5	8		7		1	6		9	6	9	9	
2008	21.0	20.4	20.82	20.8	20.68	20.2	19.6	19.68	19.7	20.7	21.0	20.8	20.5
	7	2		9		7	0		4	3	2	5	
2009	21.1	20.9	21.10	21.1	20.71	20.0	19.5	19.80	20.3	20.8	21.3	20.1	20.6
	7	4		8		7	8		6	6	9	6	
2010	20.3	20.6	20.68	20.4	20.03	19.2	18.6	18.24	18.9	19.7	19.6	SD	19.7
	5	0		9		9	0		0	7	6		
2011	19.3	19.4	18.97	19.4	19.48	18.6	18.3	18.73	18.7	19.9	19.9	20.4	19.3
	5	9		3		3	2		7	9	7	4	
2012	19.9	19.7	20.36	20.2	19.90	19.4	19.1	18.94	19.7	19.9	20.6	20.7	19.9
	0	4		8		1	4		7	7	3	4	
2013	20.7	20.4	20.80	20.2	20.42	19.2	18.4	19.43	19.4	21.0	21.2	20.8	20.2
	2	6		1		5	8		5	3	0	7	
N° Datos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	13
T° Media mensual	20.5	20.4	20.5	20.5	20.3	19.6	19.0	19.2	19.5	20.6	20.8	20.8	20.2
Desv.estandar	0.9	0.8	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.7	0.4	0.6
T° Max	21.4	21.4	21.3	21.2	21.1	20.8	19.9	19.8	20.4	21.3	22.5	21.5	21.7
T° Min	18.4	18.3	19.0	19.4	19.2	18.6	18.3	18.2	18.8	19.8	19.7	20.2	19.3

Se observan datos incompletos desde el año 1993 hasta el año 2000, para el año 2001 los datos incompletos van desde enero hasta octubre, así mismo, para el año 2010 se observa dato incompleto en el mes de diciembre.

Tabla 61

Datos incompletos de T° max estación Dos de Mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1999	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	35.3	33.4	34.3
2002	34.2	33.4	32.5	31.6	31.9	31.8	30.3	32.7	33.7	33.1	33.9	35.3	32.9
2003	35.3	32.2	31.7	32.0	30.5	31.0	31.1	32.4	33.0	33.9	33.8	32.3	32.4
2004	34.8	33.5	32.5	33.0	32.5	30.5	31.3	31.9	32.0	33.6	33.3	32.9	32.6
2005	34.4	32.3	32.9	31.6	32.5	32.8	32.6	34.1	34.5	33.4	33.6	33.4	33.2
2006	33.6	32.4	32.7	32.1	32.5	32.6	33.0	33.6	34.4	34.6	33.8	33.4	33.2
2007	34.7	34.8	32.3	32.2	31.9	33.1	33.5	33.6	32.8	33.4	32.9	34.1	33.3
2008	33.8	32.6	31.5	32.6	32.1	31.9	32.7	33.9	33.1	32.6	33.0	33.4	32.8
2009	31.7	32.6	31.5	31.4	32.0	31.7	32.6	33.4	32.8	34.1	34.8	34.5	32.7
2010	35.1	33.9	33.5	32.8	32.5	32.3	32.7	34.5	34.5	34.0	33.3	SD	33.5
2011	33.6	32.0	31.3	32.2	31.9	31.6	32.1	34.4	32.5	32.6	32.9	32.3	32.5
2012	32.9	32.2	31.9	31.4	32.8	32.3	33.0	34.4	34.0	32.8	34.2	32.6	32.9
2013	33.1	32.8	33.0	34.1	33.4	32.7	32.7	33.1	34.9	34.0	33.3	33.5	33.4
N° Datos	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	13
T° Media mensual	33.9	32.9	32.3	32.2	32.2	32.0	32.3	33.5	33.5	33.5	33.7	33.4	33.1
Desv. estandar	1.0	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.6	0.7	0.9	0.5
T° Max	35.3	34.8	33.5	34.1	33.4	33.1	33.5	34.5	34.9	34.6	35.3	35.3	34.3
T° Min	31.7	32.0	31.3	31.4	30.5	30.5	30.3	31.9	32.0	32.6	32.9	32.3	32.4

Se observan datos incompletos desde el año 1993 hasta el año 2000, para el año 2001 los datos incompletos van desde enero hasta octubre, así mismo, para el año 2010 se observa dato incompleto en el mes de diciembre.

Anexo B

Datos pisco a nivel punto

a. Precipitación.

Los datos de precipitación Pisco se descargaron a nivel de punto teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicadas las estaciones meteorológicas consideradas para este presente estudio.

Tabla 62

Datos pisco de precipitación de la Est. Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	347.5	281.5	317.2	262.9	227.3	100.6	101.7	36.1	192.3	206.4	534.7	538.4	3146.5
1994	588.8	349.6	256.4	295.5	191.2	74.5	126.7	33.1	151.1	224.8	282.5	457.7	3031.9
1995	398.8	307.2	304.0	219.1	107.8	66.1	92.1	62.3	117.8	238.7	282.4	366.0	2562.4
1996	493.8	273.4	214.7	371.5	223.7	144.5	43.5	63.0	124.8	220.2	325.2	345.2	2843.4
1997	514.2	379.7	259.1	281.9	179.7	175.2	60.3	28.9	187.5	202.1	359.7	395.7	3024.0
1998	480.1	407.2	303.7	312.1	212.5	107.7	60.1	81.7	148.4	183.2	300.0	294.2	2890.9
1999	645.4	386.9	456.1	199.6	201.2	157.7	100.9	43.1	176.1	161.6	260.2	374.2	3162.8
2000	398.7	399.8	391.1	266.6	193.5	246.5	129.0	86.8	114.3	160.1	237.8	315.8	2939.9
2001	431.3	325.3	250.9	158.6	263.2	78.8	195.0	53.3	144.3	159.2	457.1	344.3	2861.1
2002	411.8	516.5	304.4	316.1	268.3	114.9	165.4	62.3	131.4	184.9	354.4	415.4	3245.9
2003	415.6	401.2	285.8	339.8	184.4	146.1	68.2	54.2	182.2	171.4	275.7	473.9	2998.5
2004	379.2	267.1	275.7	208.5	186.5	108.5	129.5	40.7	190.5	229.3	437.6	377.5	2830.5
2005	346.5	315.8	366.7	235.1	142.3	138.9	55.9	44.4	159.0	245.9	216.2	418.7	2685.5
2006	351.7	495.9	271.1	263.8	162.8	159.5	99.7	51.0	155.7	242.8	483.5	475.7	3213.3
2007	441.3	306.1	297.6	286.8	180.8	65.2	152.9	49.9	77.4	222.8	330.7	458.7	2870.1
2008	388.5	382.8	351.4	274.4	196.0	122.4	131.4	56.9	154.5	226.3	253.4	428.5	2966.4
2009	476.5	406.5	314.6	290.0	225.5	155.6	106.0	62.7	143.8	186.9	377.1	524.0	3269.1
2010	346.5	491.9	269.9	272.3	171.0	84.7	134.0	34.6	84.3	147.2	351.7	324.8	2712.8
2011	493.5	521.9	309.4	308.7	194.1	126.4	140.6	45.3	216.6	184.1	323.9	346.0	3210.5

2012	378. 7	399. 8	288.9	345. 8	161.0	167. 5	46.5	41.0	97.0	203. 6	321. 3	441. 9	2892.9
2013	364. 8	464. 1	373.7	300. 8	265.1	153. 6	102. 4	101.6	152. 5	311. 4	297. 4	337. 6	3225.0
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	433. 0	384. 8	307.7	276. 7	197.1	128. 3	106. 8	54.0	147. 7	205. 4	336. 3	402. 6	2980.2
Desv.estandar	81.2	79.6	55.0	51.4	39.9	43.9	41.0	18.5	36.6	38.5	83.2	68.8	200.6
PP Max	645. 4	521. 9	456.1	371. 5	268.3	246. 5	195. 0	101.6	216. 6	311. 4	534. 7	538. 4	3269.1
PP Min	346. 5	267. 1	214.7	158. 6	107.8	65.2	43.5	28.9	77.4	147. 2	216. 2	294. 2	2562.4

Tabla 63*Datos Pisco de precipitación de la Est. Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	308. 9	287. 4	505.0	266. 3	193.8	82.5	92.3	58.3	265. 5	332. 7	648. 5	697. 1	3738.5
1994	430. 1	463. 7	347.2	270. 5	148.3	53.9	109. 6	51.2	199. 3	343. 3	270. 2	632. 0	3319.4
1995	352. 7	332. 5	594.8	214. 3	90.9	43.2	87.9	93.3	172. 3	356. 8	319. 5	416. 4	3074.7
1996	341. 4	334. 9	270.0	358. 6	204.6	137. 9	53.6	113.1	154. 7	313. 6	283. 3	352. 2	2918.0
1997	392. 9	415. 4	360.0	205. 5	172.6	96.7	63.7	45.8	166. 6	332. 8	367. 2	415. 5	3034.6
1998	386. 7	472. 2	435.9	217. 3	187.8	76.5	64.3	92.1	134. 2	307. 9	374. 5	402. 2	3151.7
1999	559. 5	470. 8	807.5	271. 8	185.6	135. 5	106. 0	88.3	223. 0	281. 0	329. 9	453. 5	3912.5
2000	411. 5	455. 2	577.4	261. 6	183.7	177. 9	109. 0	126.0	175. 7	256. 8	289. 1	340. 1	3364.2
2001	415. 8	394. 5	539.8	201. 8	197.4	73.9	144. 4	69.9	178. 5	298. 2	526. 1	329. 3	3369.5
2002	355. 7	577. 2	471.3	270. 9	220.6	118. 9	120. 1	80.1	174. 8	313. 3	372. 4	416. 4	3491.7
2003	396. 7	433. 3	481.2	200. 8	203.3	103. 1	74.0	79.4	211. 6	243. 0	331. 9	527. 7	3286.1
2004	333. 4	348. 3	468.0	194. 2	168.8	92.1	128. 2	57.4	237. 2	360. 9	414. 1	503. 0	3305.5
2005	335. 0	324. 4	576.5	224. 7	163.9	70.7	100. 4	66.8	205. 0	353. 1	283. 8	451. 5	3155.8
2006	354. 9	577. 8	483.4	252. 3	154.8	141. 1	112. 3	77.3	176. 3	373. 4	552. 6	510. 3	3766.6
2007	380. 0	334. 6	509.2	286. 0	196.6	58.2	155. 0	71.7	74.8	360. 5	400. 6	481. 0	3308.1
2008	430. 2	469. 8	508.9	254. 3	192.0	98.1	116. 3	75.3	194. 6	343. 0	320. 3	452. 6	3455.5
2009	442. 2	449. 3	548.9	285. 8	178.4	122. 2	104. 7	82.0	170. 2	288. 9	418. 1	531. 7	3622.5
2010	333. 7	513. 6	425.3	240. 6	162.0	74.8	124. 0	65.8	109. 3	221. 8	440. 4	340. 9	3052.1
2011	403. 3	511. 9	631.9	354. 9	210.9	105. 9	126. 1	74.0	265. 4	264. 5	368. 0	333. 6	3650.3

2012	328.0	435.6	538.4	341.5	129.1	133.8	56.9	50.4	118.1	359.6	341.2	485.5	3318.2
2013	401.7	501.3	513.8	287.0	207.7	150.6	103.0	255.5	146.8	533.7	284.0	438.5	3823.5
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21.0
PP Media mensual	385.5	433.5	504.5	260.0	178.7	102.3	102.5	84.5	178.8	325.7	377.9	452.9	3386.6
Desv.estandar	55.6	82.6	111.0	48.8	30.4	35.5	27.8	43.8	48.0	64.2	98.0	95.6	280.2
PP Max	559.5	577.8	807.5	358.6	220.6	177.9	155.0	255.5	265.5	533.7	648.5	697.1	3912.5
PP Min	308.9	287.4	270.0	194.2	90.9	43.2	53.6	45.8	74.8	221.8	270.2	329.3	2918.0

Tabla 64*Datos pisco de precipitación de la Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	334.0	306.7	397.2	179.2	80.5	42.3	52.1	92.1	144.9	135.2	297.8	203.5	2265.7
1994	105.1	103.5	213.3	135.3	129.8	54.2	6.1	25.0	114.4	126.3	206.8	283.3	1503.1
1995	32.0	299.0	265.3	170.7	70.2	59.8	32.4	23.9	99.7	209.2	205.9	164.6	1632.8
1996	302.2	453.2	242.9	230.9	126.8	47.6	48.5	66.6	116.3	172.5	261.4	198.4	2267.3
1997	310.4	311.0	265.9	158.4	139.0	50.7	23.4	79.5	153.1	134.9	242.7	103.3	1972.3
1998	193.2	235.5	293.0	178.2	192.0	38.6	1.1	18.2	126.3	215.7	342.2	269.3	2103.1
1999	342.7	298.7	325.7	187.9	288.8	105.3	54.1	62.8	174.8	97.4	137.7	193.0	2268.9
2000	279.3	426.9	208.4	228.7	113.4	125.3	82.3	123.9	60.7	112.7	230.2	191.1	2182.8
2001	206.1	270.5	239.8	254.9	126.8	53.7	43.4	34.1	117.7	143.3	231.8	244.0	1966.0
2002	114.9	337.8	328.9	202.4	145.4	51.1	116.6	140.1	136.8	144.1	127.2	100.1	1945.6
2003	197.8	292.7	291.5	207.4	206.6	99.3	10.0	46.3	207.1	100.3	191.4	293.3	2143.6
2004	322.6	152.8	233.2	252.2	113.4	43.5	164.2	67.6	97.9	137.6	248.8	214.4	2048.1
2005	134.0	155.0	208.4	151.7	70.3	56.3	27.2	18.8	69.9	311.2	103.8	365.6	1672.1
2006	188.0	355.0	191.4	158.9	91.6	48.4	45.2	84.1	78.2	144.3	382.1	167.3	1934.7
2007	141.6	277.0	217.8	188.2	110.0	13.6	59.9	19.6	74.6	240.4	121.9	147.0	1611.9
2008	358.2	212.1	323.1	154.2	126.4	91.7	35.2	28.2	115.3	108.6	169.1	203.9	1925.9
2009	334.9	177.7	127.1	433.0	226.8	71.2	80.9	33.9	41.5	73.7	184.2	115.6	1900.5
2010	116.5	234.7	176.7	243.4	124.2	33.7	114.5	5.4	95.7	57.1	229.8	134.7	1566.4
2011	326.0	507.8	361.3	155.6	79.1	56.9	21.2	69.1	206.8	132.9	143.5	193.2	2253.4

2012	169. 1	190. 1	341.8	223. 5	82.8	50.0	59.8	17.5	100. 3	177. 1	109. 7	371. 7	1893.5
2013	156. 0	228. 4	200.5	125. 7	123.5	138. 2	45.3	135.5	123. 0	110. 3	371. 1	52.0	1809.5
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	222. 1	277. 4	259.7	201. 0	131.8	63.4	53.5	56.8	116. 9	146. 9	216. 1	200. 4	1946.1
Desv.estandar	98.3	101. 9	68.7	65.5	55.4	31.1	40.1	40.7	43.5	58.7	82.1	82.9	243.4
PP Max	358. 2	507. 8	397.2	433. 0	288.8	138. 2	164. 2	140.1	207. 1	311. 2	382. 1	371. 7	2268.9
PP Min	32.0	103. 5	127.1	125. 7	70.2	13.6	1.1	5.4	41.5	57.1	103. 8	52.0	1503.1

Tabla 65

Datos pisco de precipitación de la Est. Dos de mayo.

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	115. 4	160. 9	300.3	70.9	50.9	19.5	44.6	39.3	51.1	101. 7	127. 5	122. 6	1204.5
1994	33.3	39.3	163.7	139. 8	74.4	44.3	46.0	30.9	45.7	147. 8	157. 3	115. 6	1038.1
1995	55.2	113. 1	214.7	76.9	50.4	20.0	40.6	19.7	85.2	133. 0	112. 3	204. 4	1125.5
1996	81.3	146. 3	135.9	95.0	65.3	26.3	30.5	68.9	53.3	97.7	90.8	118. 1	1009.5
1997	42.5	149. 5	77.9	105. 9	108.0	3.0	36.2	43.8	95.4	84.6	55.5	56.4	858.7
1998	46.9	114. 9	118.6	75.8	133.8	65.7	31.1	53.1	65.2	144. 1	60.7	112. 9	1022.8
1999	129. 6	146. 0	92.4	129. 2	180.2	92.4	70.0	39.0	33.6	152. 5	59.9	184. 6	1309.3
2000	164. 6	75.2	159.2	168. 8	28.3	87.8	73.9	66.1	73.9	94.4	134. 9	227. 0	1354.2
2001	170. 1	120. 2	169.2	111. 2	150.9	31.8	62.7	44.0	94.5	126. 1	49.1	141. 4	1271.1
2002	19.2	40.8	81.7	110. 4	120.9	17.8	125. 9	35.4	59.5	88.3	70.8	37.9	808.5
2003	89.4	150. 4	134.7	51.1	126.8	83.6	30.5	72.8	99.3	118. 2	141. 5	166. 0	1264.4
2004	37.6	54.2	123.5	54.9	64.7	39.1	76.9	47.6	98.0	182. 7	220. 9	82.3	1082.4
2005	44.8	106. 2	117.5	137. 0	123.5	46.6	38.3	33.3	43.8	94.8	101. 9	101. 1	989.0
2006	57.3	76.0	185.0	87.7	31.8	84.7	76.4	44.9	76.8	90.7	162. 9	92.9	1067.0
2007	36.3	50.1	247.2	133. 8	107.2	26.7	32.1	54.9	83.4	171. 9	155. 9	100. 8	1200.5
2008	58.3	167. 9	162.2	99.6	137.1	44.2	43.2	47.8	73.0	157. 9	128. 7	134. 9	1254.8
2009	108. 4	54.5	174.2	104. 8	101.5	34.7	27.7	48.9	101. 9	63.0	85.1	71.3	976.1
2010	19.0	102. 6	111.2	78.8	142.0	47.7	59.8	8.8	56.5	79.0	137. 1	66.7	909.2
2011	79.4	106. 6	191.0	129. 7	71.7	70.7	71.3	33.7	107. 3	154. 0	180. 2	121. 3	1316.8

2012	111. 1	52.6	128.4	129. 9	58.5	38.1	33.8	24.7	93.6	211. 8	97.2	43.5	1023.1
2013	90.2	125. 8	180.6	69.8	80.0	78.5	28.5	97.9	58.0	202. 0	127. 7	108. 0	1246.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	75.7	102. 5	155.7	102. 9	95.6	47.8	51.4	45.5	73.8	128. 4	117. 0	114. 7	1111.1
Desv.estandar	44.3	42.6	54.4	31.2	42.1	26.5	24.5	19.7	22.1	42.2	45.3	50.0	159.5
PP Max	170. 1	167. 9	300.3	168. 8	180.2	92.4	125. 9	97.9	107. 3	211. 8	220. 9	227. 0	1354.2
PP Min	19.0	39.3	77.9	51.1	28.3	3.0	27.7	8.8	33.6	63.0	49.1	37.9	808.5

b. Temperatura

Los datos de temperatura Pisco se descargaron a nivel de punto teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicadas las estaciones meteorológicas consideradas para este presente estudio.

Tabla 66

Datos pisco de temperatura media – Est. Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	23.9	24.0	23.8	24.5	24.3	23.9	24.1	23.7	24.7	24.4	24.3	23.9	24.1
1994	23.9	23.7	24.0	24.4	24.1	23.6	23.2	23.9	24.8	24.4	24.4	24.0	24.0
1995	24.3	24.4	23.9	24.6	24.1	23.9	24.1	24.4	24.6	24.4	24.6	23.6	24.2
1996	23.5	23.8	24.2	24.1	23.8	23.0	22.9	23.8	24.2	24.2	24.1	23.4	23.8
1997	24.0	23.7	24.3	24.7	24.3	24.3	24.2	24.4	25.5	25.7	25.2	24.8	24.6
1998	25.5	25.5	25.6	26.0	24.9	23.9	24.1	24.8	24.7	24.8	24.6	23.9	24.9
1999	23.3	23.6	23.4	23.7	23.5	23.4	22.9	23.4	24.4	24.0	24.4	23.6	23.6
2000	23.5	23.4	23.4	24.1	24.0	23.7	23.1	24.0	24.3	24.4	24.7	23.7	23.8
2001	23.4	23.8	23.9	24.4	23.9	22.6	23.9	23.7	24.2	24.6	24.4	23.9	23.9
2002	24.3	24.1	24.5	24.6	24.2	23.3	23.5	23.9	24.4	24.5	24.3	24.0	24.1
2003	24.5	24.4	24.1	24.3	24.0	23.9	23.6	23.8	24.2	25.0	25.0	23.9	24.2
2004	24.6	24.2	24.7	24.9	24.0	23.0	23.6	23.0	23.9	24.6	24.8	24.3	24.1
2005	24.8	24.5	24.5	24.9	24.5	24.1	23.4	24.4	24.5	24.3	24.8	23.8	24.4
2006	24.2	24.5	24.4	24.4	23.6	23.9	24.3	24.6	25.0	24.9	24.6	24.2	24.4
2007	24.7	24.7	24.2	24.7	24.1	23.7	23.6	24.0	24.2	24.2	24.5	23.7	24.2
2008	24.0	24.0	23.8	24.6	23.9	23.4	24.1	25.0	24.7	24.4	24.9	24.2	24.3
2009	23.9	24.2	24.2	24.7	24.4	23.8	24.3	24.9	24.8	25.0	25.2	24.3	24.5
2010	24.7	25.1	25.2	25.4	24.7	24.1	24.0	24.5	25.2	24.8	24.6	24.0	24.7
2011	23.9	23.7	23.9	24.4	24.2	24.3	24.2	24.3	24.6	24.4	25.0	23.8	24.2
2012	24.4	23.9	24.4	24.8	24.6	24.2	24.1	24.5	24.6	24.7	25.2	23.8	24.4
2013	24.7	24.4	24.7	24.7	24.4	24.0	23.4	23.8	24.8	24.7	24.5	24.5	24.4
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° media mensual	24.2	24.2	24.2	24.6	24.2	23.7	23.7	24.1	24.6	24.6	24.7	24.0	24.2
Desv.estandar	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
T° Max	25.5	25.5	25.6	26.0	24.9	24.3	24.3	25.0	25.5	25.7	25.2	24.8	24.9
T° Min	23.3	23.4	23.4	23.7	23.5	22.6	22.9	23.0	23.9	24.0	24.1	23.4	23.6

Tabla 67*Datos pisco de temperatura media – Est.tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	24.8	25.0	24.7	25.4	25.1	25.0	25.0	24.5	25.3	25.2	25.4	25.6	25.1
1994	25.1	24.7	24.7	25.1	24.8	24.5	23.7	24.4	25.3	25.3	25.6	25.7	24.9
1995	25.7	25.3	24.7	25.1	24.7	24.7	24.6	25.1	25.1	25.1	25.6	25.1	25.1
1996	24.4	25.0	24.6	24.5	24.3	23.5	23.3	24.3	24.7	25.2	25.2	24.8	24.5
1997	25.0	24.4	25.0	25.5	25.0	25.1	24.8	24.8	25.8	26.4	25.9	26.0	25.3
1998	26.3	26.3	26.7	26.6	25.8	24.9	24.7	25.1	25.0	25.6	25.5	25.2	25.6
1999	24.4	25.0	24.4	24.5	24.3	24.1	23.5	24.0	24.9	25.2	25.1	25.1	24.5
2000	24.7	24.3	24.2	24.8	24.6	24.6	23.7	24.7	24.8	25.3	26.0	25.5	24.8
2001	24.5	24.7	24.6	25.2	24.5	23.4	24.4	24.1	24.6	25.3	25.3	25.2	24.7
2002	25.0	24.9	25.4	25.5	25.2	23.9	24.0	24.6	25.0	25.5	25.4	25.6	25.0
2003	25.1	25.3	24.9	24.9	24.6	24.3	23.9	24.2	24.7	25.7	25.9	25.5	24.9
2004	25.8	25.0	25.4	25.6	24.9	23.8	24.1	23.7	24.5	25.6	25.8	25.9	25.0
2005	25.9	25.3	25.3	25.7	25.3	24.7	24.1	24.8	24.8	25.1	25.8	25.4	25.2
2006	25.2	25.2	25.1	25.0	24.3	24.6	25.0	25.3	25.5	25.9	25.8	25.8	25.2
2007	25.8	25.5	25.0	25.4	24.9	24.4	24.1	24.3	24.8	24.9	25.4	25.1	25.0
2008	25.1	24.8	24.9	25.1	24.5	24.1	24.7	25.6	25.2	25.3	25.9	25.7	25.1
2009	25.1	25.1	25.0	25.2	25.3	24.5	25.0	25.4	25.2	25.8	26.3	25.9	25.3
2010	26.0	26.0	26.0	26.2	25.8	24.8	24.5	24.8	25.8	25.5	25.6	25.4	25.5
2011	24.9	24.5	25.1	25.1	25.5	25.2	24.9	24.8	25.0	25.2	26.0	25.4	25.1
2012	25.5	24.7	25.4	25.7	25.6	25.3	24.7	25.1	25.1	25.6	26.3	25.7	25.4
2013	25.9	25.2	25.4	25.2	25.3	24.6	24.0	24.3	25.2	25.4	25.5	26.1	25.2
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	25.2	25.1	25.1	25.3	25.0	24.5	24.3	24.7	25.1	25.4	25.7	25.5	25.1
Desv.estandar	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
T° Max	26.3	26.3	26.7	26.6	25.8	25.3	25.0	25.6	25.8	26.4	26.3	26.1	25.6
T° Min	24.4	24.3	24.2	24.5	24.3	23.4	23.3	23.7	24.5	24.9	25.1	24.8	24.5

Tabla 68*Datos pisco de temperatura media – Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	26.8	26.6	26.1	26.7	26.5	25.7	26.0	25.7	26.9	27.1	27.1	27.5	26.6
1994	27.0	26.3	26.4	26.5	26.3	25.8	25.2	26.1	26.9	27.1	27.1	27.3	26.5
1995	27.2	27.1	26.3	26.9	26.3	26.1	26.4	27.0	27.0	27.3	27.3	27.2	26.8
1996	26.6	26.2	26.6	26.3	26.0	25.2	25.0	26.2	26.6	27.0	27.1	26.8	26.3
1997	27.2	26.2	26.7	26.9	26.0	26.5	26.1	26.2	27.5	28.2	27.8	27.8	26.9
1998	28.2	28.0	27.8	28.0	26.8	25.8	26.0	27.3	27.1	27.6	27.3	27.3	27.3
1999	26.4	26.3	26.1	25.7	25.7	25.6	25.0	25.6	26.8	26.6	26.9	27.0	26.1
2000	26.5	26.1	25.9	26.1	26.1	26.0	24.9	26.2	26.6	27.0	27.5	27.1	26.3
2001	26.3	26.2	26.1	26.5	26.2	24.6	25.9	25.9	26.6	27.5	27.3	27.3	26.4
2002	27.3	26.8	26.8	26.7	26.4	25.5	25.5	26.3	26.9	27.3	26.9	27.4	26.6
2003	27.4	27.0	26.6	26.6	26.2	26.1	25.4	25.9	26.4	27.7	27.7	27.2	26.7
2004	27.7	26.8	27.0	27.1	26.0	25.0	25.4	25.1	26.0	27.2	27.4	27.6	26.5
2005	27.8	27.1	27.0	26.8	26.9	26.4	25.5	26.8	26.8	27.3	27.6	27.4	27.0
2006	27.1	27.1	26.8	26.7	25.7	26.2	26.3	26.8	27.2	27.6	27.4	27.7	26.9

2007	27.5	27.4	26.6	26.8	26.2	26.0	25.8	26.6	26.8	27.1	27.3	27.3	26.8
2008	26.9	26.5	26.1	26.9	26.1	25.2	26.2	27.3	26.8	27.1	27.5	27.7	26.7
2009	26.7	26.7	26.5	26.7	26.6	25.7	26.1	27.0	26.9	27.7	28.0	27.6	26.9
2010	27.6	27.6	27.6	27.5	26.7	26.2	26.1	26.8	27.6	27.8	27.4	27.5	27.2
2011	27.1	26.3	26.2	26.6	26.3	26.2	26.2	26.6	26.9	27.3	27.7	27.2	26.7
2012	27.3	26.3	26.6	26.8	26.7	25.9	25.5	26.8	26.9	27.6	28.0	27.3	26.8
2013	27.6	26.9	27.2	27.0	26.7	26.2	25.5	26.1	27.2	27.6	27.2	27.8	26.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	27.1	26.7	26.6	26.8	26.3	25.8	25.7	26.4	26.9	27.4	27.4	27.4	26.7
Desv.estandar	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
T° Max	28.2	28.0	27.8	28.0	26.9	26.5	26.4	27.3	27.6	28.2	28.0	27.8	27.3
T° Min	26.3	26.1	25.9	25.7	25.7	24.6	24.9	25.1	26.0	26.6	26.9	26.8	26.1

Tabla 69*Datos pisco de temperatura media – Est. Dos de mayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	26.0	25.7	25.2	25.6	25.5	25.3	25.2	25.0	26.3	26.5	26.1	26.4	25.7
1994	26.1	25.4	25.5	25.5	25.4	25.2	24.3	25.3	26.1	26.2	26.3	26.3	25.6
1995	26.4	26.1	25.3	25.7	25.3	25.4	25.3	25.9	26.1	26.2	26.4	26.0	25.8
1996	25.6	25.2	25.4	25.1	25.2	24.5	24.1	25.1	25.6	25.9	26.1	25.8	25.3
1997	26.2	25.3	25.6	25.7	25.1	25.9	25.4	25.5	26.9	27.3	26.9	26.9	26.1
1998	27.4	27.0	26.9	26.8	25.9	25.3	25.3	26.3	26.1	26.6	26.5	26.2	26.4
1999	25.3	25.1	25.0	24.6	24.6	24.9	24.0	24.7	25.7	25.6	25.8	25.9	25.1
2000	25.4	25.0	24.9	24.9	25.1	25.3	24.1	25.2	25.6	26.1	26.7	25.9	25.3
2001	25.3	25.3	25.1	25.2	25.1	24.0	24.7	24.9	25.3	26.4	26.4	26.2	25.3
2002	26.2	25.8	25.9	25.7	25.5	24.8	24.4	25.2	25.9	26.3	26.2	26.4	25.7
2003	26.4	26.1	25.6	25.5	25.1	25.2	24.5	25.0	25.5	26.6	26.7	26.2	25.7
2004	26.6	26.0	26.1	26.2	25.4	24.4	24.6	24.4	25.2	26.5	26.6	26.5	25.7
2005	26.8	26.1	26.1	25.8	25.8	25.6	24.6	25.7	25.9	26.2	26.4	26.2	25.9
2006	26.1	26.0	25.8	25.5	24.9	25.5	25.5	25.9	26.3	26.7	26.4	26.6	25.9
2007	26.5	26.5	25.7	25.6	25.2	25.1	24.9	25.5	25.4	25.9	26.1	26.1	25.7
2008	25.6	25.4	25.1	25.6	25.0	24.9	25.1	26.2	25.9	26.1	26.5	26.6	25.7
2009	25.6	25.7	25.5	25.4	25.5	25.1	25.3	26.0	26.0	26.7	27.2	26.8	25.9
2010	26.7	26.7	26.7	26.4	25.9	25.6	25.1	25.8	26.7	26.8	26.4	26.4	26.3
2011	26.4	25.6	25.4	25.5	25.5	25.5	25.0	25.7	25.7	26.2	26.7	26.0	25.8
2012	26.2	25.5	25.5	25.5	25.7	25.2	24.9	25.9	26.0	26.5	27.1	26.2	25.9
2013	26.4	25.8	26.2	26.0	25.8	25.3	24.5	25.1	26.1	26.6	26.3	26.6	25.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	26.1	25.8	25.6	25.6	25.4	25.2	24.8	25.4	25.9	26.4	26.5	26.3	25.7
Desv.estandar	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
T° Max	27.4	27.0	26.9	26.8	25.9	25.9	25.5	26.3	26.9	27.3	27.2	26.9	26.4
T° Min	25.3	25.0	24.9	24.6	24.6	24.0	24.0	24.4	25.2	25.6	25.8	25.8	25.1

c. Evapotranspiración

Los datos de evapotranspiración Pisco se descargaron a nivel de punto teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicadas las estaciones meteorológicas consideradas para este presente estudio.

Tabla 70

Datos pisco de evapotranspiración – Est. Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP TOTAL
1993	138.9	129.5	141.6	137.9	145.4	136.8	136.0	123.3	107.1	107.6	112.3	124.4	1540.8
1994	137.7	129.4	146.8	140.7	146.8	139.7	146.6	137.0	123.7	118.3	103.4	109.6	1579.6
1995	122.0	120.1	140.4	140.5	144.7	136.3	142.3	141.5	133.5	128.7	113.4	109.6	1572.9
1996	107.2	107.7	128.3	132.2	142.5	141.4	144.1	142.2	141.8	141.0	131.5	124.7	1584.6
1997	112.8	97.8	113.1	120.7	134.6	138.3	145.0	142.3	138.6	144.6	138.6	136.5	1562.9
1998	127.8	106.1	112.3	107.3	117.4	126.4	139.9	143.1	140.3	144.5	142.0	143.8	1550.9
1999	142.1	122.0	123.7	109.7	111.2	111.6	129.1	138.9	139.7	145.2	137.3	142.5	1552.9
2000	144.5	131.2	134.0	120.4	113.1	107.7	114.4	123.1	131.8	141.4	136.9	140.8	1539.2
2001	142.0	127.3	141.7	131.2	125.9	112.6	107.7	108.5	114.2	132.0	135.9	140.0	1519.1
2002	141.6	128.8	143.4	136.4	136.2	126.4	117.6	109.1	105.4	115.7	122.7	137.7	1521.1
2003	140.2	129.9	138.8	134.7	138.2	135.3	130.5	119.3	105.5	105.0	105.7	122.3	1505.4
2004	133.0	130.7	140.8	132.6	142.1	136.0	140.2	135.8	121.9	115.7	110.8	114.3	1554.0
2005	122.1	123.4	143.8	143.9	149.1	142.5	151.0	150.1	141.0	137.6	118.6	113.5	1636.5
2006	111.2	109.0	130.8	135.5	145.1	141.7	142.5	141.6	137.4	138.1	127.4	122.5	1582.9
2007	110.4	98.9	112.3	118.8	136.2	136.5	145.5	142.9	138.0	142.9	134.9	132.7	1550.0
2008	126.8	108.9	112.0	106.5	120.3	130.4	139.9	147.3	139.2	144.3	137.8	142.8	1556.3
2009	139.5	120.1	120.6	107.4	111.7	113.8	127.8	139.6	140.6	146.2	140.5	147.5	1555.2
2010	144.8	129.1	136.9	120.4	115.8	104.9	113.3	126.7	133.2	144.2	138.9	145.7	1553.9
2011	146.7	132.4	144.4	133.6	127.5	112.2	112.0	111.8	117.5	130.2	138.0	147.0	1553.3
2012	144.8	133.0	146.4	138.3	140.4	127.7	118.7	106.9	106.0	112.8	120.1	134.8	1530.0
2013	142.3	131.2	142.1	141.1	144.5	137.3	133.6	122.4	109.3	108.0	107.1	124.6	1543.5
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EVP media mensual	132.3	121.3	133.1	128.1	132.8	128.3	132.3	131.1	126.9	130.7	126.4	131.3	1554.5
Desv.estandar	13.1	11.6	12.4	12.5	13.0	12.6	13.3	13.9	14.0	14.7	13.2	12.7	27.8

EVP Max	146.7	133.0	146.8	143.9	149.1	142.5	151.0	150.1	141.8	146.2	142.0	147.5	1636.5
EVP Min	107.2	97.8	112.0	106.5	111.2	104.9	107.7	106.9	105.4	105.0	103.4	109.6	1505.4

Tabla 71*Datos pisco de evapotranspiración – Est. Tutlumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EVP TOTAL
1993	143.3	133.3	148.1	143.5	148.7	139.4	138.4	126.6	110.4	111.2	114.7	126.7	1584.2
1994	139.3	133.0	151.1	146.1	151.5	143.0	147.1	138.5	125.5	120.9	105.3	111.8	1613.1
1995	123.2	122.2	144.2	144.7	150.0	143.3	147.9	146.6	136.6	131.9	116.7	113.5	1620.8
1996	111.1	110.1	130.2	134.1	148.1	146.1	151.9	147.7	146.3	145.1	134.7	128.4	1633.8
1997	117.1	101.0	115.7	123.7	136.2	143.6	150.4	150.1	146.0	150.4	143.2	140.6	1618.1
1998	131.5	109.9	116.2	110.9	121.0	131.3	143.6	149.8	146.6	152.2	148.2	149.3	1610.4
1999	146.0	126.0	127.6	113.4	115.0	114.2	132.6	141.2	145.4	150.3	144.4	147.5	1603.6
2000	149.6	135.9	137.7	123.7	116.6	112.1	117.6	126.3	134.8	147.5	141.6	148.2	1591.6
2001	148.1	131.9	146.0	134.7	128.8	115.5	111.9	111.0	117.1	135.3	139.4	144.2	1563.9
2002	147.1	135.1	148.7	140.2	140.6	129.0	121.1	112.4	108.3	117.9	125.6	139.3	1565.3
2003	143.1	132.8	144.6	139.4	142.8	138.3	132.4	121.9	107.6	107.1	107.7	124.3	1541.9
2004	135.4	134.7	146.4	138.5	147.3	140.0	143.8	139.4	125.3	119.7	114.8	117.3	1602.5
2005	125.1	126.5	146.8	147.4	154.1	148.8	157.1	155.6	145.0	140.1	122.0	116.8	1685.3
2006	114.5	110.9	132.4	137.7	148.8	145.1	149.3	146.5	143.4	143.4	131.1	126.5	1629.6
2007	114.3	101.5	115.7	122.2	139.4	142.0	148.1	147.4	143.6	147.6	139.7	137.4	1599.0
2008	130.7	112.4	116.6	110.1	124.3	132.8	144.6	152.8	145.6	151.5	142.6	147.4	1611.4
2009	142.8	123.9	123.7	110.6	114.9	116.2	130.4	142.4	145.1	150.2	146.3	150.4	1596.9
2010	148.1	133.2	141.3	124.6	119.0	108.6	116.1	130.3	135.9	148.8	144.0	152.6	1602.5
2011	151.9	134.6	148.0	137.6	131.2	115.5	114.6	113.9	119.5	132.6	140.2	150.5	1590.0
2012	150.9	139.4	151.3	142.5	144.2	131.5	122.4	110.8	108.9	115.3	123.5	138.9	1579.5
2013	146.6	135.3	149.0	146.3	148.6	140.6	137.6	125.6	112.2	110.5	109.6	126.9	1588.6
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EVP Media mensual	136.2	124.9	137.2	132.0	136.7	132.2	136.1	135.1	130.9	134.7	130.2	135.2	1601.5
Desv.estandar	13.6	12.2	13.1	12.8	13.5	13.1	14.0	14.9	15.2	15.9	14.3	13.5	29.4
EVP Max	151.9	139.4	151.3	147.4	154.1	148.8	157.1	155.6	146.6	152.2	148.2	152.6	1685.3

EVP Min	111. 1	101. 0	115.7	110. 1	114.9	108. 6	111. 9	110. 8	107. 6	107. 1	105.3	111. 8	1541.9
---------	-----------	-----------	-------	-----------	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------	-----------	--------

Tabla 72*Datos pisco de evapotranspiración – Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OC T	NOV I	DIC	EVP TOTAL
1993	151. 3	141. 1	156. 4	149. 9	156. 7	147. 6	147. 1	133. 5	116. 3	116. 3	121.8	133. 9	1672.0
1994	148. 0	140. 6	159. 4	154. 7	160. 7	151. 4	159. 5	148. 4	133. 8	128. 9	113.0	119. 1	1717.5
1995	133. 7	131. 1	153. 5	152. 9	158. 5	150. 7	155. 7	153. 9	145. 1	140. 3	124.1	120. 1	1719.6
1996	116. 2	117. 7	140. 1	143. 8	155. 0	154. 3	161. 4	156. 2	154. 3	153. 3	143.4	136. 6	1732.3
1997	122. 7	106. 8	123. 6	132. 4	145. 5	151. 8	158. 5	157. 3	152. 8	158. 5	150.8	148. 8	1709.5
1998	139. 1	116. 4	122. 8	116. 4	128. 1	137. 8	152. 5	155. 5	153. 8	159. 1	155.8	156. 4	1693.9
1999	153. 3	131. 1	133. 8	119. 4	121. 0	120. 7	139. 8	150. 5	152. 5	157. 2	151.5	156. 6	1687.4
2000	156. 9	141. 8	145. 0	131. 2	122. 7	115. 9	123. 0	133. 0	142. 3	154. 9	148.0	155. 9	1670.6
2001	156. 8	138. 8	154. 0	142. 3	136. 5	123. 0	117. 7	118. 1	124. 6	142. 8	147.3	152. 9	1654.8
2002	154. 7	141. 9	155. 5	148. 6	147. 8	137. 0	128. 0	118. 6	115. 2	126. 4	133.9	150. 1	1657.7
2003	152. 8	141. 0	153. 9	148. 1	150. 2	146. 6	141. 9	129. 5	115. 4	115. 0	114.5	132. 9	1641.7
2004	144. 1	142. 3	154. 0	146. 6	156. 7	149. 1	151. 1	147. 0	131. 5	123. 9	118.9	121. 1	1686.4
2005	129. 7	131. 6	154. 7	154. 9	161. 0	155. 0	163. 3	162. 0	151. 3	147. 2	127.4	122. 3	1760.3
2006	120. 0	118. 8	143. 0	147. 1	157. 8	154. 0	157. 3	155. 7	149. 7	151. 4	138.1	132. 8	1725.7
2007	120. 9	107. 6	122. 5	128. 5	147. 7	148. 6	157. 6	156. 7	152. 0	156. 0	146.4	144. 6	1689.2
2008	137. 3	118. 7	122. 6	114. 8	130. 6	142. 0	151. 1	161. 3	152. 0	158. 5	150.7	153. 5	1693.1
2009	150. 3	129. 3	130. 8	117. 0	120. 9	123. 2	138. 7	152. 5	153. 8	159. 6	155.3	161. 3	1692.7
2010	157. 0	139. 3	147. 2	130. 5	126. 0	113. 8	122. 8	137. 7	144. 8	157. 2	151.0	159. 6	1687.0
2011	160. 5	143. 6	155. 9	144. 4	138. 6	121. 9	121. 8	120. 3	127. 1	140. 0	149.4	159. 1	1682.6
2012	159. 3	145. 8	160. 3	149. 7	151. 2	138. 2	127. 7	115. 8	115. 0	121. 6	130.4	145. 8	1660.8
2013	154. 8	141. 8	156. 4	154. 0	157. 0	148. 8	143. 9	131. 8	119. 9	117. 2	116.4	135. 6	1677.7
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EVP Media mensual	143. 8	131. 8	145. 0	139. 4	144. 3	139. 6	143. 8	142. 6	138. 2	142. 2	137.5	142. 8	1691.1
Desv.estandar	14.5	12.5	13.5	13.7	14.2	14.0	14.9	15.6	15.4	16.4	14.8	14.3	28.7
EVP Max	160. 5	145. 8	160. 3	154. 9	161. 0	155. 0	163. 3	162. 0	154. 3	159. 6	155.8	161. 3	1760.3

EVP Min	116. 2	106. 8	122. 5	114. 8	120. 9	113. 8	117. 7	115. 8	115. 0	115. 0	113.0	119. 1	1641.7
---------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------	-----------	--------

Tabla 73*Datos pisco de evapotranspiración – Est. Dos de mayo.*

AÑO	EN E	FEB	MA R	AB R	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OC T	NO V	DIC	EVP TOTAL
1993	147. 4	137. 3	150. 7	146. 6	153. 9	144. 7	144. 1	131. 5	116. 0	116. 4	120. 0	132. 0	1640.4
1994	143. 9	136. 7	154. 7	149. 9	155. 4	147. 4	155. 7	145. 5	131. 5	127. 4	113. 4	117. 9	1679.3
1995	130. 9	128. 4	149. 4	148. 0	153. 4	145. 6	150. 8	149. 6	140. 3	136. 2	121. 5	118. 9	1672.9
1996	115. 3	115. 5	136. 7	139. 9	150. 1	149. 9	156. 1	151. 1	149. 8	148. 6	139. 5	132. 7	1685.1
1997	121. 0	105. 6	121. 7	129. 0	141. 7	147. 6	153. 7	151. 1	146. 2	152. 1	145. 8	144. 0	1659.5
1998	135. 1	114. 1	121. 6	114. 7	125. 8	134. 8	148. 7	151. 6	148. 5	153. 1	149. 5	151. 1	1648.6
1999	148. 7	127. 1	131. 0	117. 6	119. 4	118. 7	137. 1	146. 6	149. 7	152. 8	146. 0	151. 3	1645.9
2000	152. 6	137. 6	140. 2	128. 5	121. 2	115. 7	121. 2	130. 9	139. 4	151. 0	142. 1	149. 8	1630.2
2001	151. 0	133. 8	149. 2	138. 5	133. 3	121. 0	117. 3	116. 3	122. 5	139. 4	143. 4	148. 1	1613.9
2002	149. 5	136. 3	150. 1	143. 8	143. 0	133. 0	125. 1	117. 5	113. 3	123. 6	130. 6	145. 6	1611.4
2003	147. 9	136. 1	147. 2	142. 8	144. 4	141. 5	137. 5	126. 4	113. 2	113. 9	112. 5	129. 0	1592.3
2004	140. 2	137. 4	149. 0	141. 0	149. 9	143. 8	145. 9	142. 4	127. 9	122. 4	119. 3	120. 7	1640.1
2005	128. 8	129. 7	150. 8	150. 5	156. 1	150. 1	158. 4	157. 0	147. 3	143. 4	125. 8	121. 1	1718.9
2006	118. 7	116. 6	139. 6	142. 5	152. 1	149. 0	149. 5	149. 2	143. 6	146. 3	133. 6	129. 0	1669.7
2007	119. 0	105. 1	119. 7	125. 6	142. 9	142. 8	151. 7	149. 7	145. 0	149. 7	140. 4	140. 1	1631.9
2008	133. 0	116. 5	121. 3	113. 0	127. 8	137. 8	145. 6	155. 6	146. 5	151. 3	144. 8	147. 5	1640.6
2009	145. 7	125. 2	127. 6	114. 8	118. 3	120. 5	134. 5	146. 7	147. 9	154. 3	147. 8	154. 5	1637.8
2010	151. 9	135. 1	143. 4	127. 3	123. 9	112. 3	120. 1	134. 3	141. 3	152. 3	146. 4	154. 2	1642.3
2011	154. 3	138. 7	151. 6	140. 5	134. 8	118. 8	119. 9	118. 5	124. 3	136. 7	144. 4	153. 7	1636.2
2012	153. 5	139. 8	154. 9	145. 8	147. 3	135. 4	126. 5	115. 4	113. 5	120. 3	127. 5	142. 8	1622.7
2013	151. 0	137. 9	150. 5	148. 3	151. 4	144. 6	139. 9	129. 5	117. 6	115. 8	114. 3	131. 9	1632.7
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EVP Media mensual	140. 0	128. 1	141. 0	135. 6	140. 3	136. 0	140. 0	138. 9	134. 5	138. 4	133. 7	138. 9	1645.4

Desv.estandar	13.1	11.3	12.2	12.6	13.0	12.7	13.5	14.0	13.9	14.5	12.8	12.6	28.3
EVP Max	154.	139.	154.	150.	156.	150.	158.	157.	149.	154.	149.	154.	1718.9
	3	8	9	5	1	1	4	0	8	3	5	5	
EVP Min	115.	105.	119.	113.	118.	112.	117.	115.	113.	113.	112.	117.	1592.3
	3	1	7	0	3	3	3	4	2	9	5	9	

Anexo C

Datos pisco a nivel areal

a. Precipitación areal

Los datos de precipitación Pisco se descargaron a nivel areal teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicada la cuenca Neshuya.

Tabla 74

Datos pisco areal de precipitación.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	361. 4	241. 9	352.1	136. 5	87.9	42.7	52.8	71.5	83.7	125. 1	278. 7	226. 7	2061.1
1994	175. 6	122. 9	226.5	113. 8	105.7	59.2	11.4	19.0	63.6	123. 6	196. 1	308. 4	1525.9
1995	61.9	243. 8	240.7	124. 7	62.8	60.1	38.3	37.3	64.2	169. 1	175. 3	187. 3	1465.6
1996	388. 5	370. 5	233.5	131. 8	91.7	53.8	35.2	60.4	72.3	150. 6	193. 5	208. 7	1990.5
1997	374. 9	280. 2	282.1	108. 7	121.9	61.0	17.3	33.2	84.2	138. 1	196. 2	118. 6	1816.4
1998	183. 7	244. 1	264.8	130. 4	167.4	33.4	6.5	32.2	65.4	161. 2	253. 0	300. 8	1843.0
1999	467. 2	256. 1	291.3	139. 5	202.1	99.8	38.3	54.6	95.9	103. 4	147. 3	201. 7	2097.2
2000	269. 3	349. 6	244.8	165. 0	83.4	144. 7	80.3	95.8	40.1	102. 8	202. 7	207. 2	1985.9
2001	271. 9	285. 7	199.7	168. 4	145.4	68.5	53.8	27.7	76.7	120. 0	178. 7	280. 4	1876.8
2002	150. 4	354. 8	330.1	152. 9	131.2	40.8	82.9	83.8	93.9	148. 0	117. 4	168. 8	1855.0
2003	217. 1	271. 0	264.0	129. 6	141.8	81.5	15.9	53.0	106. 9	114. 0	176. 1	293. 8	1864.7
2004	333. 3	174. 6	208.0	177. 2	101.7	53.9	108. 8	57.9	70.8	124. 8	218. 4	242. 0	1871.4
2005	153. 3	148. 5	205.2	109. 5	71.8	65.2	21.7	25.2	47.9	197. 8	78.8	294. 5	1419.5
2006	210. 1	301. 2	185.3	104. 2	87.8	50.6	32.4	73.1	76.2	151. 0	308. 2	234. 0	1814.0
2007	179. 3	240. 4	202.7	136. 7	68.8	30.0	65.1	23.0	39.8	196. 0	123. 0	229. 4	1534.3
2008	336. 3	192. 7	302.4	99.8	106.7	82.6	33.6	29.2	75.7	104. 0	132. 0	245. 0	1740.1
2009	316. 6	233. 3	170.5	237. 1	138.7	81.9	54.0	38.8	41.2	65.3	190. 9	137. 2	1705.6
2010	144. 0	258. 9	150.9	180. 8	124.1	26.3	122. 1	5.9	53.8	91.2	150. 1	183. 4	1491.6
2011	374. 2	500. 2	367.5	110. 6	73.0	74.1	38.1	57.6	112. 6	162. 6	142. 1	275. 5	2288.1
2012	216. 3	236. 0	272.6	176. 2	85.8	55.2	41.8	14.1	73.8	141. 8	108. 8	365. 2	1787.6

2013	165. 9	219. 4	256.7	89.7	136.3	112. 6	33.7	132.3	56.5	88.5	270. 6	82.7	1644.8
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP media mensual	254. 8	263. 1	250.1	139. 2	111.2	65.6	46.9	48.8	71.2	132. 3	182. 8	228. 2	1794.2
Desv.estandar	105. 0	82.7	57.8	35.2	35.9	28.5	30.5	30.5	20.7	34.5	59.4	68.9	225.8
PP Max	467. 2	500. 2	367.5	237. 1	202.1	144. 7	122. 1	132.3	112. 6	197. 8	308. 2	365. 2	2288.1
PP Min	61.9	122. 9	150.9	89.7	62.8	26.3	6.5	5.9	39.8	65.3	78.8	82.7	1419.5

b. Temperatura areal

Los datos de temperatura Pisco se descargaron a nivel areal teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicada la cuenca Neshuya.

Tabla 75

Datos pisco areal de temperatura.

AÑO	ENE	FEB	Mar	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° MEDIA
1993	26.4	26.3	25.9	26.3	26.2	25.4	25.6	25.4	26.6	26.8	26.7	27.1	26.2
1994	26.6	26.1	26.1	26.1	26.1	25.4	24.9	25.8	26.7	26.9	26.8	27.0	26.2
1995	26.9	26.8	26.1	26.5	26.0	25.8	26.1	26.7	26.7	27.2	27.0	26.9	26.6
1996	26.3	25.9	26.3	25.9	25.7	24.8	24.5	25.8	26.5	26.9	26.7	26.6	26.0
1997	26.9	26.0	26.4	26.6	26.0	26.1	25.8	26.1	27.4	28.2	27.5	27.5	26.7
1998	27.8	27.6	27.4	27.6	26.6	25.5	25.7	27.0	26.9	27.4	27.0	26.8	26.9
1999	26.1	25.9	25.9	25.4	25.4	25.3	24.4	25.2	26.5	26.2	26.7	26.6	25.8
2000	26.2	25.8	25.6	25.8	25.7	25.5	24.5	25.9	26.4	26.7	27.1	26.7	26.0
2001	26.0	26.0	25.8	26.0	25.8	24.2	25.5	25.6	26.2	27.2	26.9	27.0	26.0
2002	26.9	26.5	26.4	26.2	26.0	25.0	25.0	25.9	26.5	27.0	26.6	27.0	26.3
2003	27.0	26.7	26.2	26.2	26.0	25.9	25.1	25.6	26.3	27.5	27.3	26.9	26.4
2004	27.3	26.4	26.4	26.5	25.7	24.7	25.0	24.9	25.8	27.0	27.0	27.3	26.2
2005	27.5	26.9	26.7	26.5	26.5	26.2	25.1	26.6	26.6	27.0	27.3	27.0	26.6
2006	26.9	26.9	26.5	26.3	25.4	25.9	25.9	26.4	27.1	27.4	27.0	27.4	26.6
2007	27.3	27.0	26.2	26.3	25.7	25.4	25.4	26.1	26.3	26.8	27.1	27.0	26.4
2008	26.6	26.3	25.9	26.5	25.8	24.8	25.9	27.1	26.6	26.8	27.2	27.2	26.4
2009	26.5	26.4	26.3	26.4	26.2	25.5	25.7	26.9	26.8	27.5	27.5	27.2	26.6
2010	27.2	27.3	27.3	27.1	26.3	25.7	25.8	26.5	27.4	27.5	27.1	27.1	26.8
2011	26.7	26.0	25.8	26.3	25.9	25.8	25.7	26.3	26.7	27.1	27.4	26.9	26.4
2012	27.0	26.1	26.3	26.6	26.4	25.6	25.2	26.5	26.7	27.3	27.6	27.0	26.5
2013	27.2	26.7	26.9	26.7	26.4	25.9	25.1	25.8	27.0	27.3	26.9	27.4	26.6
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	26.8	26.5	26.3	26.4	26.0	25.5	25.3	26.1	26.6	27.1	27.1	27.0	26.4
Desv.estandar	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3
T° Max	27.8	27.6	27.4	27.6	26.6	26.2	26.1	27.1	27.4	28.2	27.6	27.5	26.9
T° Min	26.0	25.8	25.6	25.4	25.4	24.2	24.4	24.9	25.8	26.2	26.6	26.6	25.8

c. Evapotranspiración areal

Los datos de evapotranspiración Pisco se descargaron a nivel areal teniendo como referencia al lugar donde geográficamente están ubicada la cuenca Neshuya.

Tabla 76

Datos pisco areal de evapotranspiración.

AÑO	EN	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NO V	DIC	EVP TOTAL
1993	149. 9	139. 5	154.8	149. 0	155.4	146. 3	145. 2	131. 5	114. 7	114. 8	120. 7	132. 0	1653.6
1994	147. 1	139. 7	158.2	153. 0	158.8	149. 8	157. 0	146. 1	131. 7	127. 0	111. 0	116. 8	1696.2
1995	132. 1	129. 5	152.2	151. 7	156.7	149. 3	154. 5	152. 8	143. 4	138. 3	121. 9	117. 9	1700.3
1996	114. 0	115. 9	138.6	142. 0	153.9	152. 7	159. 5	155. 0	152. 9	151. 8	141. 6	135. 2	1713.2
1997	121. 3	105. 5	121.2	131. 0	145.0	150. 2	157. 3	156. 1	152. 3	157. 2	149. 5	147. 3	1693.9
1998	137. 6	115. 4	121.4	114. 8	126.5	136. 5	151. 3	154. 4	152. 2	157. 7	155. 1	156. 1	1679.0
1999	152. 6	130. 4	133.2	118. 3	119.2	118. 4	137. 9	149. 6	151. 3	155. 9	150. 6	155. 4	1672.7
2000	155. 7	140. 6	143.5	129. 7	121.4	113. 9	121. 0	131. 0	140. 7	153. 8	147. 1	154. 4	1652.9
2001	155. 2	137. 7	152.4	140. 4	134.3	121. 1	115. 6	116. 1	122. 9	141. 4	146. 2	151. 7	1634.9
2002	153. 1	140. 9	153.9	147. 2	146.6	134. 8	126. 4	117. 0	113. 5	124. 9	132. 5	148. 8	1639.6
2003	152. 1	139. 5	152.6	146. 5	149.2	145. 2	140. 1	127. 7	113. 8	112. 9	112. 9	131. 6	1624.2
2004	143. 3	141. 6	152.9	145. 4	155.5	148. 4	150. 2	145. 2	130. 4	123. 8	118. 3	120. 1	1675.1
2005	129. 1	130. 8	154.3	154. 2	159.9	153. 7	162. 0	160. 2	149. 3	145. 3	125. 8	120. 8	1745.3
2006	118. 1	117. 5	141.3	145. 9	156.6	151. 8	155. 9	154. 6	148. 5	150. 1	136. 7	130. 9	1708.0
2007	118. 8	105. 9	120.0	126. 5	146.7	146. 8	156. 0	155. 3	150. 2	154. 7	145. 5	143. 2	1669.7
2008	135. 6	116. 8	120.6	112. 8	128.7	140. 5	150. 7	159. 5	150. 8	157. 1	149. 4	152. 3	1674.9
2009	148. 7	127. 3	128.5	114. 8	118.9	121. 1	137. 3	151. 0	151. 9	158. 0	153. 6	158. 8	1669.8
2010	155. 5	138. 2	144.8	128. 7	124.2	111. 8	120. 8	135. 6	143. 0	155. 8	149. 4	157. 5	1665.3
2011	158. 3	142. 2	154.1	142. 4	136.6	120. 4	120. 3	118. 2	125. 2	138. 3	148. 0	157. 7	1661.6
2012	158. 1	144. 4	158.5	148. 4	148.6	135. 8	125. 8	114. 2	113. 5	119. 8	129. 3	145. 1	1641.7
2013	153. 7	140. 5	155.4	152. 4	155.8	147. 2	142. 1	130. 4	118. 1	115. 7	114. 6	134. 2	1660.1
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	142. 4	130. 5	143.4	137. 9	142.8	137. 9	142. 2	141. 0	136. 7	140. 7	136. 2	141. 3	1673.0
Desv.estandar	14.7	12.6	13.8	13.9	14.4	14.2	15.1	15.8	15.5	16.5	14.9	14.4	29.1
PP Max	158. 3	144. 4	158.5	154. 2	159.9	153. 7	162. 0	160. 2	152. 9	158. 0	155. 1	158. 8	1745.3

PP Min	114. 0	105. 5	120.0	112. 8	118.9	111. 8	115. 6	114. 2	113. 5	112. 9	111. 0	116. 8	1624.2
--------	-----------	-----------	-------	-----------	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

Anexo D

Completación de datos faltantes

Los datos faltantes se completaron usando el software CHAC v 5.06 Beta 1 a un índice de priorización 0.51 para garantizar la calidad de los datos completados.

a. Precipitación

Tabla 77

Datos completos de precipitación de la Est. Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	465. 1	218. 2	288.2	268. 3	241.0	79.6	202. 6	230.9	346. 1	235. 6	520. 0	562. 0	3657.60
1994	672. 0	494. 7	253.3	299. 5	164.6	67.4	164. 1	54.3	235. 6	302. 1	281. 2	815. 2	3804.00
1995	373. 8	323. 7	539.4	166. 7	136.3	72.9	153. 0	72.6	148. 1	390. 7	308. 4	488. 2	3173.80
1996	508. 9	385. 9	261.2	438. 0	267.7	152. 6	45.7	124.1	219. 3	267. 3	277. 3	178. 3	3126.31
1997	396. 3	247. 1	296.2	218. 8	310.3	173. 2	152. 2	91.2	240. 6	207. 7	359. 2	741. 8	3434.60
1998	332. 6	316. 2	502.7	450. 8	297.9	156. 7	59.1	95.2	162. 7	220. 8	416. 6	282. 3	3293.60
1999	568. 1	486. 4	544.4	217. 3	324.4	184. 7	196. 8	67.6	108. 3	73.8	358. 0	353. 6	3483.42
2000	412. 2	419. 8	509.9	177. 3	147.7	316. 0	190. 8	61.6	171. 4	171. 4	185. 9	367. 5	3131.59
2001	442. 1	313. 3	593.9	175. 9	217.7	128. 9	186. 4	41.6	180. 2	202. 2	455. 3	301. 2	3238.83
2002	304. 7	590. 1	406.0	308. 4	415.5	149. 3	190. 1	144.9	137. 1	262. 3	500. 1	484. 0	3892.61
2003	239. 6	460. 8	343.9	306. 8	345.2	228. 7	100. 2	249.7	216. 9	272. 4	330. 9	598. 1	3693.33
2004	301. 1	298. 9	427.4	176. 8	141.8	83.4	236. 0	71.1	193. 9	293. 3	469. 3	323. 4	3016.52
2005	245. 1	314. 8	549.4	117. 3	149.0	187. 7	55.8	82.9	204. 2	259. 2	209. 0	571. 5	2946.03
2006	284. 8	528. 9	389.9	274. 1	99.7	122. 5	70.4	117.4	202. 2	391. 7	485. 8	571. 2	3538.71
2007	526. 8	257. 2	460.7	298. 8	187.3	12.4	169. 6	95.2	118. 5	267. 5	277. 3	492. 7	3164.02
2008	428. 8	534. 6	300.6	196. 6	120.3	106. 2	224. 4	55.2	164. 8	335. 0	127. 3	363. 7	2957.57
2009	481. 2	400. 2	302.4	282. 9	337.2	164. 7	164. 6	150.0	203. 0	134. 9	400. 6	496. 5	3518.21
2010	301. 9	592. 2	366.0	262. 4	192.2	107. 0	127. 9	55.2	94.9	180. 1	463. 2	297. 0	3040.02
2011	458. 1	542. 9	558.6	379. 7	197.6	127. 9	111. 3	66.2	280. 0	171. 6	376. 9	320. 8	3591.62
2012	376. 5	446. 5	464.1	356. 3	120.7	151. 7	52.8	37.5	92.9	384. 1	298. 6	413. 7	3195.45

2013	438. 2	466. 5	405.8	426. 7	203.8	172. 3	101. 6	249.3	193. 9	495. 4	270. 5	421. 0	3845.0
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	407. 5	411. 4	417.3	276. 2	219.9	140. 3	140. 7	105.4	186. 4	262. 8	351. 0	449. 7	3368.7
Desv.estandar	110. 6	115. 6	109.1	94.8	89.1	64.1	60.0	65.5	61.5	98.6	109. 2	157. 3	302.1
PP Max	672. 0	592. 2	593.9	450. 8	415.5	316. 0	236. 0	249.7	346. 1	495. 4	520. 0	815. 2	3892.6
PP Min	239. 6	218. 2	253.3	117. 3	99.7	12.4	45.7	37.5	92.9	73.8	127. 3	178. 3	2946.0

Tabla 78*Datos completos de precipitación de la Est. Tulumayo*

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NO V	DIC	PP TOTAL
1993	476. 5	238. 5	367.8	184. 5	240.6	198. 9	98.4	130. 6	191. 8	98.8	331. 6	450. 9	3008.9
1994	313. 3	315. 2	310.8	238. 5	216.4	104. 3	185. 7	41.6	210. 8	238. 9	154. 0	335. 3	2664.8
1995	333. 9	330. 7	416.0	216. 9	117.0	149. 3	146. 3	108. 0	100. 1	179. 2	246. 3	300. 3	2644.0
1996	570. 5	227. 8	295.9	283. 6	207.4	166. 9	16.0	64.8	105. 0	296. 9	309. 4	294. 7	2839.0
1997	406. 3	407. 6	357.9	372. 2	196.8	223. 5	48.3	140. 4	181. 8	161. 6	303. 1	394. 7	3194.4
1998	474. 2	429. 1	421.9	336. 1	192.4	151. 1	39.6	136. 2	131. 5	151. 4	162. 6	232. 4	2858.7
1999	615. 0	396. 9	438.5	96.2	229.9	127. 2	63.7	31.6	136. 3	104. 3	181. 9	210. 3	2631.8
2000	310. 4	342. 2	513.1	221. 3	118.9	276. 9	119. 3	137. 6	72.6	137. 7	94.6	300. 3	2644.9
2001	370. 3	280. 2	235.5	90.7	327.1	95.0	277. 1	71.7	135. 9	198. 8	377. 7	404. 2	2864.2
2002	372. 8	454. 1	295.1	251. 8	239.7	77.8	286. 7	136. 7	61.7	187. 1	360. 6	376. 3	3100.5
2003	277. 0	393. 7	309.7	422. 1	138.1	228. 6	74.3	180. 9	228. 1	189. 3	268. 6	404. 8	3115.2
2004	317. 2	169. 7	316.6	113. 6	140.5	97.8	390. 6	72.0	124. 6	191. 7	465. 2	239. 6	2639.1
2005	266. 5	322. 8	384.7	175. 3	69.6	272. 3	18.8	65.2	162. 3	267. 6	141. 1	380. 4	2526.6
2006	250. 7	431. 3	247.9	157. 9	151.0	234. 5	77.8	169. 0	109. 7	266. 3	418. 7	491. 4	3006.2
2007	400. 2	183. 6	222.4	221. 2	192.5	38.0	124. 3	59.5	55.2	252. 1	249. 6	458. 3	2456.9
2008	214. 8	268. 4	317.3	202. 2	117.5	143. 9	269. 3	69.6	118. 4	242. 5	112. 9	281. 2	2358.0
2009	320. 0	407. 5	277.2	206. 4	357.2	168. 7	148. 5	125. 9	123. 5	136. 1	300. 8	533. 1	3104.9
2010	191. 7	557. 9	257.3	240. 0	100.4	48.3	122. 1	30.5	31.5	109. 1	282. 4	264. 2	2235.4
2011	389. 7	513. 5	201.1	174. 5	131.7	114. 4	158. 5	31.1	194. 6	245. 5	192. 3	294. 7	2641.6
2012	365. 8	437. 3	257.9	287. 3	153.0	211. 5	40.2	57.2	80.9	168. 4	321. 3	272. 5	2653.3

2013	278. 5	351. 0	280.1	288. 6	127.9	220. 5	33.8	159. 7	123. 2	332. 2	274. 9	214. 8	2685.2
Nº Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	357. 9	355. 2	320.2	227. 7	179.3	159. 5	130. 4	96.2	127. 6	197. 9	264. 3	339. 7	2755.9
Desv.estandar	108. 0	103. 2	79.8	85.0	72.6	69.8	101. 7	49.0	52.8	65.2	100. 3	93.8	262.6
PP Max	615. 0	557. 9	513.1	422. 1	357.2	276. 9	390. 6	180. 9	228. 1	332. 2	465. 2	533. 1	3194.4
PP Min	191. 7	169. 7	201.1	90.7	69.6	38.0	16.0	30.5	31.5	98.8	94.6	210. 3	2235.4

Tabla 79*Datos completos de precipitación de la Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MA R	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NO V	DIC	PP TOTAL
1993	335. 3	409. 4	459.1	182. 4	73.9	49.2	60.5	105. 0	194. 5	145. 5	282. 3	219. 4	2516.5
1994	98.0	103. 3	190.0	117. 2	142.2	79.6	5.8	38.1	170. 4	110. 2	190. 6	300. 5	1545.9
1995	30.1	322. 0	259.3	179. 5	66.1	86.0	69.4	16.4	94.9	245. 2	213. 3	164. 0	1746.2
1996	270. 5	437. 8	223.2	258. 2	148.8	56.8	67.0	51.1	114. 8	199. 9	272. 2	225. 9	2326.2
1997	298. 1	326. 3	272.4	160. 2	147.9	83.6	79.3	117. 9	154. 9	173. 6	236. 6	100. 9	2151.7
1998	204. 7	215. 5	320.3	178. 4	224.3	39.1	0.0	43.8	133. 5	240. 0	409. 2	246. 7	2255.5
1999	296. 2	291. 1	314.5	169. 5	306.9	190. 5	50.6	68.8	207. 0	90.8	124. 2	225. 8	2335.9
2000	269. 1	412. 1	211.5	197. 1	132.8	144. 9	88.9	112. 7	56.8	108. 4	215. 3	159. 0	2108.6
2001	202. 1	270. 1	225.5	269. 8	105.5	54.3	26.2	30.8	40.9	182. 8	238. 3	270. 9	1917.2
2002	104. 0	322. 8	327.6	200. 9	134.8	64.6	138. 3	165. 4	140. 9	175. 8	115. 3	78.3	1968.7
2003	197. 9	269. 0	334.5	214. 4	228.3	107. 6	23.9	39.4	243. 2	82.3	189. 4	297. 4	2227.3
2004	327. 0	153. 3	263.7	235. 6	129.1	40.0	234. 7	56.8	78.5	150. 4	258. 0	237. 1	2164.2
2005	135. 8	163. 9	223.4	47.3	60.6	59.5	24.9	86.2	66.2	403. 5	124. 9	419. 4	1815.6
2006	222. 4	351. 9	175.3	157. 4	104.2	66.0	54.9	95.0	88.3	150. 7	486. 6	213. 2	2165.9
2007	158. 5	270. 4	214.1	193. 9	116.2	12.0	51.6	98.4	76.4	279. 2	90.7	115. 4	1676.8
2008	395. 6	208. 2	366.6	166. 5	134.8	102. 9	36.9	22.9	113. 0	122. 8	190. 7	190. 7	2051.6
2009	334. 2	155. 5	120.7	440. 1	251.6	109. 5	116. 6	23.5	37.3	72.1	168. 1	100. 4	1929.6
2010	138. 6	201. 9	180.5	230. 0	116.3	51.0	104. 4	3.4	105. 9	53.4	270. 9	140. 5	1596.8
2011	343. 0	532. 9	392.9	152. 6	69.5	46.7	11.5	79.4	259. 7	110. 9	137. 7	181. 5	2318.3
2012	165. 7	157. 8	354.8	229. 6	60.7	45.5	50.3	15.8	92.4	195. 6	89.6	425. 9	1883.7

2013	173.5	203.3	205.8	128.2	105.7	201.7	43.5	144.0	134.5	98.0	410.7	45.0	1893.9
N° Datos	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
PP Media mensual	223.8	275.2	268.4	195.7	136.2	80.5	63.8	67.4	124.0	161.5	224.5	207.5	2028.4
Desv.estandar	97.0	111.0	84.3	75.2	66.1	48.7	53.2	45.2	62.6	81.9	107.0	100.2	263.5
PP Max	395.6	532.9	459.1	440.1	306.9	201.7	234.7	165.4	259.7	403.5	486.6	425.9	2516.5
PP Min	30.1	103.3	120.7	47.3	60.6	12.0	0.0	3.4	37.3	53.4	89.6	45.0	1545.9

Tabla 80

Datos completos de precipitación de la Est. Dos de mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
1993	165.3	263.7	349.5	37.8	26.9	66.8	51.51	29.8	42.7	63.5	84.8	119.7	1302.01
1994	25.3	31.8	144.7	158.5	68.7	56.6	38.7	27.1	36.9	137.5	202.3	101.3	1029.4
1995	52.9	124.3	230.2	70.7	45.5	15.6	62.2	12.7	96.9	111.2	109.1	261.1	1192.4
1996	57.3	156.5	138.4	98.9	55.4	18	22.5	59.7	164.4	62.9	105.1	134.4	1073.5
1997	23.3	158.4	56.5	91.9	106.1	0.7	40.5	34.8	88.3	67.7	59	51.4	778.6
1998	34.4	119.7	113.6	60.9	121.8	67.4	29.9	42.5	75.8	126.2	179.8	99.3	1071.3
1999	141.4	145.6	90.2	145.3	194.7	80.3	78.4	33.2	21.6	168.2	55.1	209.3	1363.3
2000	162.7	73.6	178.5	211.6	52	130.3	54.6	53.5	86	75.9	205.5	280.2	1564.4
2001	166.4	120.1	166.3	111.1	179.5	23.7	67.6	35.3	139.5	82.5	39.9	143.9	1275.8
2002	11.8	141.5	69.8	117.7	126.5	50.9	143.7	24.1	57	58.5	70.6	35	907.1
2003	115	179.5	138.9	45.1	143.6	89.5	23.2	56	92.9	89.5	126.7	179	1278.9
2004	37.1	39.2	128.8	41.7	129.2	29.1	69.3	47.6	110.5	168.5	311	70.7	1182.7
2005	40.4	117	113.1	172.4	142.1	49.5	26.3	30.4	45.3	77.6	78.4	87.4	979.9
2006	56.5	63.4	201.5	84	21.6	109.5	101.6	41.8	90.1	80.6	152.5	98.2	1101.3
2007	32.9	41.4	256.6	165.1	141.2	24.2	39.2	54.4	109.1	154	158.2	85.4	1261.7
2008	44	209.6	152.2	126.1	124	35.7	52.6	56	93.7	120.6	127.8	158.6	1300.9
2009	96.3	51.7	189.3	101.5	117	92	24.2	41	142.3	40.3	79	80.1	1054.7
2010	52.1	108	119.4	78.1	158.4	65.9	57.1	8.2	55.6	63.6	126.8	63.2	956.4
2011	73	156	186	134.6	53.9	86	63.6	25.8	121.8	133	200.1	110.2	1344
2012	108.9	58.4	126.5	126.9	63.5	30.8	34.6	22.5	101.2	214.6	114.6	149.9	1152.4

2013	76.6	112. 7	190.5	78.3	69.8	82.7	76.8	81.1	48	202. 9	119. 9	114. 6	1253.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PP Media mensual	74.9	117. 7	159.1	107. 5	102.0	57.4	55.1	38.9	86.6	109. 5	128. 9	125. 4	1163.1
Desv.estandar	49.8	59.9	66.2	46.5	50.5	34.2	29.3	17.3	37.7	50.0	64.6	64.2	181.3
PP Max	166. 4	263. 7	349.5	211. 6	194.7	130. 3	143. 7	81.1	164. 4	214. 6	311. 0	280. 2	1564.4
PP Min	11.8	31.8	56.5	37.8	21.6	0.7	22.5	8.2	21.6	40.3	39.9	35.0	778.6

b. Temperatura

Tabla 81

Datos completos de T° min de la Est. Tingo María.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	19.4	19.6	19.6	19.8	19.8	18.8	18.6	18.2	19.1	19.6	20.0	20.2	19.4
1994	20.0	20.1	19.8	20.3	19.6	18.0	17.9	17.6	18.9	19.5	19.7	20.4	19.3
1995	20.1	20.1	20.0	20.5	19.4	19.3	18.9	19.2	19.4	20.2	20.6	20.4	19.8
1996	20.3	20.3	20.6	20.0	19.7	18.9	17.4	18.5	18.0	18.1	16.9	19.2	19.0
1997	19.3	19.5	20.1	20.2	19.7	19.3	18.6	18.9	19.8	20.6	20.9	20.9	19.8
1998	21.4	21.4	21.3	21.3	19.8	19.0	18.4	18.9	18.6	19.3	19.5	19.1	19.8
1999	19.4	19.3	19.2	19.0	19.2	18.8	18.6	19.0	19.9	19.7	20.2	19.9	19.4
2000	19.6	19.5	20.2	20.5	20.3	19.7	19.0	19.3	20.2	20.1	21.1	20.6	20.0
2001	20.0	20.0	20.3	20.5	20.6	19.3	19.6	18.9	19.8	20.8	20.7	20.7	20.1
2002	20.3	20.4	20.5	21.2	20.8	19.7	19.6	19.4	19.7	20.1	20.1	20.7	20.2
2003	20.8	20.5	20.1	20.1	19.7	19.1	18.8	19.6	19.7	21.1	21.2	20.7	20.1
2004	21.0	20.3	21.1	20.7	20.4	19.5	19.6	18.5	19.2	20.5	21.0	21.3	20.3
2005	21.2	21.3	21.0	21.2	20.9	19.9	18.7	19.3	19.7	19.8	20.4	20.3	20.3
2006	20.5	20.6	20.5	20.4	19.3	19.6	18.6	19.4	19.6	20.8	20.7	21.0	20.1
2007	21.1	20.8	20.5	20.6	20.7	19.8	19.5	19.4	19.4	20.2	20.9	20.7	20.3
2008	20.8	20.5	20.3	20.7	19.9	19.4	19.1	20.0	19.4	20.2	21.2	20.6	20.2
2009	20.6	20.5	20.6	20.6	20.4	19.8	19.9	20.3	20.2	20.9	20.9	20.9	20.5
2010	21.1	21.1	21.2	21.2	21.1	20.4	19.6	19.4	19.8	20.0	20.3	20.2	20.4
2011	20.1	19.7	20.3	20.0	20.4	20.1	19.8	19.5	19.8	20.7	21.2	20.9	20.2
2012	20.9	20.5	20.4	20.7	20.4	19.9	18.9	19.5	19.4	20.5	21.1	20.6	20.2
2013	21.0	20.6	21.1	20.7	20.8	20.2	19.3	19.9	20.2	20.8	20.9	21.0	20.6
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	20.4	20.3	20.4	20.5	20.1	19.4	19.0	19.2	19.5	20.2	20.5	20.5	20.0
Desv.estandar	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9	0.6	0.4
T° Max	21.4	21.4	21.3	21.3	21.1	20.4	19.9	20.3	20.2	21.1	21.2	21.3	20.6
T° Min	19.3	19.3	19.2	19.0	19.2	18.0	17.4	17.6	18.0	18.1	16.9	19.1	19.0

Tabla 82*Datos completos de T° max de la Est. Tingo María.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	29.1	28.9	28.0	29.6	29.7	29.5	29.4	29.3	29.7	29.1	28.7	28.8	29.1
1994	28.8	28.5	29.5	29.2	30.1	28.5	28.6	29.7	30.1	30.3	28.9	29.4	29.3
1995	29.5	29.0	28.7	30.2	29.9	29.6	29.5	30.4	30.9	29.9	29.8	29.6	29.7
1996	28.1	28.5	29.0	29.0	29.5	29.4	29.2	29.6	30.4	29.9	29.6	28.9	29.3
1997	27.8	28.4	29.1	30.0	29.4	29.0	29.9	29.4	30.5	30.8	29.6	29.6	29.4
1998	30.4	30.2	30.3	30.4	30.4	29.5	30.1	30.7	30.7	30.6	29.9	29.4	30.2
1999	28.0	28.3	28.1	29.2	28.7	28.9	29.0	29.5	30.2	30.7	30.5	29.4	29.2
2000	28.6	28.2	27.8	28.9	29.7	29.1	28.4	30.1	30.0	30.5	30.6	29.6	29.3
2001	28.3	28.7	28.6	30.3	29.5	28.9	29.4	29.7	30.5	30.7	29.3	30.3	29.5
2002	29.8	28.5	29.3	29.8	29.7	29.2	28.6	30.1	30.1	30.4	29.5	29.3	29.5
2003	29.9	29.4	29.5	29.6	29.7	29.5	29.3	29.5	30.3	31.3	30.7	29.5	29.8
2004	30.3	28.9	30.3	30.2	29.7	28.6	28.5	28.0	29.1	30.1	29.6	29.6	29.4
2005	30.5	30.4	29.2	30.1	30.3	29.9	29.4	30.9	30.5	30.1	31.0	29.0	30.1
2006	29.2	29.3	29.2	30.5	29.7	29.2	30.3	30.4	30.8	30.4	29.6	28.9	29.8
2007	29.4	29.3	29.2	30.1	29.7	30.3	29.8	30.1	30.8	30.2	30.3	29.6	29.9
2008	28.9	28.2	28.5	29.7	29.3	29.1	29.5	30.4	30.3	30.3	30.8	29.1	29.5
2009	28.9	28.9	29.1	29.6	30.0	29.3	29.7	30.6	31.1	31.1	30.1	28.6	29.8
2010	29.6	29.8	31.1	30.6	30.3	30.2	29.9	31.3	31.7	30.9	30.4	29.4	30.4
2011	28.3	27.6	28.9	30.4	29.8	29.7	30.3	30.9	30.6	29.6	30.7	29.2	29.7
2012	30.1	27.9	30.4	30.2	30.7	30.2	30.0	31.1	31.2	31.0	31.1	29.2	30.3
2013	31.3	29.1	29.3	30.7	29.8	29.6	29.6	30.2	31.4	30.4	29.9	30.2	30.1
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	29.3	28.9	29.2	29.9	29.8	29.4	29.4	30.1	30.5	30.4	30.0	29.4	29.7
Desv.estandar	0.9	0.7	0.8	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.6	0.5	0.7	0.4	0.4
T° Max	31.3	30.4	31.1	30.7	30.7	30.3	30.3	31.3	31.7	31.3	31.1	30.3	30.4
T° Min	27.8	27.6	27.8	28.9	28.7	28.5	28.4	28.0	29.1	29.1	28.7	28.6	29.1

Tabla 83*Datos completos de T° media de la Est. Tingo María.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	24.2	24.3	23.8	24.7	24.7	24.1	24.0	23.8	24.4	24.3	24.4	24.5	24.3
1994	24.4	24.3	24.7	24.7	24.9	23.2	23.2	23.7	24.5	24.9	24.3	24.9	24.3
1995	24.8	24.6	24.3	25.3	24.6	24.5	24.2	24.8	25.1	25.0	25.2	25.0	24.8
1996	24.2	24.4	24.8	24.5	24.6	24.1	23.3	24.1	24.2	24.0	23.3	24.1	24.1
1997	23.5	23.9	24.6	25.1	24.5	24.1	24.3	24.2	25.1	25.7	25.3	25.3	24.6
1998	25.9	25.8	25.8	25.8	25.1	24.2	24.2	24.8	24.6	25.0	24.7	24.3	25.0
1999	23.7	23.8	23.6	24.1	24.0	23.8	23.8	24.2	25.1	25.2	25.3	24.7	24.3
2000	24.1	23.8	24.0	24.7	25.0	24.4	23.7	24.7	25.1	25.3	25.9	25.1	24.6
2001	24.2	24.4	24.5	25.4	25.1	24.1	24.5	24.3	25.1	25.8	25.0	25.5	24.8
2002	25.1	24.5	24.9	25.5	25.2	24.5	24.1	24.8	24.9	25.2	24.8	25.0	24.9
2003	25.4	25.0	24.8	24.8	24.7	24.3	24.0	24.5	25.0	26.2	25.9	25.1	25.0
2004	25.7	24.6	25.7	25.4	25.0	24.0	24.1	23.3	24.2	25.3	25.3	25.4	24.8
2005	25.9	25.9	25.1	25.6	25.6	24.9	24.1	25.1	25.1	24.9	25.7	24.6	25.2
2006	24.9	24.9	24.8	25.5	24.5	24.4	24.5	24.9	25.2	25.6	25.1	24.9	24.9
2007	25.2	25.0	24.8	25.3	25.2	25.0	24.6	24.8	25.1	25.2	25.6	25.2	25.1

2008	24.8	24.3	24.4	25.2	24.6	24.3	24.3	25.2	24.9	25.2	26.0	24.8	24.8
2009	24.8	24.7	24.8	25.1	25.2	24.6	24.8	25.4	25.7	26.0	25.5	24.7	25.1
2010	25.3	25.4	26.2	25.9	25.7	25.3	24.8	25.4	25.8	25.4	25.3	24.8	25.4
2011	24.2	23.6	24.6	25.2	25.1	24.9	25.0	25.2	25.2	25.1	26.0	25.1	24.9
2012	25.5	24.2	25.4	25.5	25.5	25.0	24.4	25.3	25.3	25.7	26.1	24.9	25.2
2013	26.2	24.8	25.2	25.7	25.3	24.9	24.5	25.1	25.8	25.6	25.4	25.6	25.3
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	24.8	24.6	24.8	25.2	25.0	24.4	24.2	24.6	25.0	25.3	25.2	24.9	24.8
Desv.estandar	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4
T° Max	26.2	25.9	26.2	25.9	25.7	25.3	25.0	25.4	25.8	26.2	26.1	25.6	25.4
T° Min	23.5	23.6	23.6	24.1	24.0	23.2	23.2	23.3	24.2	24.0	23.3	24.1	24.1

Tabla 84*Datos completos de T° min de la Est. Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	19.8	20.7	19.8	19.4	20.0	19.2	18.7	18.2	19.0	20.0	20.1	20.3	19.6
1994	19.8	19.6	20.1	20.0	20.2	18.8	19.4	17.9	19.1	19.6	20.4	20.7	19.6
1995	20.7	20.4	20.4	20.1	20.0	19.3	18.5	18.6	19.3	20.0	20.7	21.1	19.9
1996	20.1	20.0	20.0	19.8	19.2	18.7	17.2	18.3	19.1	19.6	19.6	19.8	19.3
1997	20.0	20.0	20.0	19.6	19.4	19.7	18.4	18.8	19.7	19.7	20.5	18.8	19.6
1998	19.2	19.4	19.0	20.3	19.8	19.6	18.9	19.6	19.0	19.8	19.7	19.7	19.5
1999	20.0	19.7	20.1	19.6	19.8	19.3	18.2	17.8	19.3	19.0	20.1	20.6	19.5
2000	20.3	20.2	20.1	19.7	19.5	19.8	18.6	18.6	19.6	19.4	20.8	20.7	19.8
2001	20.5	20.2	20.2	20.2	20.2	18.8	19.7	17.8	19.2	19.9	20.7	20.9	19.9
2002	20.9	21.2	21.0	21.4	20.6	19.5	19.7	18.9	19.8	20.4	20.7	20.7	20.4
2003	20.5	21.2	20.1	21.0	20.1	19.7	18.4	19.1	19.2	19.8	20.1	21.2	20.0
2004	21.3	20.5	21.3	20.9	20.4	19.2	19.3	17.9	19.0	20.7	21.3	21.4	20.3
2005	21.0	21.7	21.3	21.3	21.4	19.9	18.6	19.1	19.4	20.0	20.9	20.7	20.4
2006	20.8	20.9	20.6	20.2	19.2	19.5	18.6	19.5	19.7	21.1	20.8	21.3	20.2
2007	21.4	21.2	21.1	21.0	21.0	19.8	19.5	18.8	19.1	20.1	21.1	21.0	20.4
2008	21.0	20.8	20.7	20.7	20.3	19.2	19.2	20.2	19.4	20.2	21.1	21.1	20.3
2009	21.0	20.8	20.6	20.4	20.7	19.9	19.8	20.3	20.0	20.8	21.4	21.6	20.6
2010	21.5	21.3	21.5	21.6	21.7	20.4	19.7	19.2	19.6	20.2	20.6	20.7	20.7
2011	20.9	20.3	20.9	20.3	20.7	20.1	19.6	19.3	19.4	20.7	21.1	20.9	20.3
2012	21.2	20.8	20.6	20.9	20.3	20.0	18.7	18.5	18.6	21.2	21.3	21.2	20.3
2013	21.4	21.0	21.1	20.7	21.1	20.3	19.4	19.5	19.6	20.9	21.1	21.3	20.6
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	20.6	20.6	20.5	20.4	20.3	19.6	19.0	18.9	19.3	20.2	20.7	20.7	20.1
Desv.estandar	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.7	0.7	0.3	0.6	0.5	0.6	0.4
T° Max	21.5	21.7	21.5	21.6	21.7	20.4	19.8	20.3	20.0	21.2	21.4	21.6	20.7
T° Min	19.2	19.4	19.0	19.4	19.2	18.7	17.2	17.8	18.6	19.0	19.6	18.8	19.3

Tabla 85*Datos completos de T° max de la Est. Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	30.1	30.1	29.1	30.7	30.2	30.1	30.3	30	30.3	30.7	30.4	29.3	30.1
1994	27.9	28.3	29.3	29.6	30.3	29.4	29.5	30.1	30.7	31.2	30.2	30.3	29.7
1995	29.9	30	30	30.9	30.6	30	30.2	31.2	31.5	31	30.9	30.3	30.5
1996	29.3	30.3	29.8	29.5	29.8	29.5	29.7	30.7	31.4	31.1	31.3	29.9	30.2
1997	28.7	29.1	30.3	31.1	29.4	29.6	30.7	29.9	31.3	31.4	30.8	30.7	30.3
1998	31.2	31.2	31.1	31.2	30.9	30.1	30.7	30.9	31.3	31.6	30.8	30.5	31.0
1999	28.8	29.9	28.8	30.1	29.8	29.8	29.8	31	31.4	31.8	31.3	30.4	30.2
2000	29.5	28.8	28.7	29.5	30	29.5	29	31	30.8	31.7	31.7	30.5	30.1
2001	28.6	29	29.2	30.8	29.8	29.2	29.6	30.1	31.1	31.7	30.6	31	30.1
2002	30.2	28.9	29.5	30.4	30.3	29.6	29.1	31.2	31.2	31.1	30.0	30.4	30.2
2003	28.6	29.6	30.0	30.5	30.3	29.9	29.8	30.0	31.0	31.8	31.3	30.1	30.2
2004	31.0	29.4	31.0	30.8	30.5	29.1	29.3	29.0	29.9	31.1	30.4	30.4	30.1
2005	31.4	31.3	30.0	30.5	30.7	30.5	29.7	31.6	31.3	30.6	31.8	29.4	30.7
2006	29.5	29.3	29.2	30.5	29.8	29.1	30.4	30.5	31.3	31.0	30.5	29.7	30.1
2007	30.1	29.9	29.8	30.9	30.2	30.6	30.1	30.7	31.6	31.1	31.2	30.9	30.6
2008	29.3	29.0	29.3	30.4	30.0	29.6	29.9	31.1	31.1	31.2	31.8	30.1	30.2
2009	29.6	29.6	29.8	29.8	30.1	29.3	30.1	31.5	31.9	32.0	31.3	29.7	30.4
2010	30.6	30.3	31.6	31.0	31.0	30.3	30.5	32.1	33.0	31.5	31.5	30.2	31.1
2011	29.0	28.4	29.8	30.9	30.6	30.5	30.8	31.6	31.4	30.4	31.7	30.1	30.4
2012	31.1	28.7	31.3	30.9	31.0	30.8	30.2	31.6	31.9	31.7	32.0	30.2	30.9
2013	32.0	29.5	30.0	31.0	30.3	29.9	29.9	31.0	32.3	31.3	30.7	31.2	30.8
N° Datos	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
T° Media mensual	29.8	29.5	29.9	30.5	30.3	29.8	30.0	30.8	31.3	31.3	31.1	30.3	30.4
Desv.estandar	1.1	0.8	0.8	0.5	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.4	0.6	0.5	0.4
T° Max	32.0	31.3	31.6	31.2	31.0	30.8	30.8	32.1	33.0	32.0	32.0	31.2	31.1
T° Min	27.9	28.3	28.7	29.5	29.4	29.1	29.0	29.0	29.9	30.4	30.0	29.3	29.7

Tabla 86*Datos completos de T° media de la Est. Tulumayo.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	25.0	25.4	24.5	25.1	25.1	24.7	24.5	24.1	24.7	25.4	25.3	24.8	24.9
1994	23.9	24.0	24.7	24.8	25.3	24.1	24.5	24.0	24.9	25.4	25.3	25.5	24.7
1995	25.3	25.2	25.2	25.5	25.3	24.7	24.4	24.9	25.4	25.5	25.8	25.7	25.2
1996	24.7	25.2	24.9	24.6	24.5	24.1	23.5	24.5	25.2	25.4	25.5	24.8	24.7
1997	24.3	24.6	25.2	25.4	24.4	24.7	24.5	24.4	25.5	25.6	25.6	24.8	24.9
1998	25.2	25.3	25.0	25.8	25.3	24.8	24.8	25.2	25.2	25.7	25.2	25.1	25.2
1999	24.4	24.8	24.4	24.8	24.8	24.6	24.0	24.4	25.4	25.4	25.7	25.5	24.9
2000	24.9	24.5	24.4	24.6	24.7	24.6	23.8	24.8	25.2	25.6	26.2	25.6	24.9
2001	24.5	24.6	24.7	25.5	25.0	24.0	24.7	24.0	25.2	25.8	25.7	25.9	25.0
2002	25.5	25.1	25.2	25.9	25.5	24.6	24.4	25.0	25.5	25.8	25.4	25.6	25.3
2003	24.6	25.4	25.0	25.8	25.2	24.8	24.1	24.6	25.1	25.8	25.7	25.6	25.1
2004	26.2	25.0	26.2	25.9	25.4	24.1	24.3	23.5	24.4	25.9	25.8	25.9	25.2
2005	26.2	26.5	25.6	25.9	26.0	25.2	24.2	25.3	25.3	25.3	26.3	25.1	25.6
2006	25.1	25.1	24.9	25.4	24.5	24.3	24.5	25.0	25.5	26.1	25.6	25.5	25.1
2007	25.8	25.6	25.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.7	25.3	25.6	26.1	26.0	25.5

2008	25.2	24.9	25.0	25.6	25.1	24.4	24.6	25.7	25.3	25.7	26.5	25.6	25.3
2009	25.3	25.2	25.2	25.1	25.4	24.6	25.0	25.9	25.9	26.4	26.4	25.7	25.5
2010	26.1	25.8	26.6	26.3	26.3	25.3	25.1	25.6	26.3	25.8	26.1	25.5	25.9
2011	25.0	24.4	25.4	25.6	25.7	25.3	25.2	25.4	25.4	25.5	26.4	25.5	25.4
2012	26.1	24.7	26.0	25.9	25.6	25.4	24.5	25.1	25.2	26.5	26.7	25.7	25.6
2013	26.7	25.3	25.6	25.9	25.7	25.1	24.7	25.3	26.0	26.1	25.9	26.3	25.7
N° Datos	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
T° Media mensual	25.2	25.1	25.2	25.5	25.3	24.7	24.5	24.8	25.3	25.7	25.9	25.5	25.2
Desv.estandar	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3
T° Max	26.7	26.5	26.6	26.3	26.3	25.4	25.2	25.9	26.3	26.5	26.7	26.3	25.9
T° Min	23.9	24.0	24.4	24.6	24.4	24.0	23.5	23.5	24.4	25.3	25.2	24.8	24.7

Tabla 87*Datos completos de T° min de la Est. El Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	20.4	20.1	20.3	20.0	18.1	18.9	19.3	18.5	19.1	20.0	21.8	20.2	19.7
1994	21.1	21.1	20.2	20.5	20.0	17.8	18.4	18.2	18.9	18.5	19.0	20.7	19.5
1995	20.2	21.2	21.2	20.1	19.5	19.6	20.0	18.3	17.8	20.0	20.1	19.2	19.8
1996	21.2	20.8	21.7	20.9	20.4	19.1	17.7	19.6	18.9	21.0	19.0	20.1	20.0
1997	20.7	20.6	21.8	20.6	21.9	18.3	19.0	18.5	20.1	19.1	21.8	21.5	20.3
1998	21.1	21.8	21.9	22.1	19.3	19.7	18.7	19.2	19.3	19.7	18.9	20.7	20.2
1999	20.8	20.1	18.6	19.7	18.5	19.3	19.0	19.3	18.9	20.4	21.1	21.0	19.7
2000	19.6	19.2	20.5	19.6	19.6	19.1	18.9	19.8	19.7	21.8	20.2	19.1	19.8
2001	21.3	21.8	21.7	19.7	20.9	18.9	19.2	17.7	19.9	20.4	21.1	21.2	20.3
2002	21.2	21.7	21.1	21.0	20.0	18.4	19.1	18.6	19.3	20.2	20.6	20.9	20.2
2003	20.6	21.2	20.7	19.4	18.8	18.9	16.8	17.5	16.9	20.8	20.6	21.5	19.5
2004	21.9	21.4	22.1	21.6	20.4	19.2	19.4	18.2	19.0	20.9	21.5	22.0	20.6
2005	22.0	21.9	22.3	20.6	20.9	20.2	17.8	18.9	18.6	20.7	21.3	21.2	20.5
2006	21.0	20.9	20.4	19.8	16.7	19.1	18.8	19.3	19.7	21.3	21.6	21.8	20.0
2007	21.3	21.3	21.1	20.6	18.5	18.6	18.9	19.1	20.1	20.7	20.8	21.4	20.2
2008	21.1	21.4	21.1	20.2	19.3	18.7	19.1	19.7	18.3	19.9	19.9	20.6	19.9
2009	21.0	20.5	21.7	20.7	21.0	18.8	18.8	19.0	20.2	19.8	20.2	20.0	20.1
2010	20.5	19.8	19.5	19.5	19.7	18.7	18.1	20.0	19.8	19.6	19.5	19.1	19.5
2011	19.4	19.6	19.1	21.4	19.9	18.8	18.8	19.8	19.9	19.1	19.2	19.3	19.5
2012	19.6	19.1	19.5	19.8	20.5	20.1	19.6	19.7	19.3	19.0	19.1	18.9	19.5
2013	20.3	20.0	21.1	20.4	21.0	19.8	19.4	20.0	19.9	21.3	20.1	20.1	20.3
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	20.8	20.7	20.8	20.4	19.8	19.0	18.8	19.0	19.2	20.2	20.3	20.5	20.0
Desv.estandar	0.7	0.9	1.0	0.7	1.2	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	0.4
T° Max	22.0	21.9	22.3	22.1	21.9	20.2	20.0	20.0	20.2	21.8	21.8	22.0	20.6
T° Min	19.4	19.1	18.6	19.4	16.7	17.8	16.8	17.5	16.9	18.5	18.9	18.9	19.5

Tabla 88*Datos completos de T° max de la Est. Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	31.8	32	30.7	31.2	31.1	31.8	31.3	32.1	32.2	32.2	32.2	31.7	31.7
1994	30.8	31.4	30.9	31.1	30.7	30.2	29.8	32.2	32.3	33.5	32.2	32.2	31.4
1995	32.2	32.1	30.8	31.7	30.7	31.2	31	33.1	33.2	33.4	31.9	31.8	31.9
1996	31.1	32.1	31.7	31	29.4	30.8	30.6	31.6	32.6	32.8	31.5	31.2	31.4
1997	31.4	31.9	31.9	31.7	30.6	30.4	31.6	31.6	33.4	33.7	32.1	32.7	31.9
1998	32.7	32.8	31.9	32.1	30.7	30.3	32.6	34.1	32.8	32.8	31.8	31.6	32.2
1999	30.7	31.4	31.2	30.5	30.4	31.0	30.9	31.3	33.4	32.5	31.7	31.7	31.4
2000	30.7	31.2	30.7	31.0	31.0	30.5	29.2	31.9	32.6	32.3	32.6	31.5	31.3
2001	31.2	31.7	30.4	31.8	31.1	29.5	30.8	32.8	33.4	34.0	32.6	32.0	31.8
2002	32.3	31.5	31.0	31.0	31.3	30.9	30.3	32.3	32.7	32.9	32.1	32.0	31.7
2003	32.2	32.0	31.3	31.7	31.6	31.4	31.0	31.8	32.2	33.6	33.3	31.7	32.0
2004	31.8	31.8	31.3	31.9	29.6	30.2	29.9	31.0	32.0	32.4	31.5	31.6	31.3
2005	32.6	31.8	32.0	30.9	32.2	31.7	31.4	33.8	33.5	32.4	32.6	31.4	32.2
2006	31.6	30.6	31.5	31.1	30.4	31.5	32.1	32.6	33.2	33.1	31.9	31.7	31.8
2007	32.0	31.6	31.1	31.4	30.7	31.5	31.3	32.2	33.5	32.4	32.6	32.1	31.9
2008	31.1	31.4	30.0	31.6	30.5	29.3	32.2	33.6	32.9	32.0	32.6	31.8	31.6
2009	30.9	31.1	31.5	30.9	31.2	30.3	31.4	33.0	33.5	34.0	33.4	32.8	32.0
2010	34.2	32.2	32.8	33.2	32.5	33.3	31.1	34.7	34.5	34.0	32.9	32.6	33.2
2011	31.9	30.6	29.8	32.1	31.6	31.6	31.9	33.6	34.0	32.2	32.5	32.0	32.0
2012	32.7	30.4	31.2	31.0	33.5	33.0	33.4	33.9	33.7	32.7	33.8	31.1	32.5
2013	32.2	31.2	31.4	33.0	31.6	30.5	30.9	31.2	33.6	33.2	30.8	33.4	31.9
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	31.8	31.6	31.2	31.5	31.1	31.0	31.2	32.6	33.1	33.0	32.3	31.9	31.9
Desv.estandar	0.9	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4
T° Max	34.2	32.8	32.8	33.2	33.5	33.3	33.4	34.7	34.5	34.0	33.8	33.4	33.2
T° Min	30.7	30.4	29.8	30.5	29.4	29.3	29.2	31.0	32.0	32.0	30.8	31.1	31.3

Tabla 89*Datos completos de T° media de la Est. Maronal.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	26.1	26.1	25.5	25.6	24.6	25.4	25.3	25.3	25.7	26.1	27.0	26.0	25.7
1994	26.0	26.3	25.6	25.8	25.4	24.0	24.1	25.2	25.6	26.0	25.6	26.5	25.5
1995	26.2	26.7	26.0	25.9	25.1	25.4	25.5	25.7	25.5	26.7	26.0	25.5	25.8
1996	26.2	26.5	26.7	26.0	24.9	25.0	24.2	25.6	25.8	26.9	25.3	25.7	25.7
1997	26.1	26.3	26.9	26.2	26.3	24.4	25.3	25.1	26.7	26.4	27.0	27.1	26.1
1998	26.9	27.3	26.9	27.1	25.0	25.0	25.6	26.7	26.1	26.3	25.3	26.2	26.2
1999	25.8	25.7	24.9	25.1	24.4	25.1	25.0	25.3	26.2	26.5	26.4	26.3	25.6
2000	25.2	25.2	25.6	25.3	25.3	24.8	24.0	25.9	26.1	27.0	26.4	25.3	25.5
2001	26.2	26.8	26.1	25.7	26.0	24.2	25.0	25.3	26.7	27.2	26.8	26.6	26.0
2002	26.8	26.6	26.0	26.0	25.6	24.6	24.7	25.4	26.0	26.6	26.4	26.5	25.9
2003	26.4	26.6	26.0	25.6	25.2	25.1	23.9	24.7	24.5	27.2	27.0	26.6	25.7
2004	26.8	26.6	26.7	26.8	25.0	24.7	24.6	24.6	25.5	26.7	26.5	26.8	25.9
2005	27.3	26.8	27.2	25.8	26.5	26.0	24.6	26.3	26.0	26.6	27.0	26.3	26.4
2006	26.3	25.7	25.9	25.5	23.5	25.3	25.5	26.0	26.5	27.2	26.7	26.7	25.9

T° Media mensual	20.5	20.3	20.5	20.5	20.3	19.7	19.1	19.2	19.6	20.6	20.8	20.8	20.2
Desv.estandar	0.8	0.9	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3
T° Max	21.6	21.4	22.0	21.2	21.1	20.8	19.9	19.8	20.5	21.3	22.5	21.5	20.6
T° Min	18.4	18.3	19.0	19.4	19.2	18.6	17.9	18.2	18.8	19.8	19.7	20.2	19.3

Tabla 91

Datos completos de T° max de la Est. Dos de mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	33.8	32.9	32.2	31.7	32.1	31.7	31.5	32.7	33.1	33.8	34	33.5	32.8
1994	34.1	31.8	31.8	31.8	32.1	30.2	30.6	32.9	34.2	32.7	33.1	33.1	32.4
1995	34.5	34.1	32.3	31.7	31.9	31.7	31.6	33.2	34.5	32.8	33.4	34.2	33.0
1996	34.7	32.9	32.6	31.7	31	32.1	31.4	32.6	33.3	33.7	34.2	33.4	32.8
1997	34.3	32.8	32.3	32.3	32.8	33	32.1	32.7	32.9	34.2	32.9	34.5	33.1
1998	34.4	32.7	32	33	32.8	32.2	32.9	34.2	33.2	33.1	32.2	31.3	32.8
1999	33.9	31.6	31.5	31.6	31	30.6	31.2	32.2	33	33.2	33.9	34.2	32.3
2000	33.4	32.7	32.6	31.9	32.3	32.6	31.9	33.3	32.4	33.3	34.4	32.9	32.8
2001	33.9	32.3	31.3	32.1	32.3	31.3	32.4	32.5	33.6	34.2	35.3	33.4	32.9
2002	34.2	33.4	32.5	31.6	31.9	31.8	30.3	32.7	33.7	33.1	33.9	35.3	32.9
2003	35.3	32.2	31.7	32.0	30.5	31.0	31.1	32.4	33.0	33.9	33.8	32.3	32.4
2004	34.8	33.5	32.5	33.0	32.5	30.5	31.3	31.9	32.0	33.6	33.3	32.9	32.6
2005	34.4	32.3	32.9	31.6	32.5	32.8	32.6	34.1	34.5	33.4	33.6	33.4	33.2
2006	33.6	32.4	32.7	32.1	32.5	32.6	33.0	33.6	34.4	34.6	33.8	33.4	33.2
2007	34.7	34.8	32.3	32.2	31.9	33.1	33.5	33.6	32.8	33.4	32.9	34.1	33.3
2008	33.8	32.6	31.5	32.6	32.1	31.9	32.7	33.9	33.1	32.6	33.0	33.4	32.8
2009	31.7	32.6	31.5	31.4	32.0	31.7	32.6	33.4	32.8	34.1	34.8	34.5	32.7
2010	35.1	33.9	33.5	32.8	32.5	32.3	32.7	34.5	34.5	34.0	33.3	33.4	33.5
2011	33.6	32.0	31.3	32.2	31.9	31.6	32.1	34.4	32.5	32.6	32.9	32.3	32.5
2012	32.9	32.2	31.9	31.4	32.8	32.3	33.0	34.4	34.0	32.8	34.2	32.6	32.9
2013	33.1	32.8	33.0	34.1	33.4	32.7	32.7	33.1	34.9	34.0	33.3	33.5	33.4
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	34.0	32.8	32.2	32.1	32.1	31.9	32.1	33.2	33.4	33.5	33.6	33.4	32.9
Desv.estandar	0.8	0.8	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7	0.9	0.3
T° Max	35.3	34.8	33.5	34.1	33.4	33.1	33.5	34.5	34.9	34.6	35.3	35.3	33.5
T° Min	31.7	31.6	31.3	31.4	30.5	30.2	30.3	31.9	32.0	32.6	32.2	31.3	32.3

Tabla 92

Datos completos de T° media de la Est. Dos de mayo.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	T° PROM
1993	27.2	27.0	26.4	26.5	26.0	26.0	25.2	26.0	26.0	27.5	27.4	27.0	26.5
1994	27.3	26.2	26.5	26.1	26.3	24.9	24.8	26.1	26.8	26.3	27.2	27.0	26.3
1995	27.2	26.5	26.2	26.0	26.1	25.8	25.6	26.1	27.1	26.8	27.2	27.2	26.5
1996	26.9	26.4	26.1	26.1	25.6	25.9	25.5	25.9	26.9	27.0	27.0	27.4	26.4
1997	27.5	26.9	26.2	26.6	26.5	26.7	25.8	26.1	26.5	27.5	26.9	27.7	26.7

1998	27.7	26.2	27.0	26.8	26.8	26.1	26.2	26.9	26.4	27.2	26.4	26.2	26.6
1999	27.6	25.4	26.0	26.2	25.8	25.0	24.6	25.6	26.5	26.8	27.3	27.6	26.2
2000	26.9	27.0	26.8	26.3	26.2	25.8	25.5	26.2	25.8	27.1	27.9	26.8	26.5
2001	27.8	26.8	25.8	26.1	26.6	25.7	26.1	25.6	26.8	27.4	28.9	27.2	26.7
2002	26.3	25.8	26.2	26.0	26.5	25.9	25.1	26.0	26.7	26.9	27.2	28.4	26.4
2003	28.4	26.8	26.5	26.5	25.7	25.9	25.2	25.8	26.3	27.3	27.5	26.8	26.5
2004	27.9	27.1	26.6	26.9	26.4	24.8	25.4	25.4	25.6	26.9	26.7	26.7	26.4
2005	27.5	26.7	27.0	26.3	26.6	26.5	25.7	26.5	27.2	27.0	27.2	27.1	26.8
2006	27.2	26.5	26.3	26.1	25.9	25.9	25.7	26.4	27.0	27.9	27.4	27.2	26.6
2007	27.7	27.8	26.2	26.4	26.1	26.3	26.2	26.4	26.0	27.2	26.7	27.5	26.7
2008	27.4	26.5	26.2	26.7	26.4	26.1	26.1	26.8	26.4	26.7	27.0	27.1	26.6
2009	26.4	26.8	26.3	26.3	26.3	25.9	26.1	26.6	26.6	27.5	28.1	27.3	26.7
2010	27.7	27.2	27.1	26.6	26.2	25.8	25.7	26.4	26.7	26.9	26.5	27.3	26.7
2011	26.5	25.8	25.1	25.8	25.7	25.1	25.2	26.6	25.6	26.3	26.4	26.4	25.9
2012	26.4	26.0	26.1	25.8	26.3	25.9	26.1	26.7	26.9	26.4	27.4	26.7	26.4
2013	26.9	26.6	26.9	27.1	26.9	26.0	25.6	26.3	27.2	27.5	27.3	27.2	26.8
N° Datos	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
T° Media mensual	27.2	26.6	26.4	26.3	26.2	25.8	25.6	26.2	26.5	27.0	27.2	27.1	26.5
Desv.estandar	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5	0.2
T° Max	28.4	27.8	27.1	27.1	26.9	26.7	26.2	26.9	27.2	27.9	28.9	28.4	26.8
T° Min	26.3	25.4	25.1	25.8	25.6	24.8	24.6	25.4	25.6	26.3	26.4	26.2	25.9

Anexo E

Distribución mensual de la temperatura

Se generaron modelos regionales de temperatura para cada mes del año, con la finalidad de conocer el comportamiento de la variable mes a mes.

Figura 154

Relación de la temperatura y altitud – Enero.

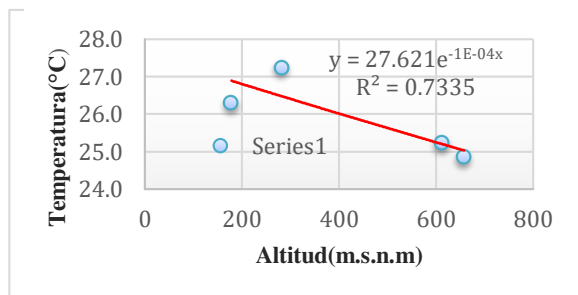


Figura 155

Relación de la temperatura y altitud – Febrero.

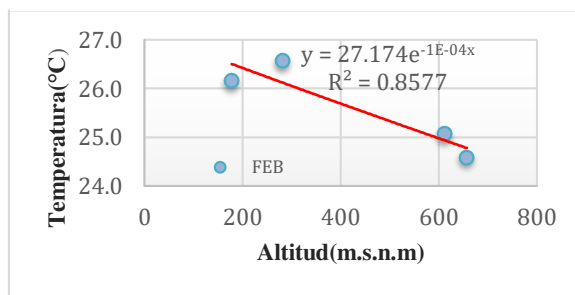


Figura 156

Relación de la temperatura y altitud – Marzo.

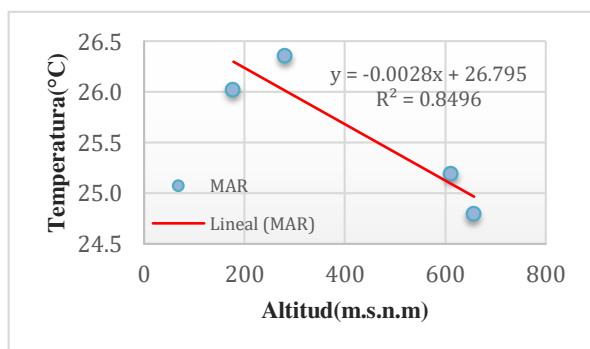


Figura 157

Relación de la temperatura y altitud – Abril.

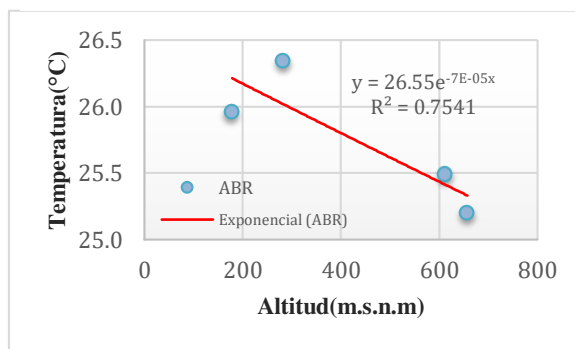


Figura 158

Relación de la temperatura y altitud – Mayo.

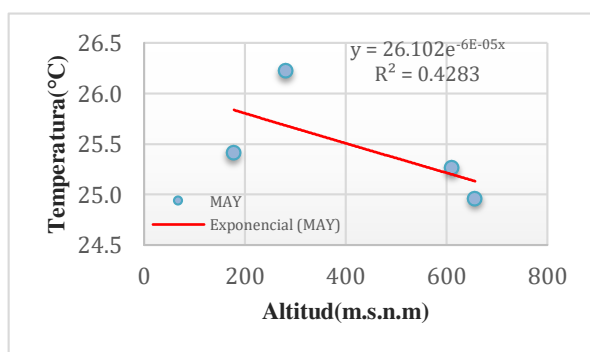


Figura 159

Relación de la temperatura y altitud – Junio.

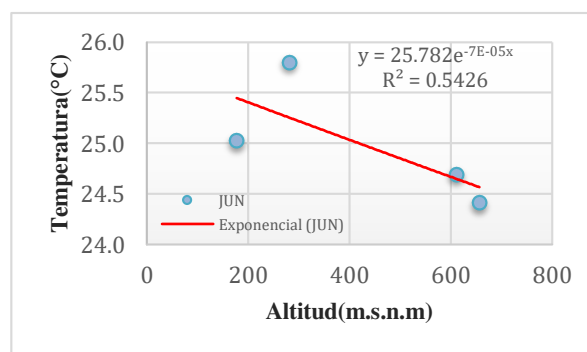
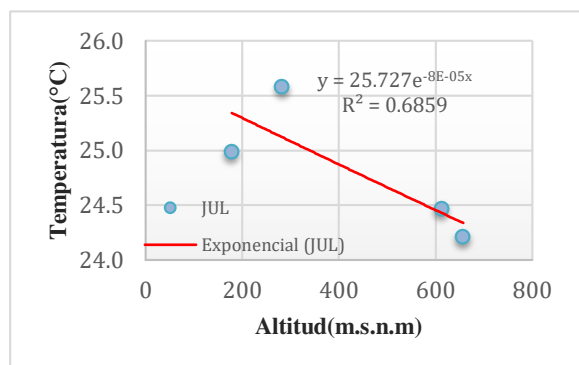
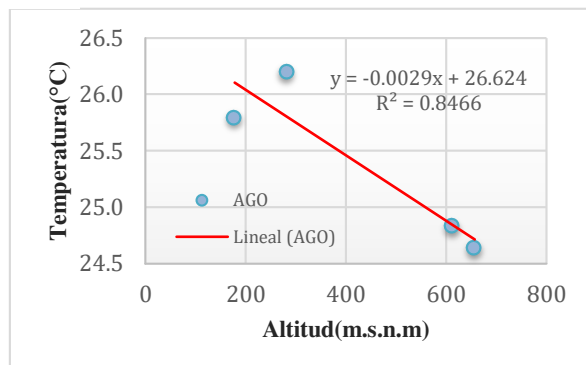
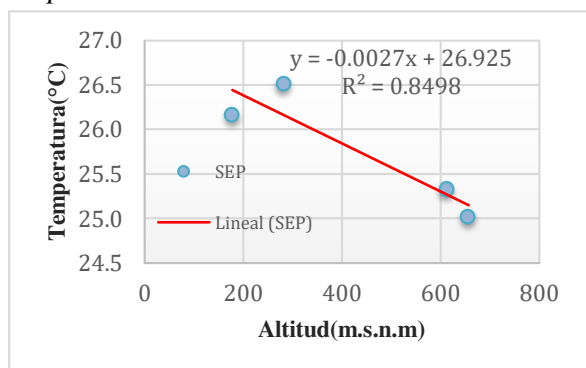
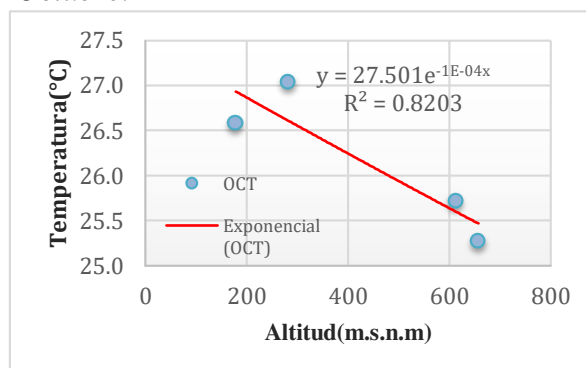
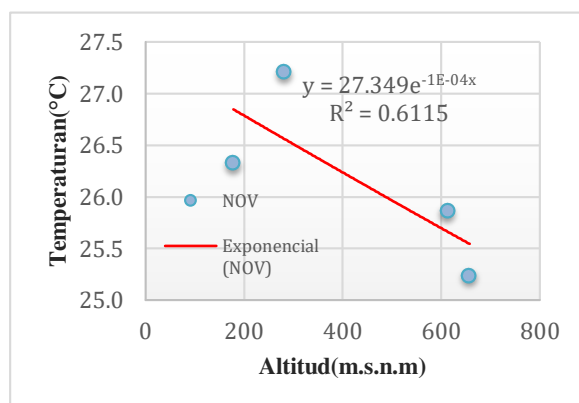
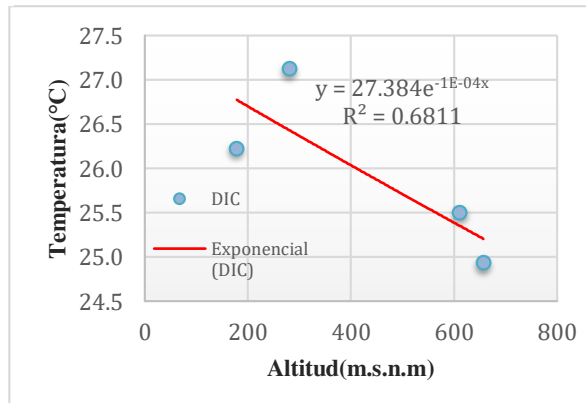


Figura 160*Relación de la temperatura y altitud – Julio.***Figura 161***Relación de la temperatura y altitud – Agosto.***Figura 162***Relación de la temperatura y altitud – Septiembre.***Figura 163***Relación de la temperatura y altitud – Octubre.***Figura 164***Relación de la temperatura y altitud – Noviembre.***Figura 165***Relación de la temperatura y altitud – Diciembre.*

Anexo F

Relación entre variables

Se analizaron los resultados de las variables área boscosa y caudal medio anual mediante modelos de regresión y correlación con la finalidad de corroborar las relaciones logradas en la figura 151 y figura 153 para así tener la seguridad de aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna planteadas en la presente investigación.

Figura 166

Datos de relación área boscosa y caudal (1994-1999).

Año	Área boscosa (km ²)	Caudal (m ³ /s)
1994	805.9	5.5
1995	792.2	11.1
1997	764.8	23.6
1998	751.1	26.9
1999	737.4	31.8

Tabla 93

Regresión de las variables área boscosa y caudal (1994 – 1999).

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	485,270	1	485,270	387,423	,000 ^b
	Residuo	3,758	3	1,253		
	Total	489,028	4			

a. Variable dependiente: Caudal

b. Predictores: (Constante), Área boscosa

Pvalor = Sig= 0.000 menor que 0.05 implica que el modelo que relaciona estas variables es significativo, sirve para realizar pronósticos.

Tabla 94

Correlación de las variables área boscosa y caudal (1994 – 1999).

		Área boscosa	Caudal
Área boscosa	Correlación de Pearson	1	-,996**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	5	5
Caudal	Correlación de Pearson	-,996**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	5	5

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Como Sig=Pvalor= 0.000 menor que 0.05 se concluye que la relación entre las variables es significativa. Y como R=-0.996 esa relación es fuerte e inversa.

Figura 167

Datos de relación área boscosa y caudal (2001-2006).

Año	Área boscosa (km2)	Caudal (m3)
2001	710.1	16.0
2002	696.4	18.2
2004	669.1	24.1
2006	641.8	24.8

Tabla 95

Regresión de las variables área boscosa y caudal (2001 – 2006).

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	51,372	1	51,372	19,330	,048 ^b
	Residuo	5,315	2	2,658		
	Total	56,688	3			

a. Variable dependiente: Caudal2

b. Predictores: (Constante), Área boscosa

Pvalor = Sig= 0.048 menor que 0.05 implica que el modelo que relaciona estas variables es significativo, sirve para realizar pronósticos.

Tabla 96

Correlación de las variables área boscosa y caudal (2001 – 2006).

		Área boscosa	Caudal
Área boscosa	Correlación de Pearson	1	-,952 [*]
	Sig. (bilateral)		,048
	N	4	4
Caudal2	Correlación de Pearson	-,952 [*]	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	4	4

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Como Sig=Pvalor= 0.048 menor que 0.05 se concluye que la relación entre las variables es significativa. Y como R=-0.952 esa relación es fuerte e inversa.

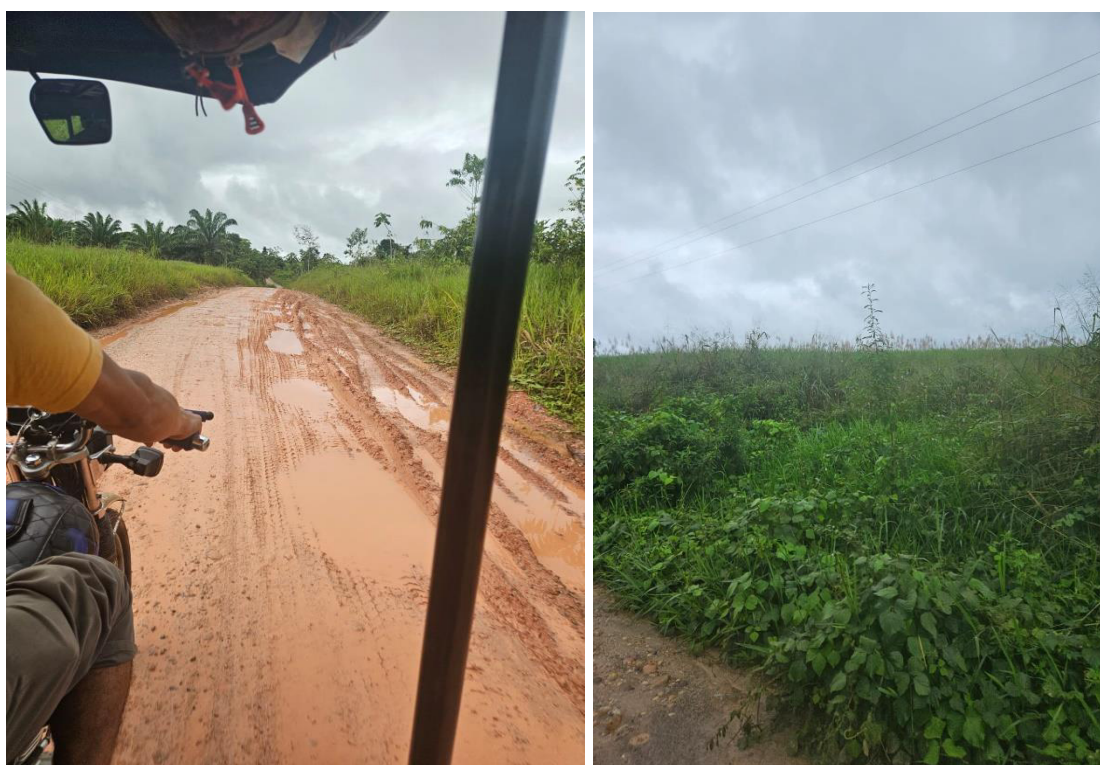
Anexo G

Registro fotográfico

Se realizó la visita a la cuenca Neshuya con la finalidad de levantar información del estado actual de las zonas de bosque y no bosque y conocer de qué manera el Rio Neshuya afecta a la calidad vida de las poblaciones que se ubican en la cuenca baja, para ello, se tomó como muestra el caserío San Andres de Neshuya ubicado en las coordenadas 500430.00E, 9059950.00N a una altitud de 172.2 m.s.n.m, guiado por el agente de caserío Norvil Flores Irigoin el cual nos comentó que el caserío se inunda a unos 30 a 60 cm debido a las crecidas y desborde del Rio Neshuya en épocas húmedas. También se visitó la parte alta de la cuenca Neshuya - el caserío Nueva Irazola con coordenadas 489170.00E, 9026933.00N a una altitud de 265.5 m.s.n.m teniendo como guía al poblador Magno López Márquez con más de 15 años de vivencia en el caserío.



Fotografía 1: Se observa la entrada al CP Monte Alegre Neshuya Sector 4 Junta Vecinal las palmeras con coordenadas 504016.00E, 9044648.00N a una altitud de 189.6 m.s.n.m.



Fotografía 2: Trayecto hacia el caserío San Andres de Neshuya se puede observar cobertura vegetal tipo pastizal y un tipo de suelo arcilloso predominante.



Fotografía 3: Se puede observar cultivos de *Elaeis guineensis* comúnmente llamado “palma aceitera” y los racimos cosechados, cada racimo puede pesar entre 2.5 kg a 3k en palmas jóvenes.



Fotografía 4: Se puede observar en la imagen izquierda al río Neshuya y a la derecha una superficie erosionada lateralmente por acción de la fuerza de escurrimiento que con el tiempo puede invadir la trocha y ocasionar problemas de conectividad con los caseríos.



Fotografía 5: Se puede observar en la imagen izquierda al río Neshuya colindando con el caserío San Andres de Neshuya y en la imagen del medio al colegio del caserío San Andrés de Neshuya con estructuras de entablado, debido a la ocurrencia de desbordes del río Neshuya en épocas húmedas que afecta a la población (40 familias) y en la imagen derecha se puede observar acumulación de agua producto de las precipitaciones pluviales.



Fotografía 6: en la imagen se puede observar dos tipos de cobertura vegetal la primera que está más al fondo corresponde a cultivos de palma aceitera de gran tamaño y la que está más adelante es una cobertura conformada por plantaciones pequeñas de palma aceitera, pastos y malezas.



Fotografía 7: En la imagen derecha se puede observar una superficie deforestada para fines de agricultura de plantaciones de palma y en la imagen izquierda se observa árboles de *Elaeis guineensis* de porte medio.



Fotografía 8: En la imagen izquierda se puede observar el tramo final del río Neshuya, mientras que, en la imagen derecha se observa la confluencia del río Neshuya con la quebrada “Shansho” para finalmente drenar sus aguas al río Aguaytia.



Fotografía 9: Se puede observar en la imagen izquierda al Sr. Jhoel y al Sr. Norvil que nos guiaron en todo el recorrido, y al río Aguaytia en la parte de atrás, por otro lado, en la imagen derecha se observa flora y fauna de la zona de confluencia de los ríos Neshuya y Aguaytia.



Fotografía 10: En la imagen izquierda se puede observar cultivos de palma aceitera, pastos y malezas, así como, racimos del fruto de la palma que son transportados hacia los acopios temporales, por otro lado, en la imagen derecha se observa zonas de árboles de palma aceitera depredados.



Fotografía 11: En la imagen izquierda se puede observar zonas moteadas con pastos y poca presencia de árboles evidenciando precedentemente rasgos de deforestación, por otro lado, en la imagen derecha se observa vegetación tipo pastizal de gran porte de 100 cm a 120 cm.



Fotografía 12: En la imagen izquierda se puede observar árboles de mediano y gran porte del bosque húmedo tropical con presencia de laderas con pastos, evidenciándose presencia de deforestación.



Fotografía 13: En la imagen izquierda se puede observar diversos tipos de vegetación como pastos, malezas y arbustos que conforman un conglomerado muy denso de cubierta vegetal, por otro lado, en la imagen derecha se puede apreciar el puente que conduce al caserío Nueva Irazola con una capacidad de carga de 20 Tn y una longitud de 50 m.



Fotografía 14: En la imagen izquierda se puede observar el árbol de nombre común “Topa” de gran tamaño, y en la imagen derecha se observa plántulas de caña brava.



Fotografía 15: En la imagen izquierda se puede observar superficies deforestadas que fueron habilitados para sembríos de cacao. El árbol (*Theobroma cacao*) pertenece a la familia de las Malvácea y pueden crecer entre 6 a 12 metros, por otro lado, en la imagen derecha se observa frutos de cacao listos para cosechar.



Fotografía 16: En la imagen izquierda se puede observar una fisiografía ondulosa con presencia de muy pocos árboles, por otro lado, en la imagen derecha se puede observar el árbol de gran porte conocido con el nombre común “Anonia de monte”.



Fotografía 17: En la imagen izquierda se puede observar al árbol de nombre común “Ambai” y en la imagen derecha al árbol de nombre común “Caoba africana”.



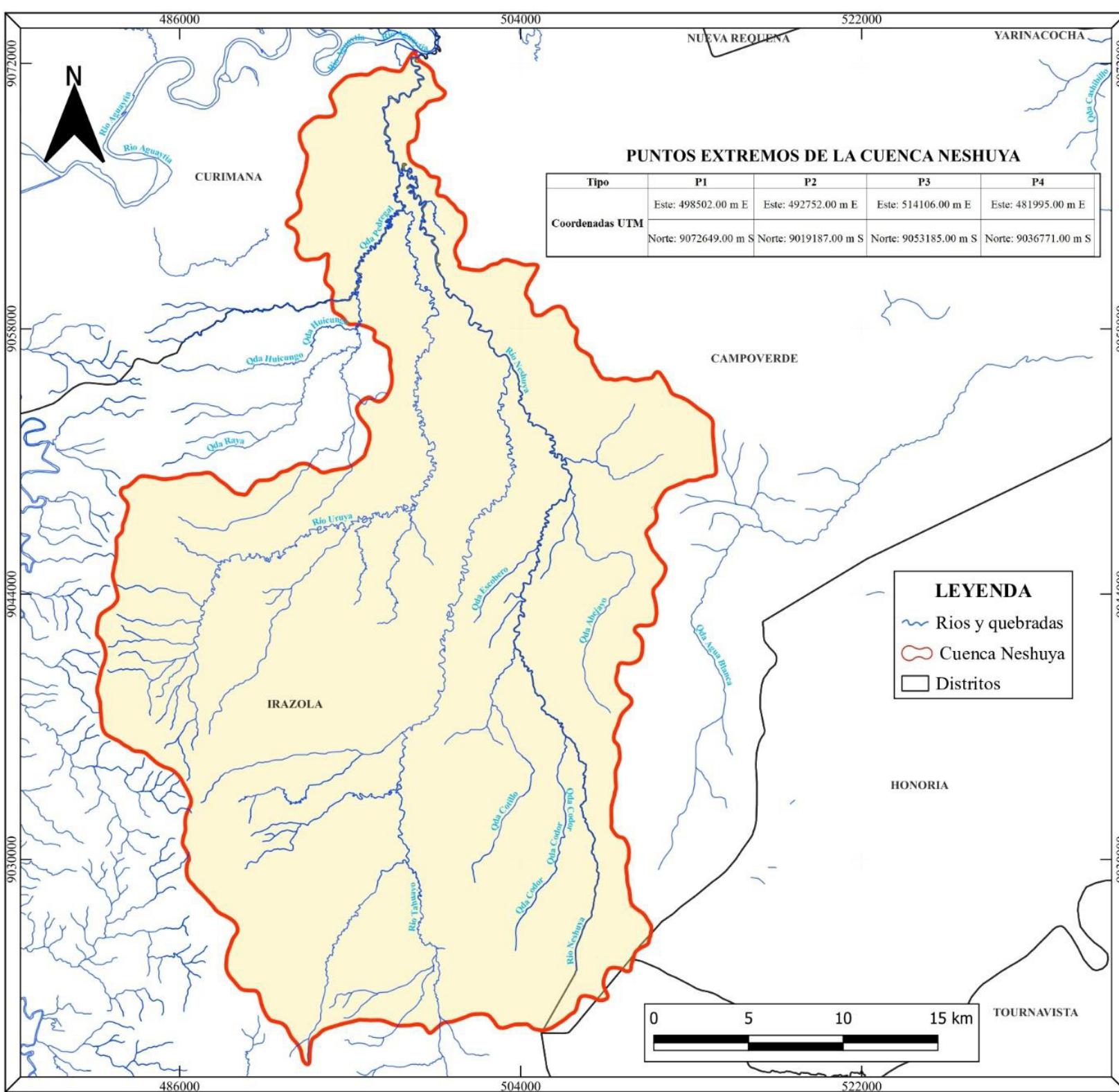
Fotografía 18: En la imagen izquierda se puede observar al árbol de nombre común “Quinia” y en la imagen derecha al árbol de nombre común “Shimbio de monte”.



Fotografía 19: En la imagen se puede observar especie maderable de gran porte talado para fines de aprovechamiento.

Anexo H

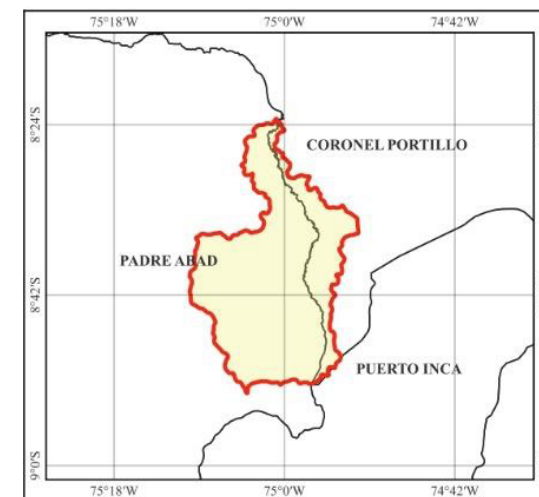
Mapas temáticos



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

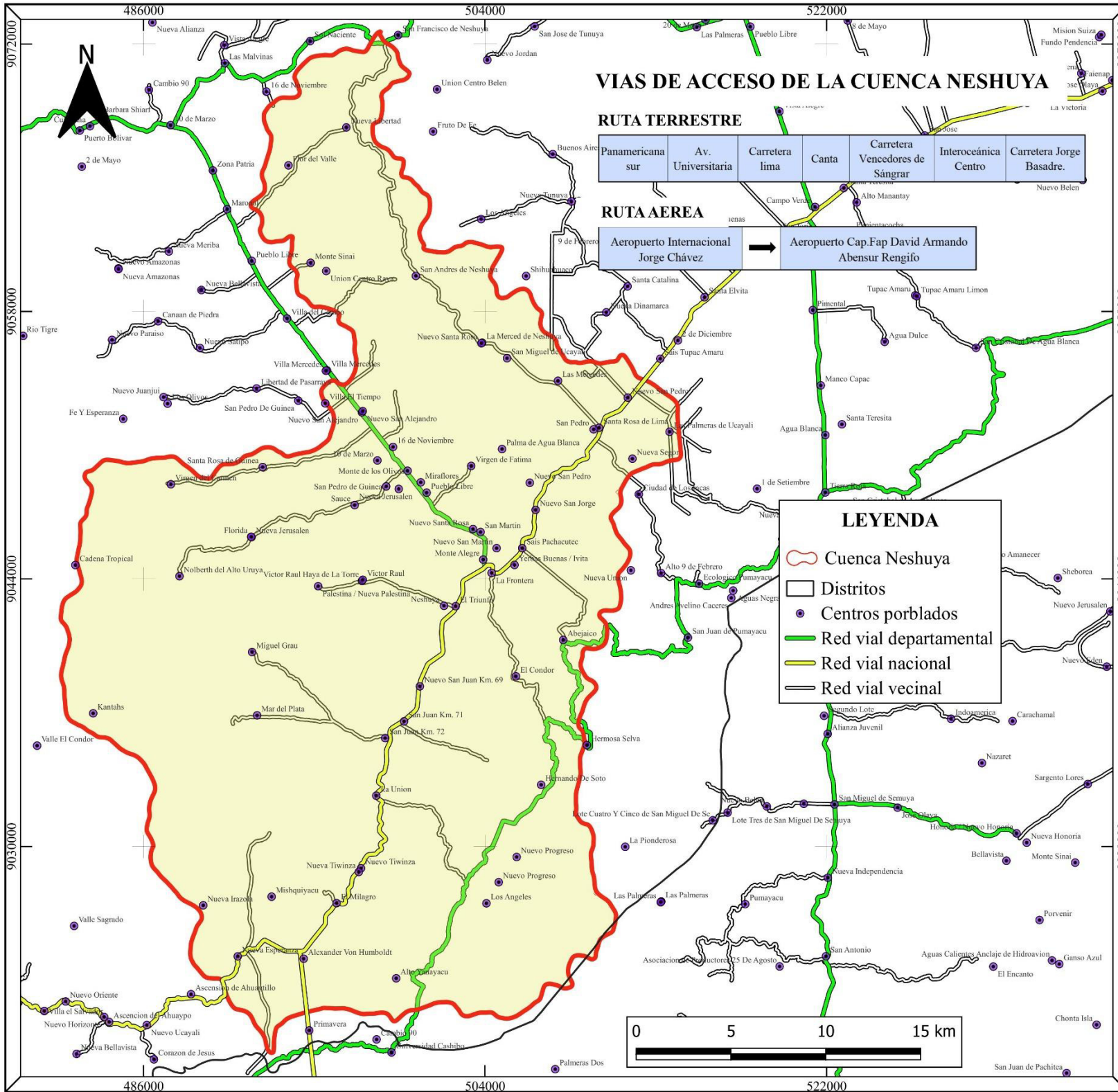


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de ubicación política

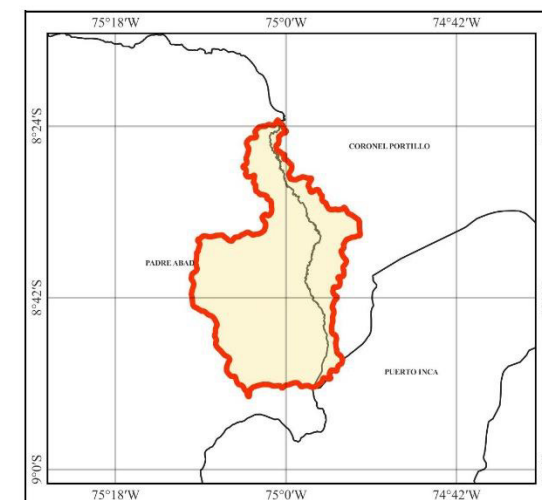
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: Nº1
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n)	Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

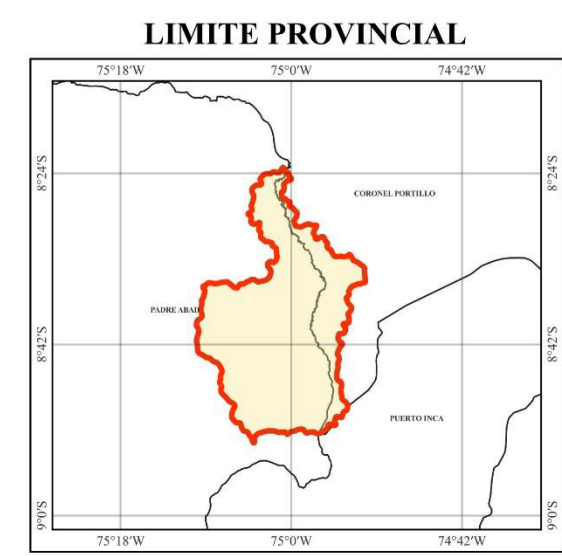
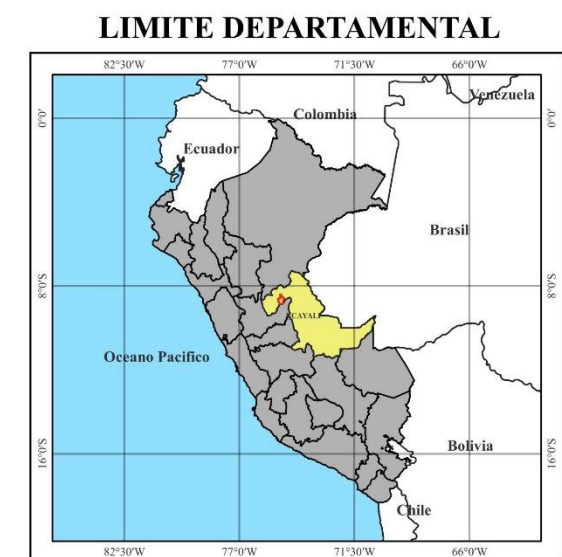
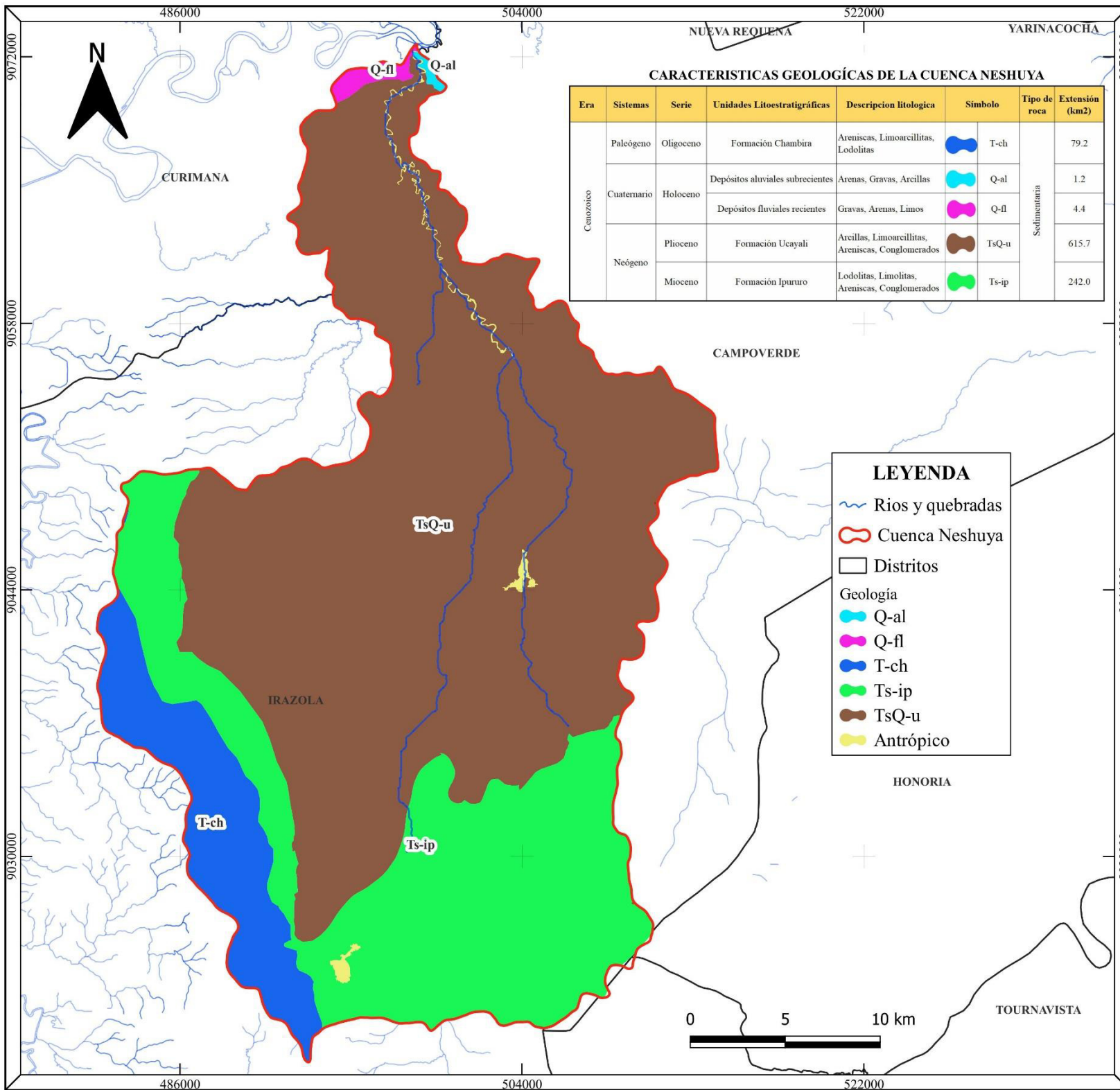


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de la red vial

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°2
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n)		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	

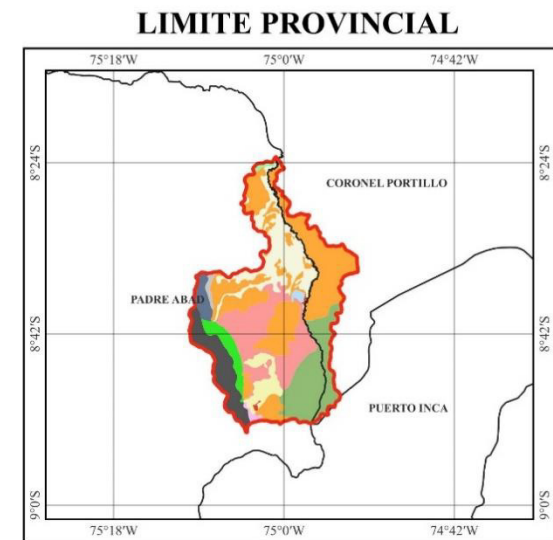
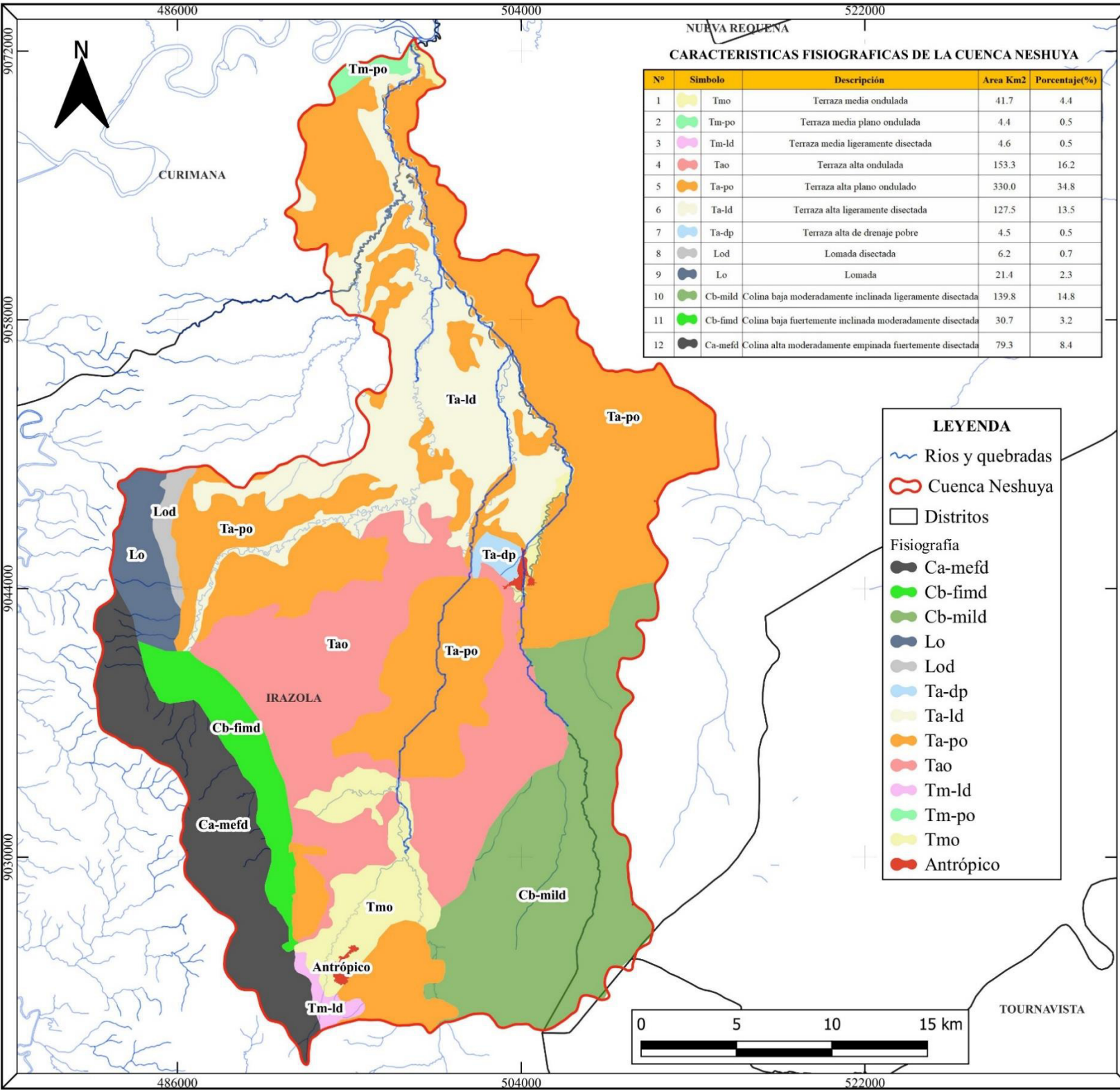


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa geológico

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucchuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: Nº3
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n), ZEE Ucayali.		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	

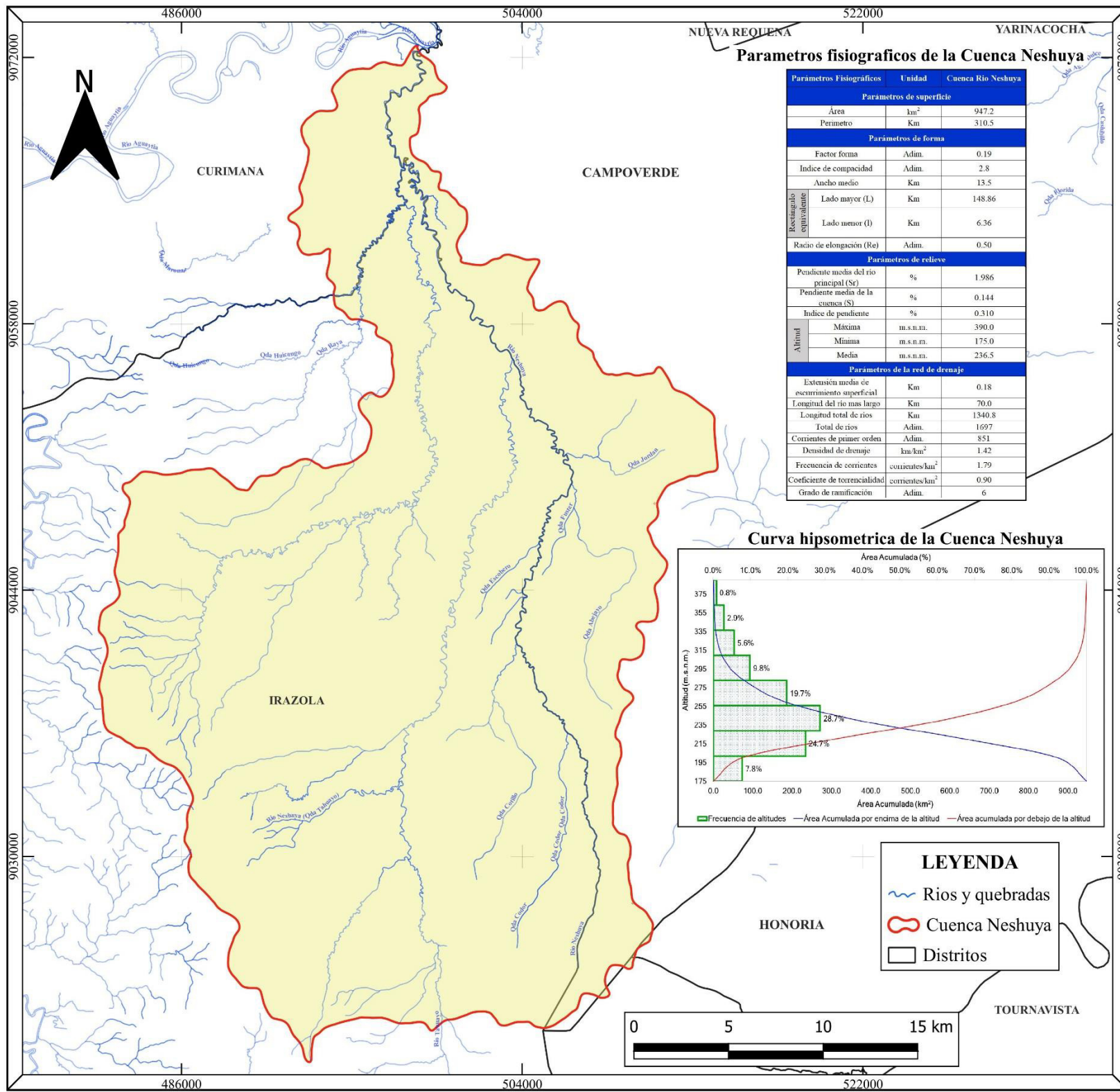


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

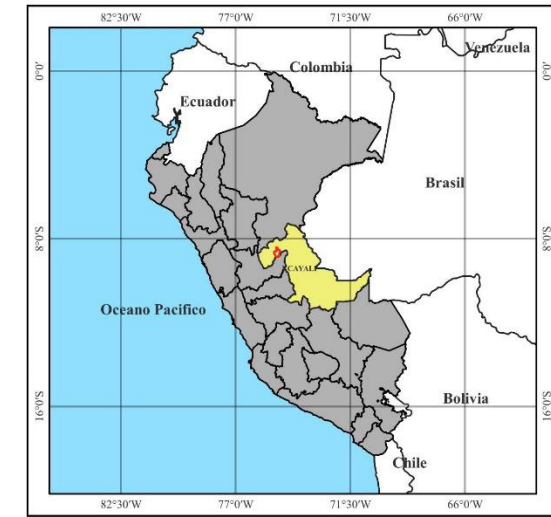
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa fisiográfico

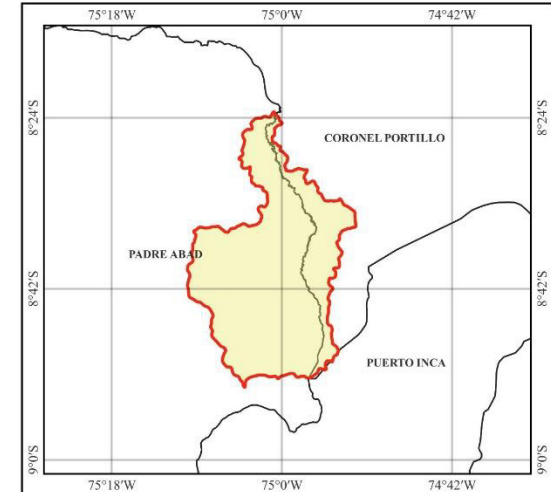
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucachunsi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: Nº4
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n); ZEE Ucayali.		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

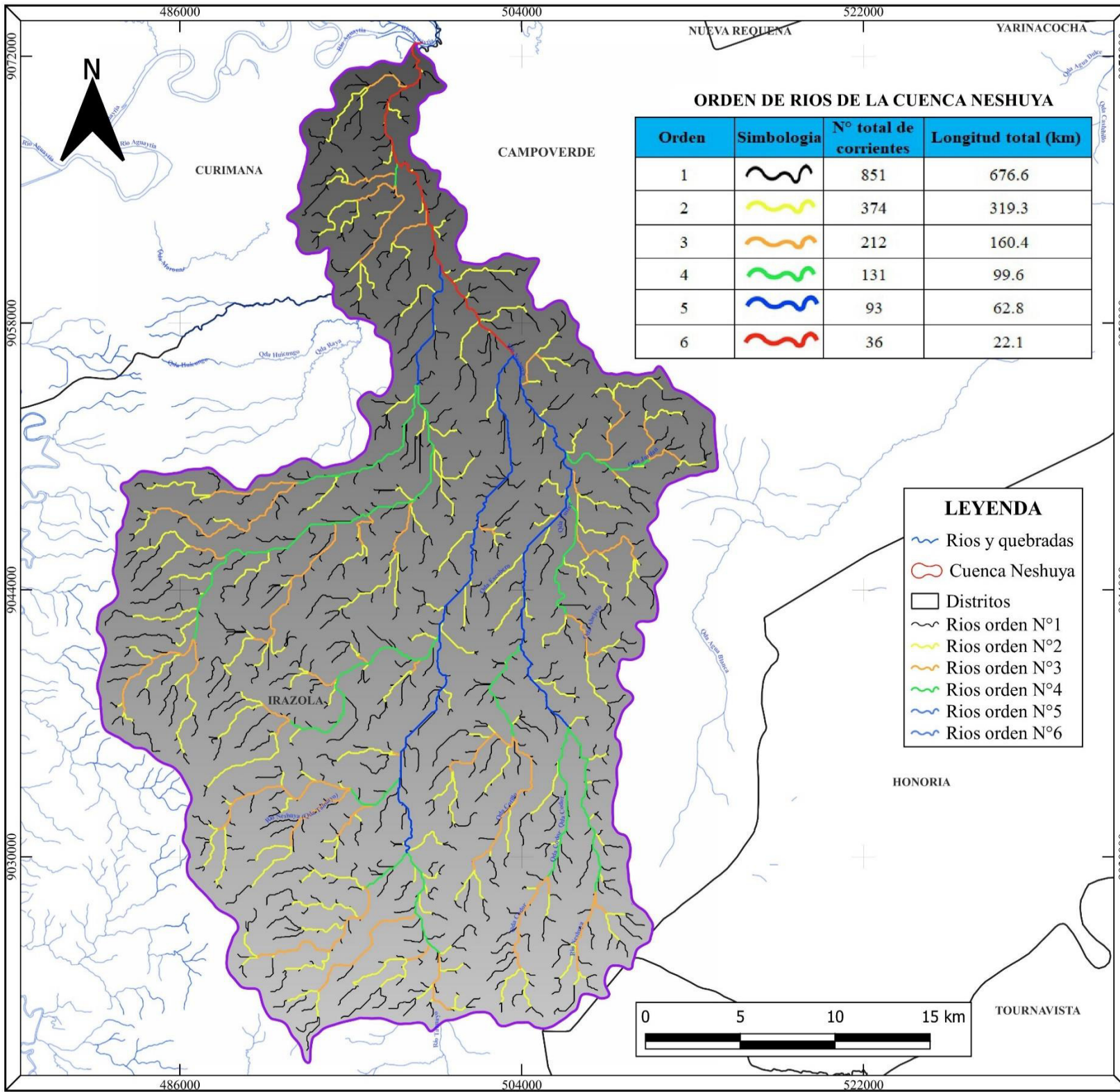


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de parámetros fisiográficos

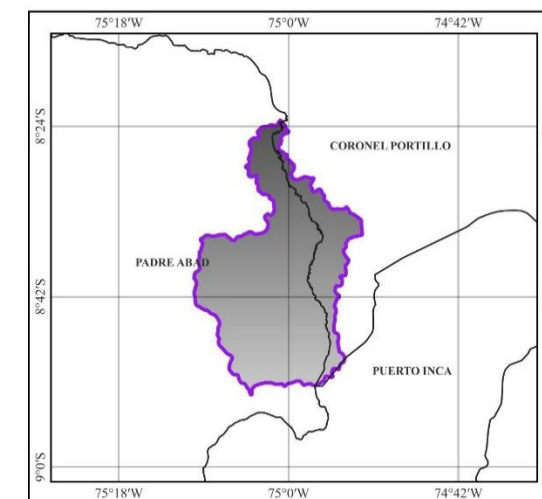
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucanhuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°5
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n)		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

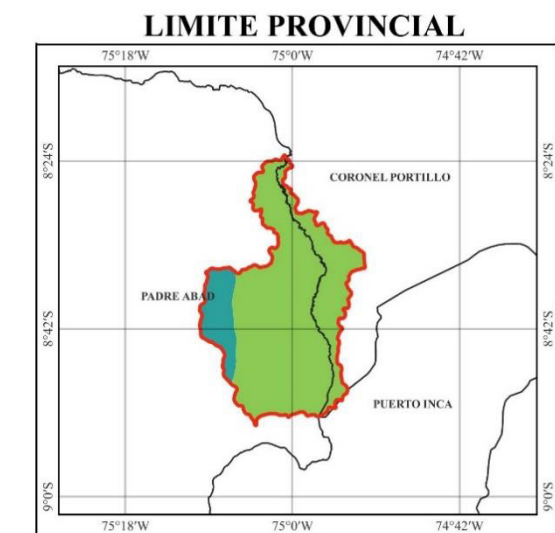
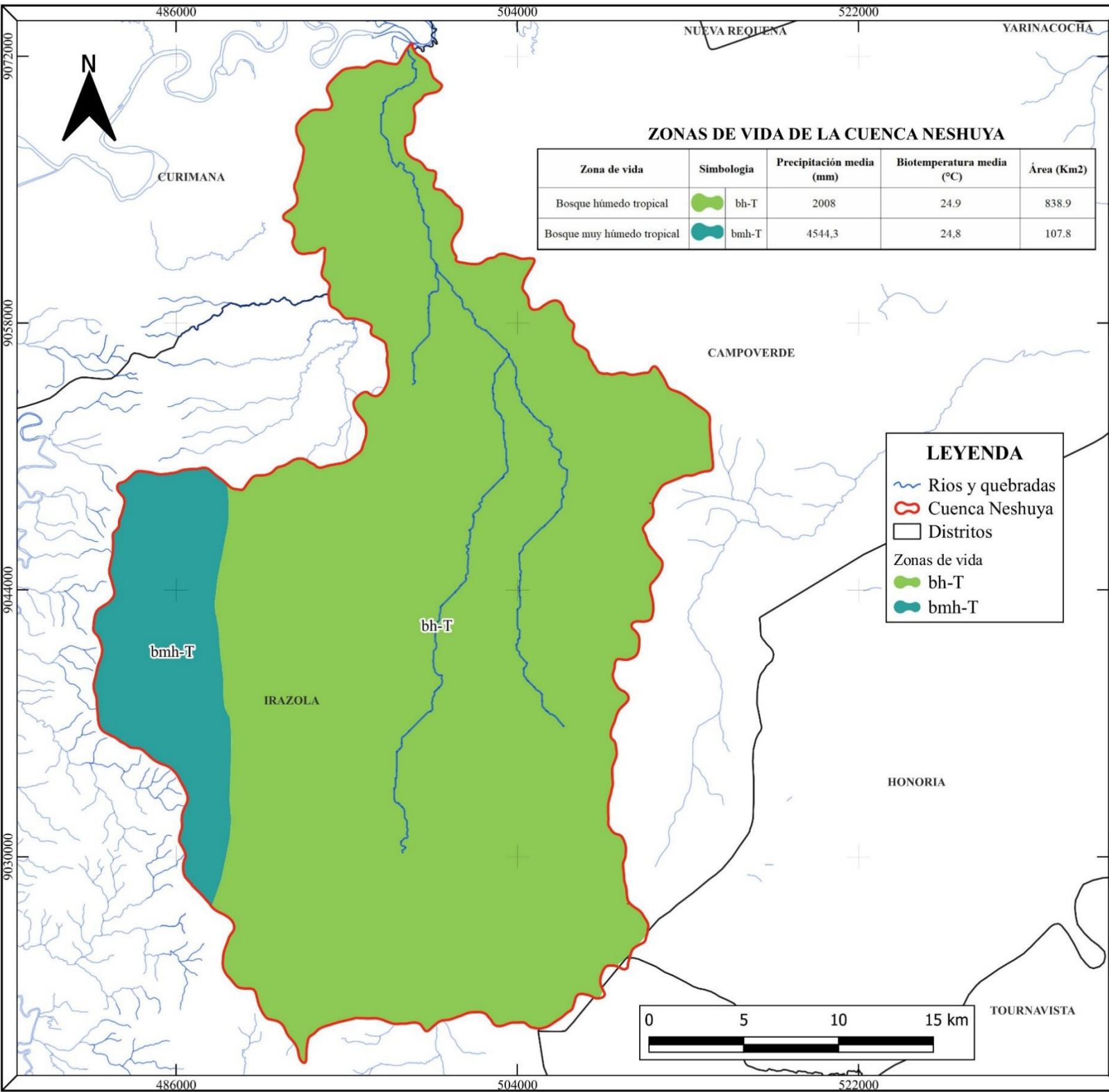


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de orden de rios

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°6
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n)	Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3

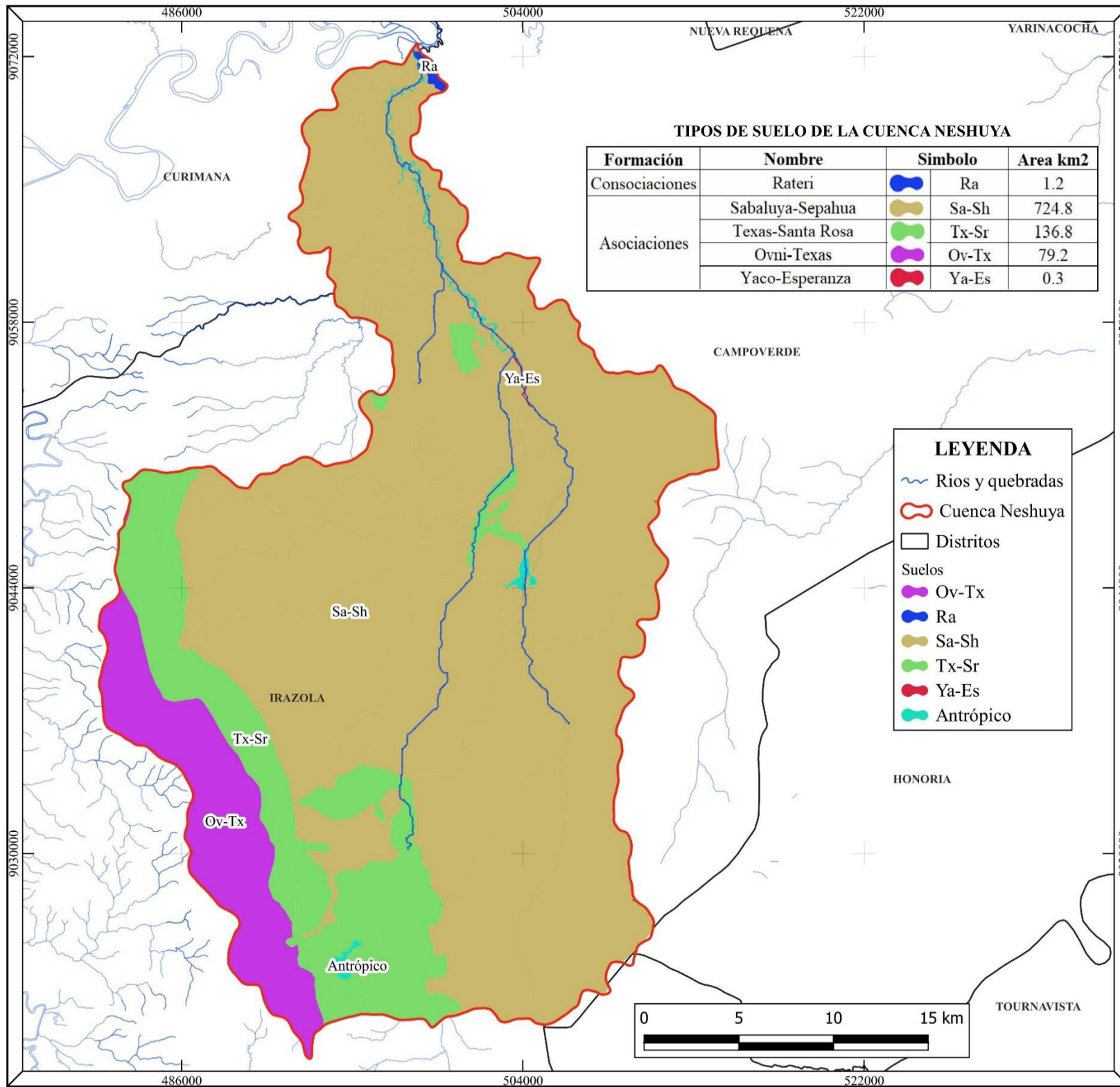


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de zonas de vida

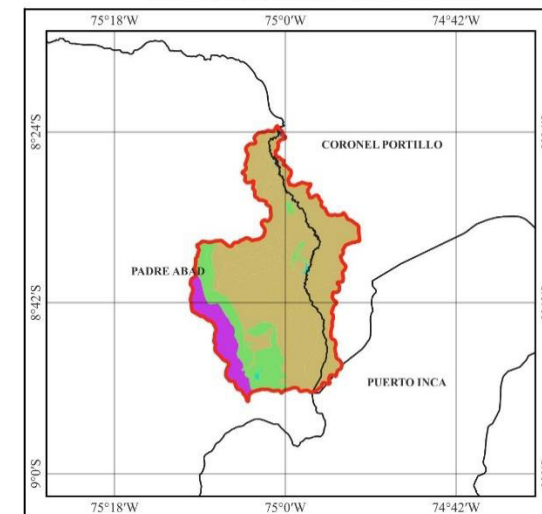
Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucchuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	Nº7
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n), ZEE Ucayali.	Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL



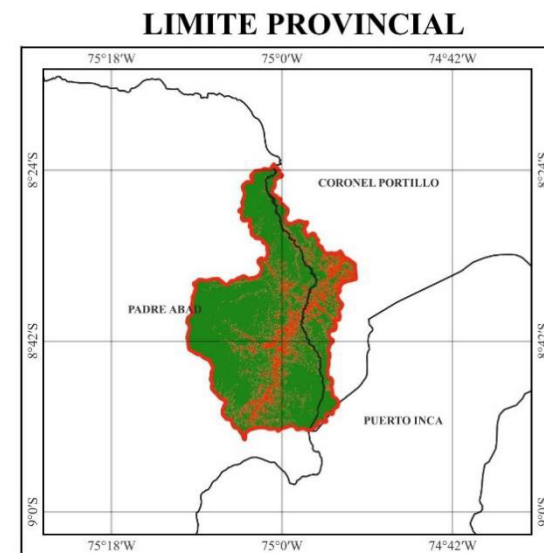
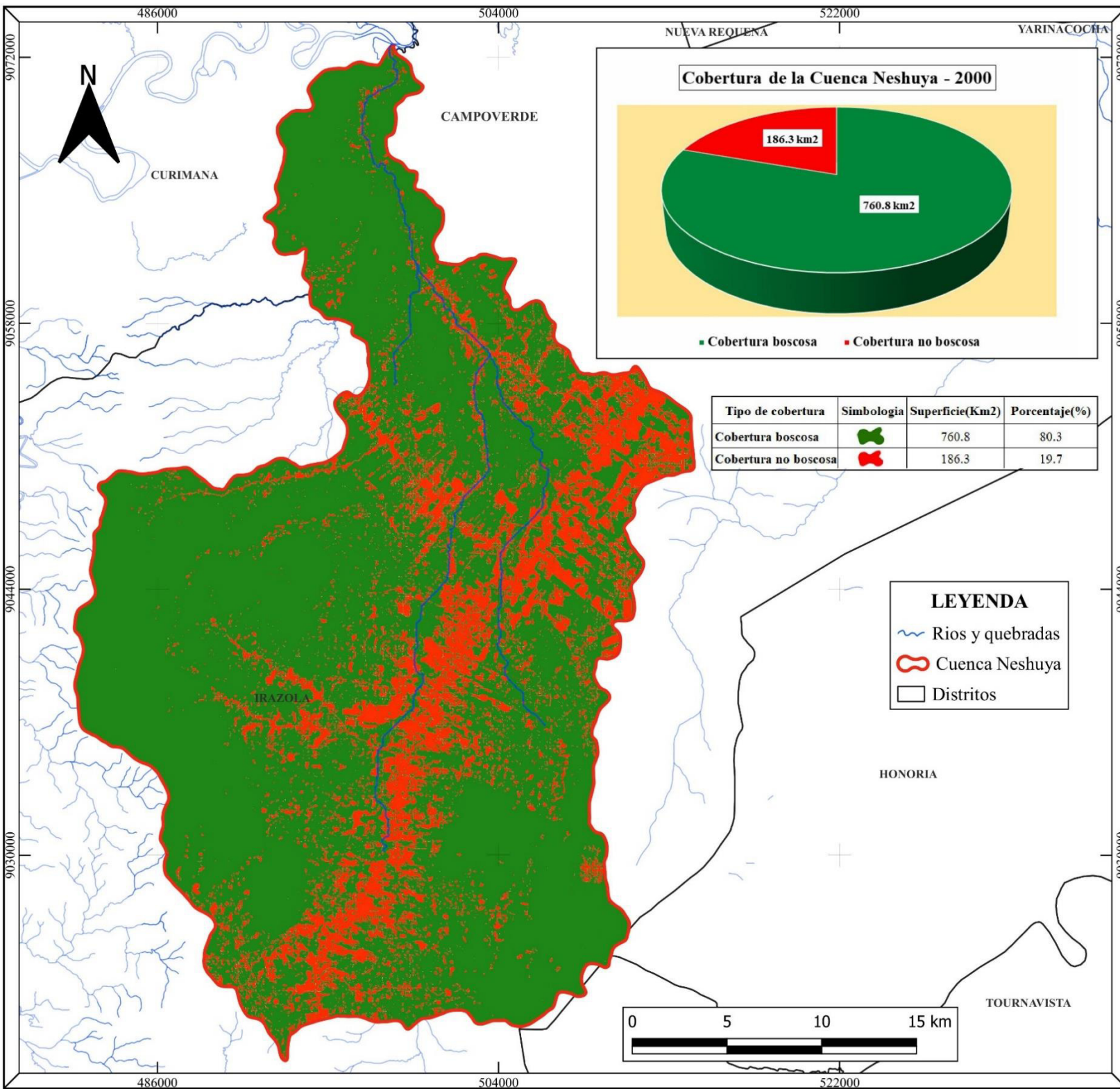
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

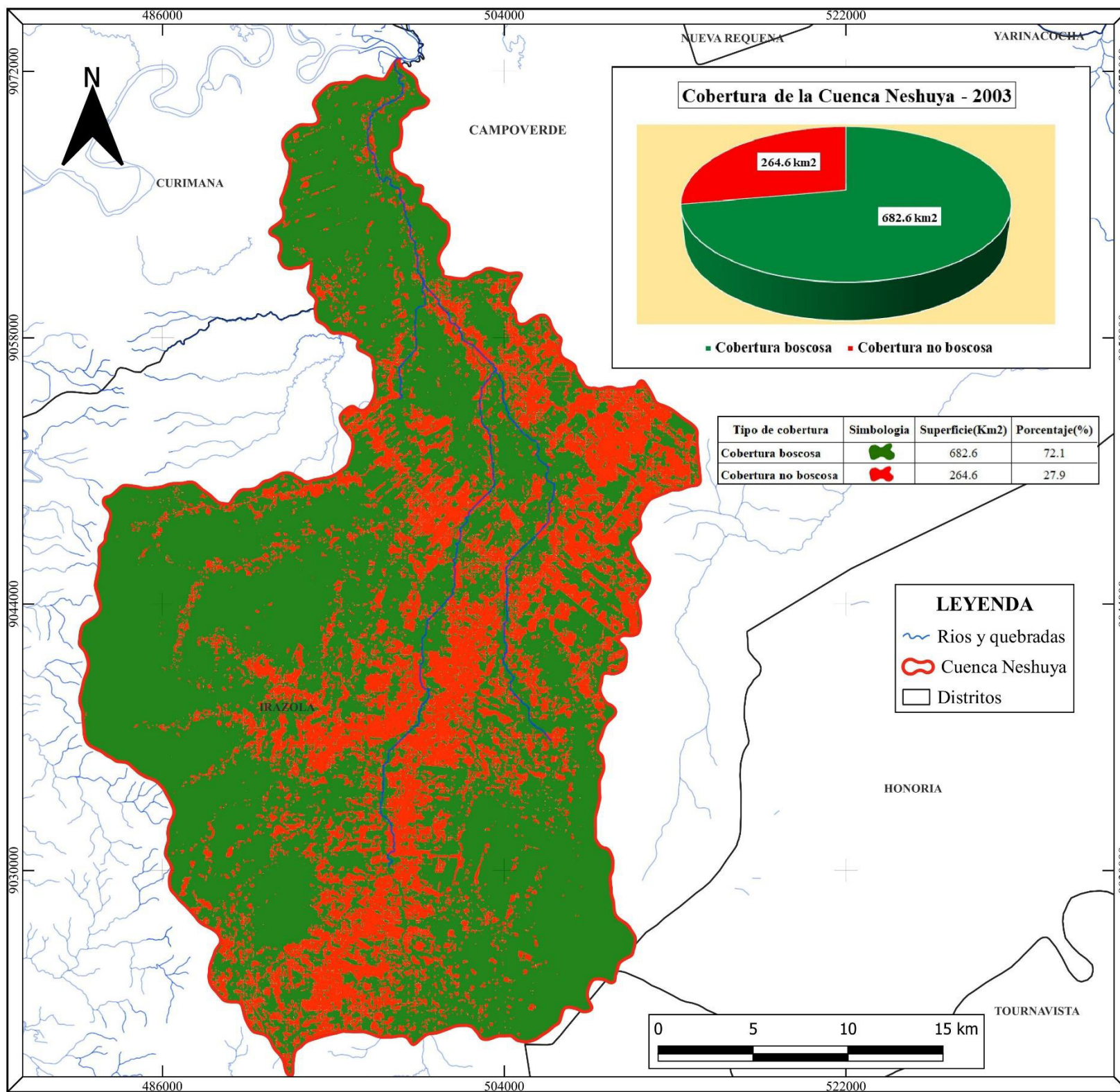
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de suelos

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucacahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°8
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n); ZEE Ucayali.		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
			Formato: A3



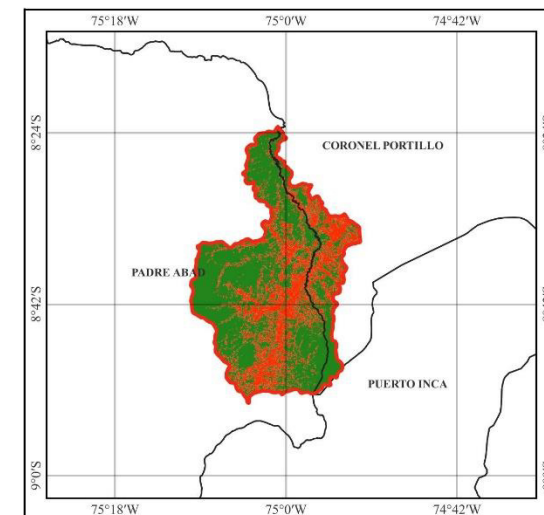
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental				
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020				
Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2000				
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucacahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: Nº9	
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

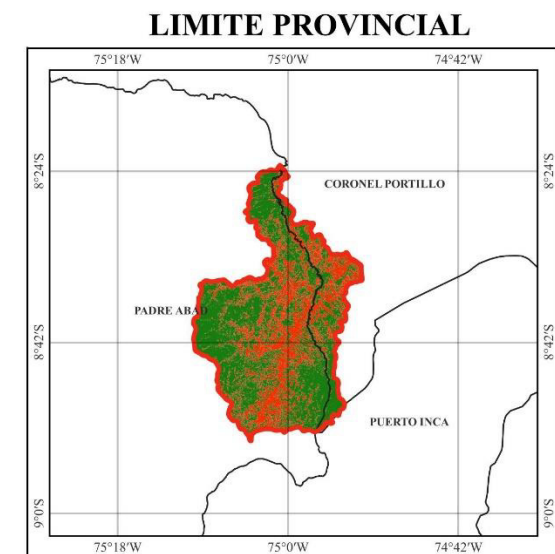
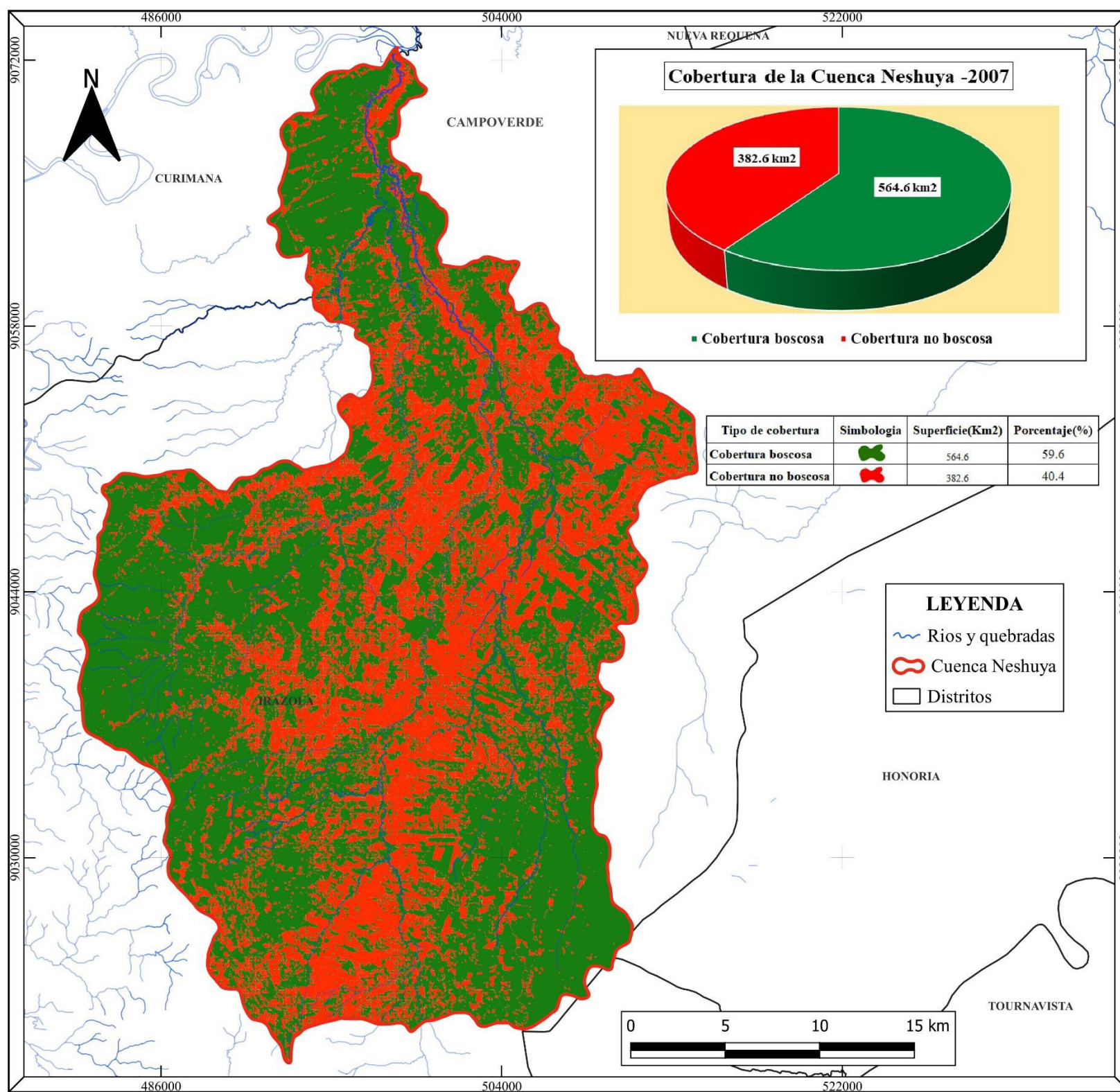


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2003

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N° 10
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	

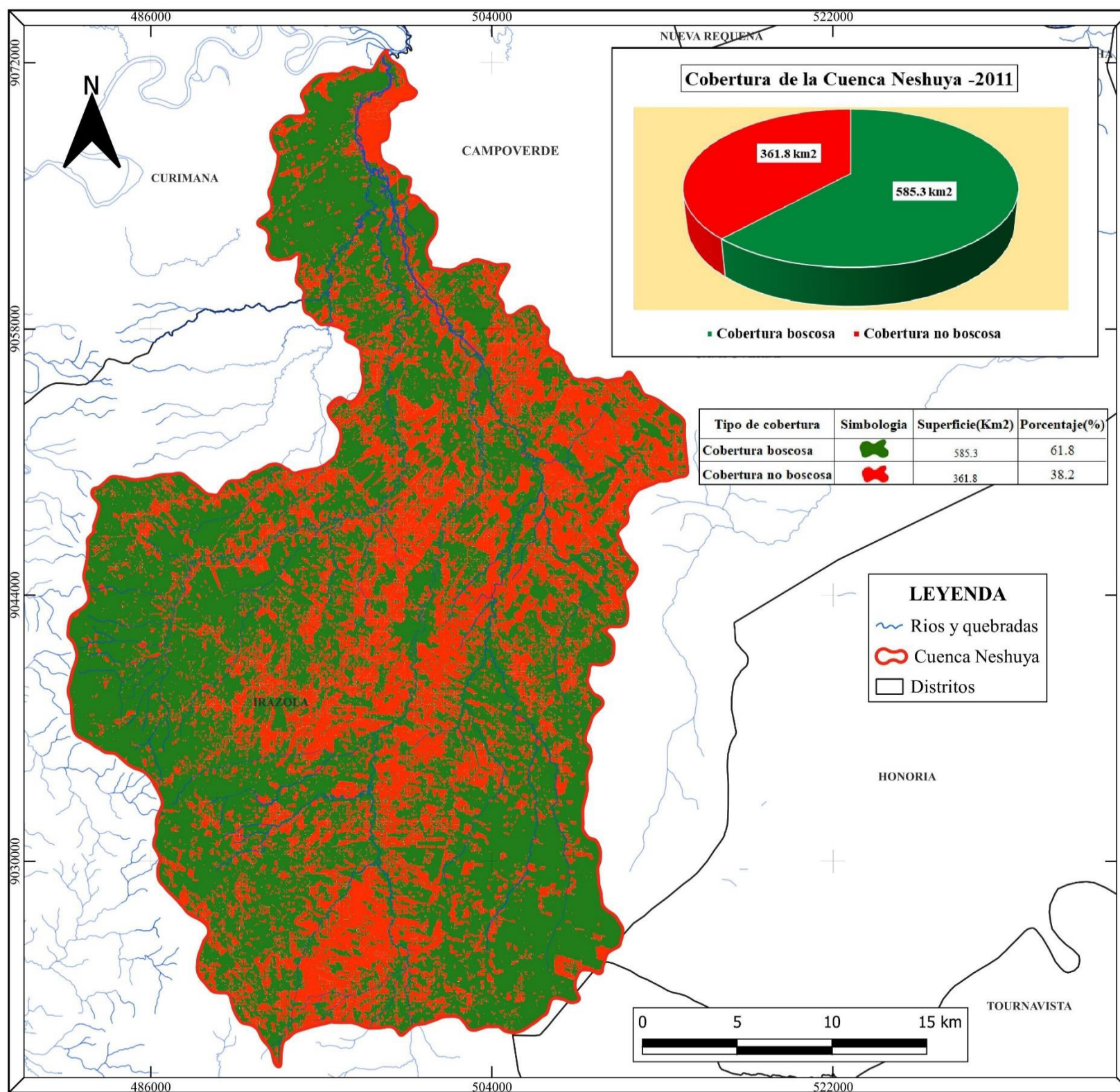


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2007

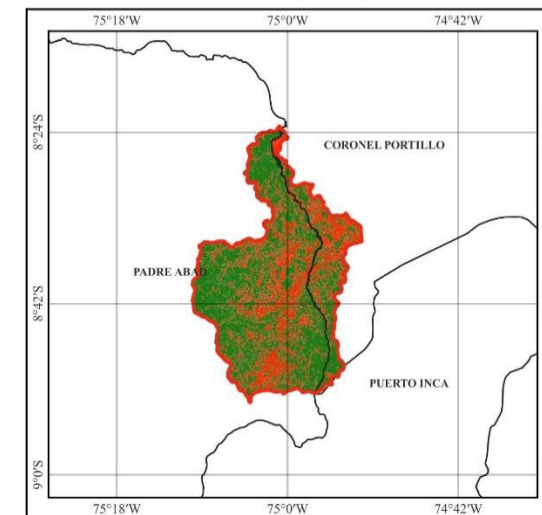
Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:	
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	N° 11	
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

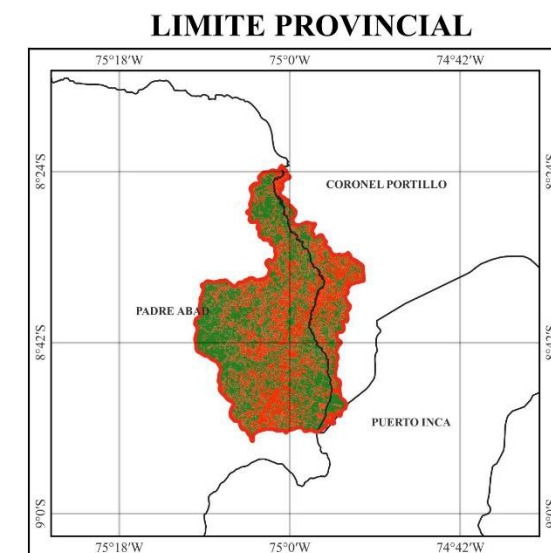
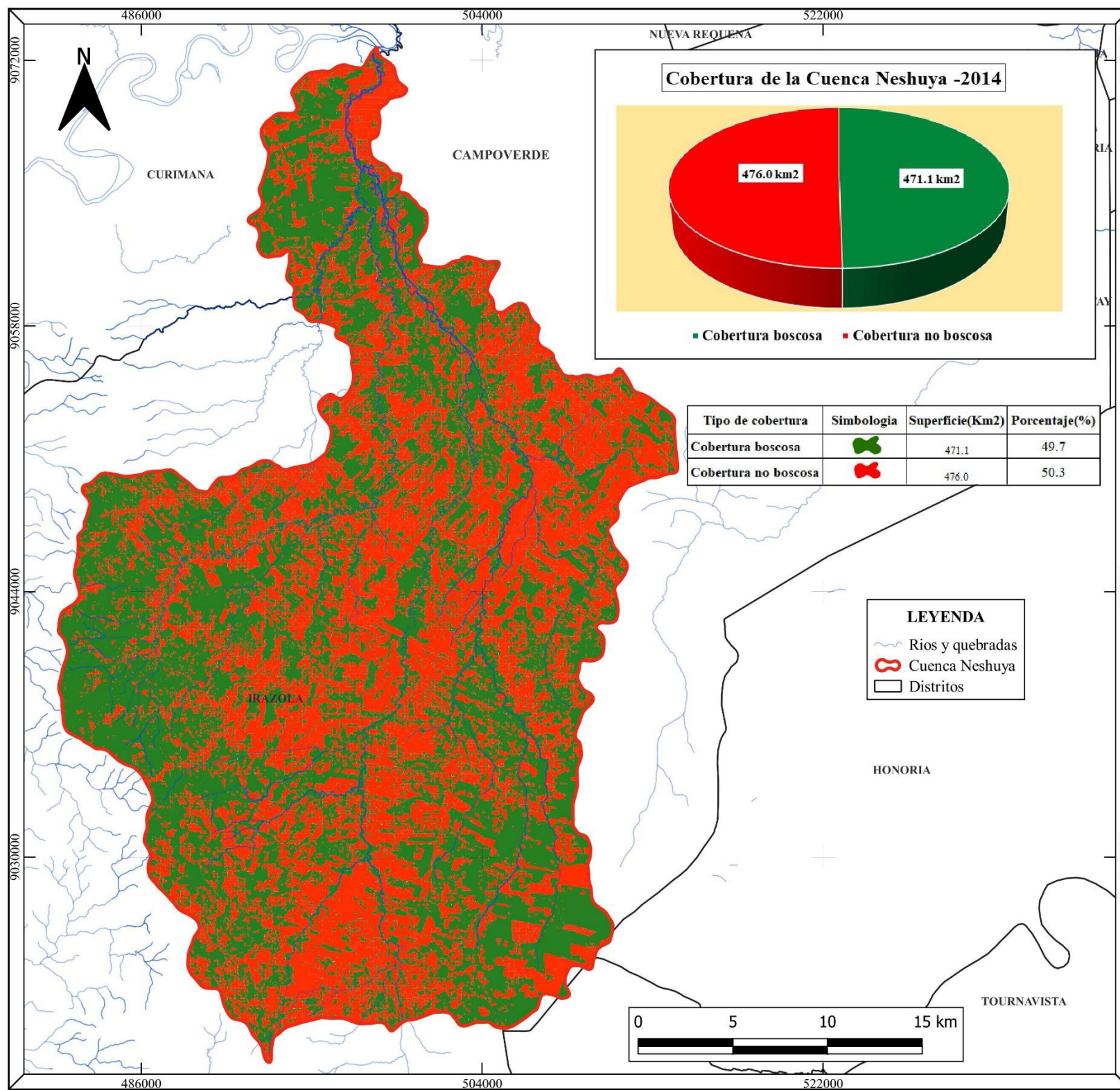


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2011

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°12
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	

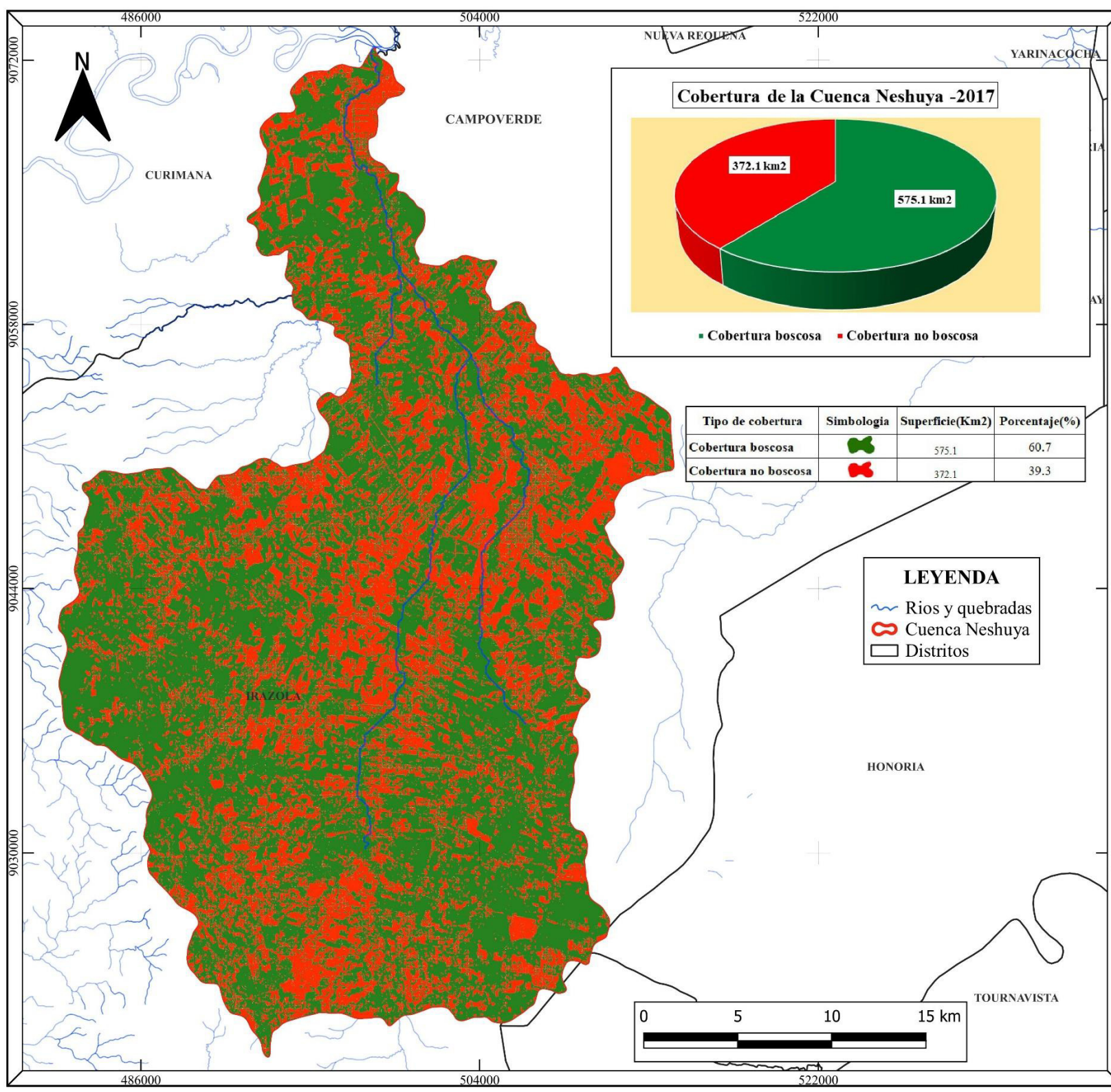


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

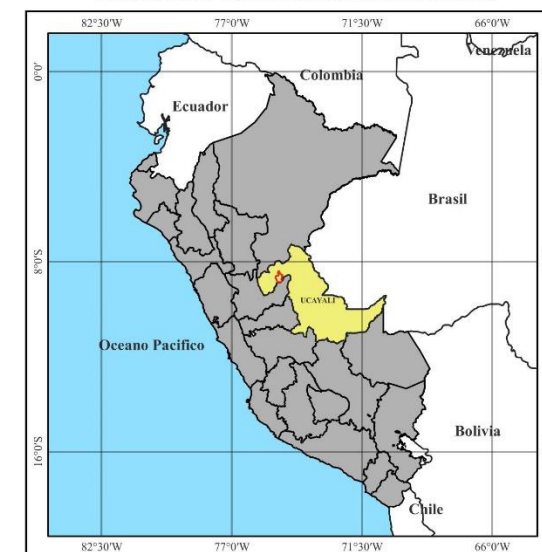
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2014

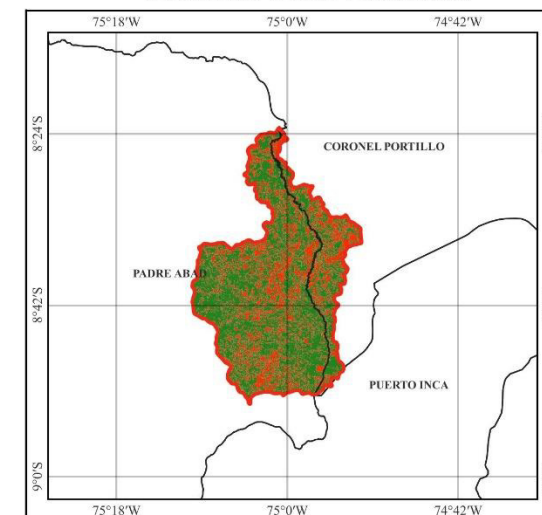
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°13	
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025	Formato: A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

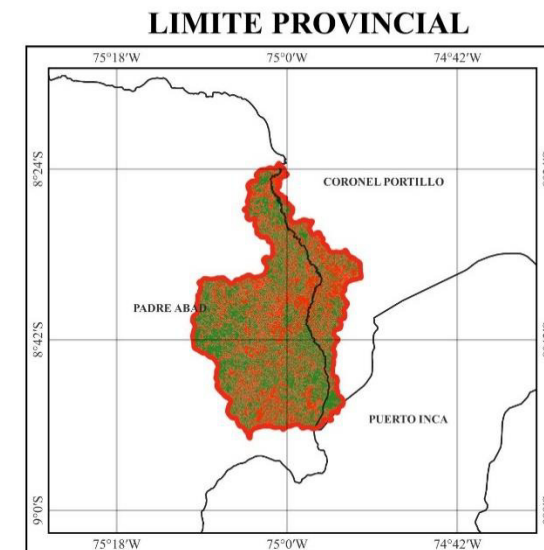
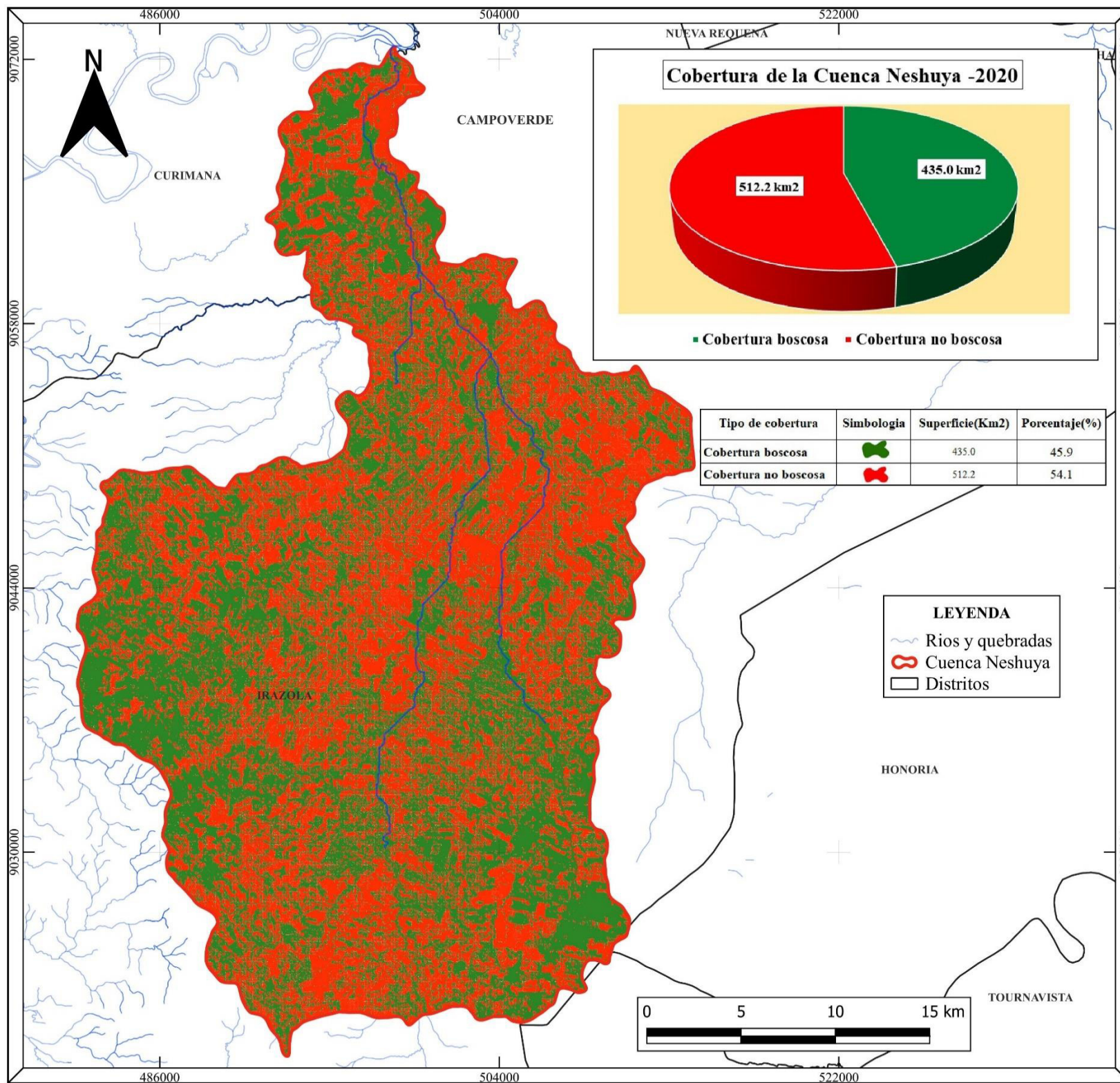


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2017

Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N° 14
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m, 17-n, 18-m, 18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Imagen Landsat 007/066 y 006/066		Escala Numérica: 1/200000	Año: 2025
		Formato: A3	



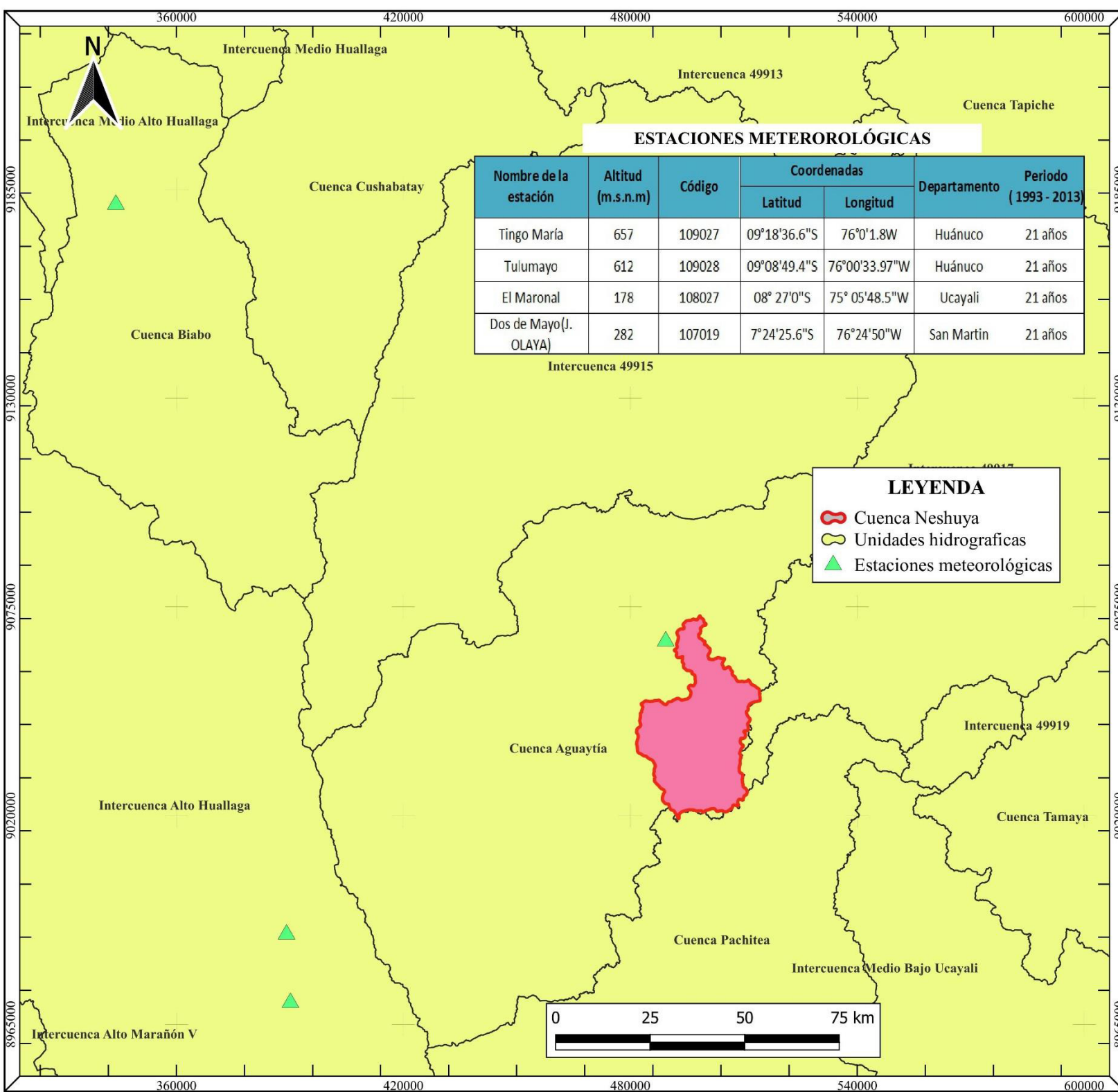
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de
 caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de cobertura boscosa de la cuenca Neshuya - Año 2020

Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqge Aucahuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	N° 15

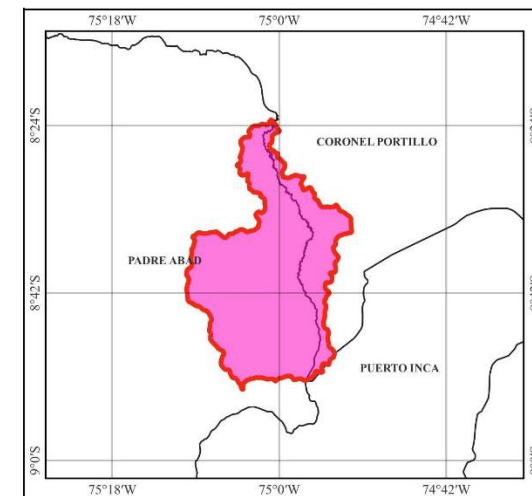
Fuente:	Escala Numérica:	Año:	Formato:
Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN 17-m, 17-n, 18-m, 18-n) y United States Geology Survey (USGS) / Image Landsat 007/066 v 006/066	1/200000	2025	A3



LIMITE DEPARTAMENTAL



LIMITE PROVINCIAL

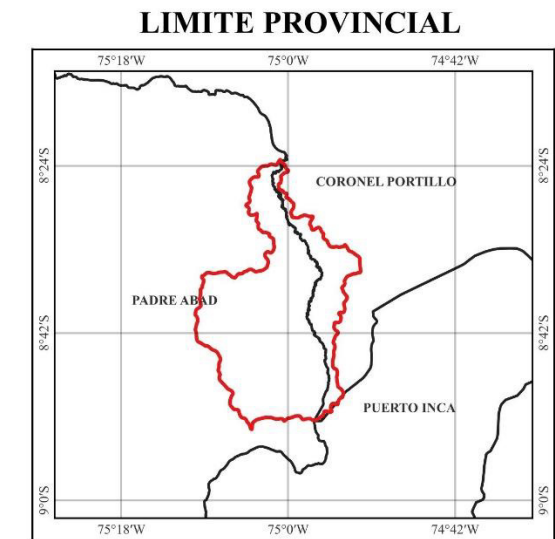
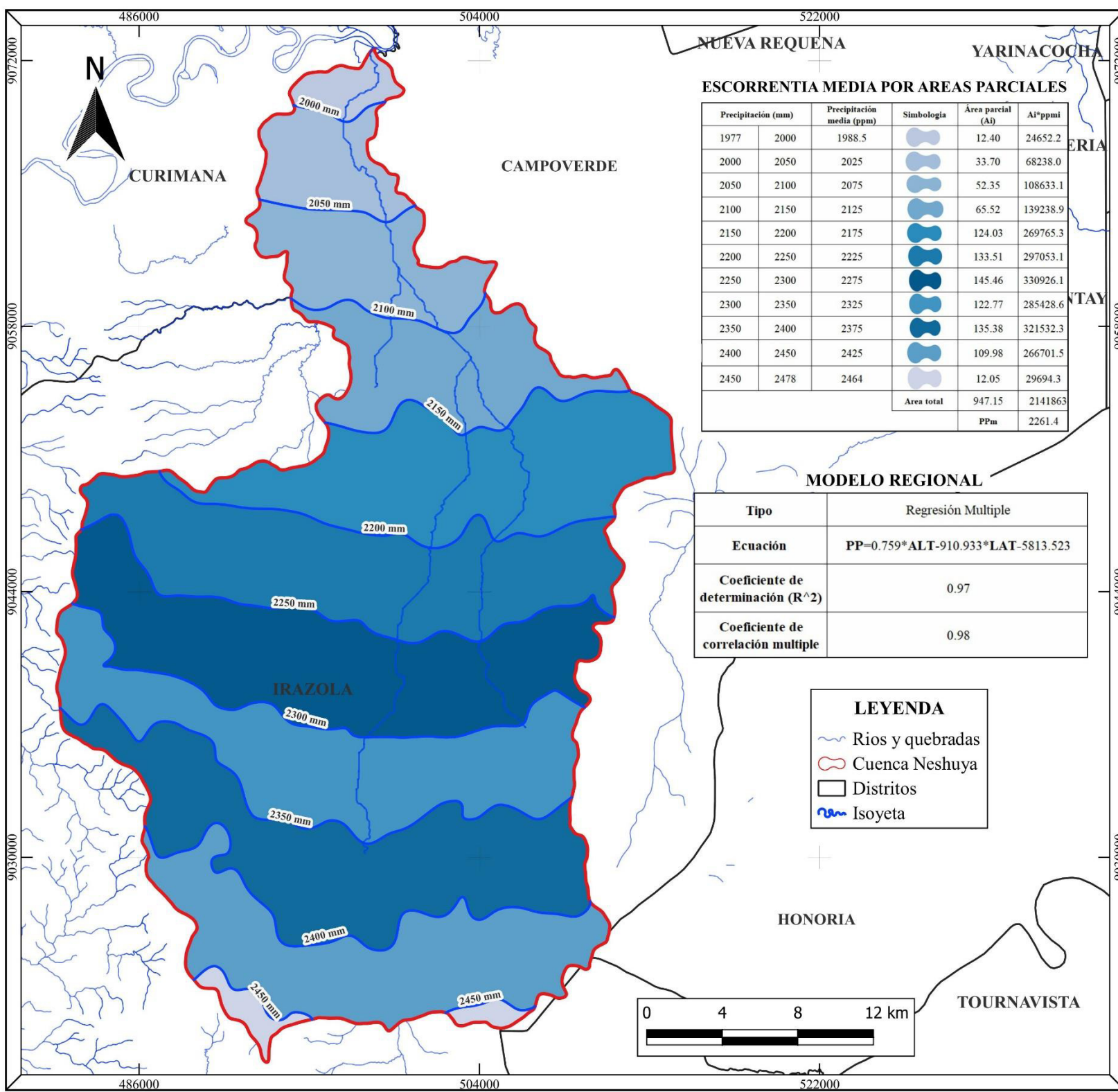


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

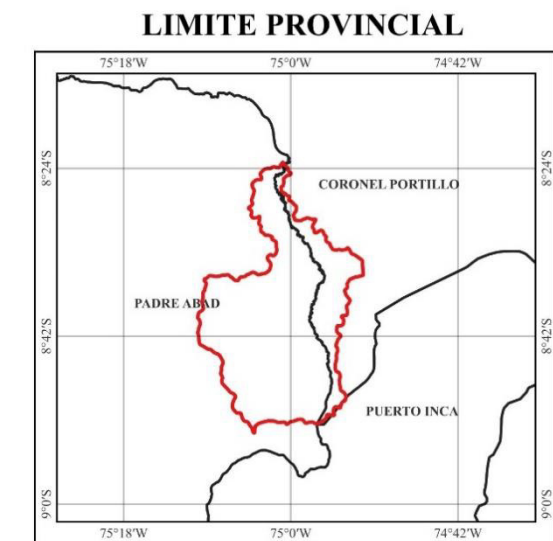
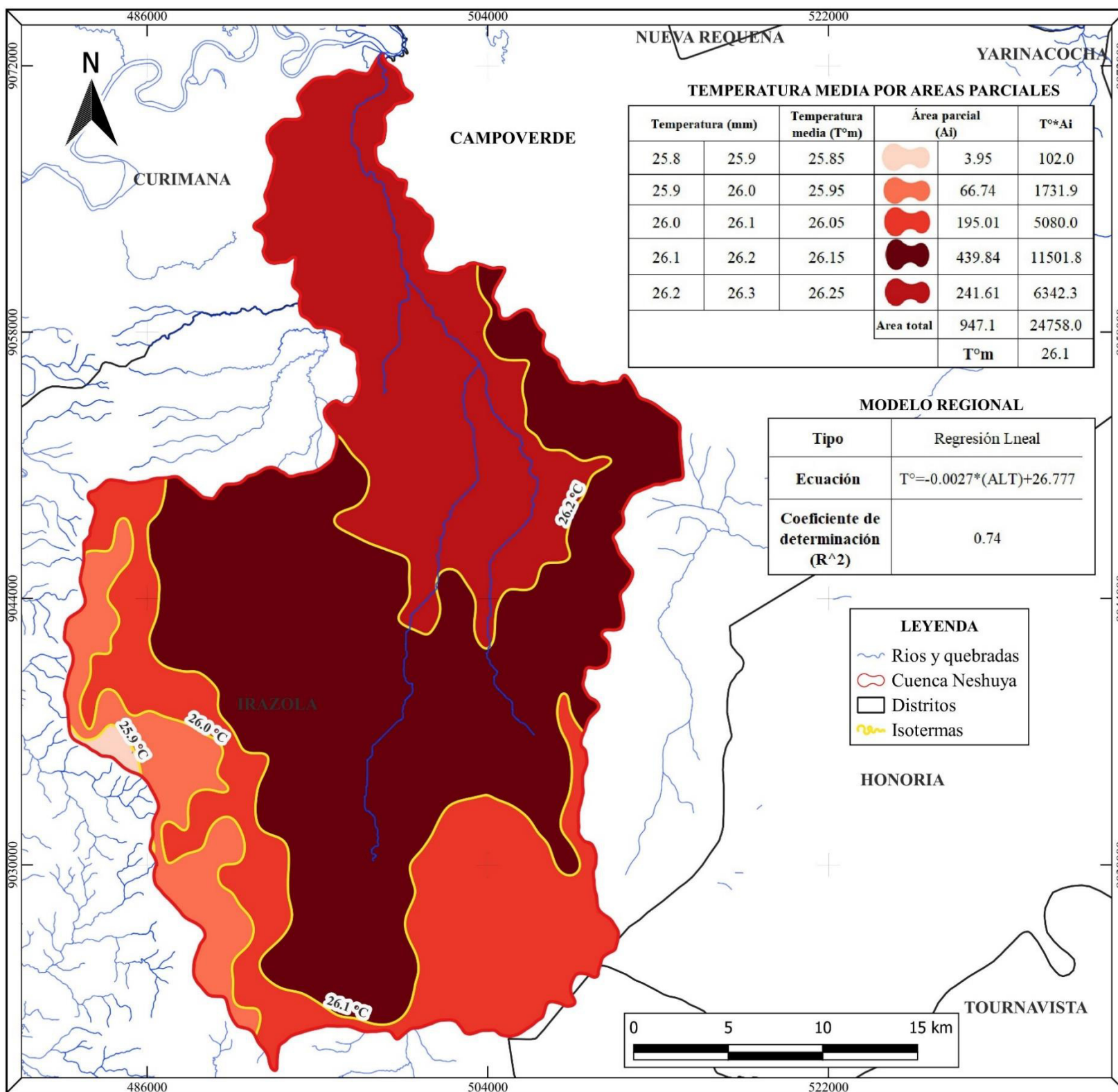
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de estaciones meteorológicas

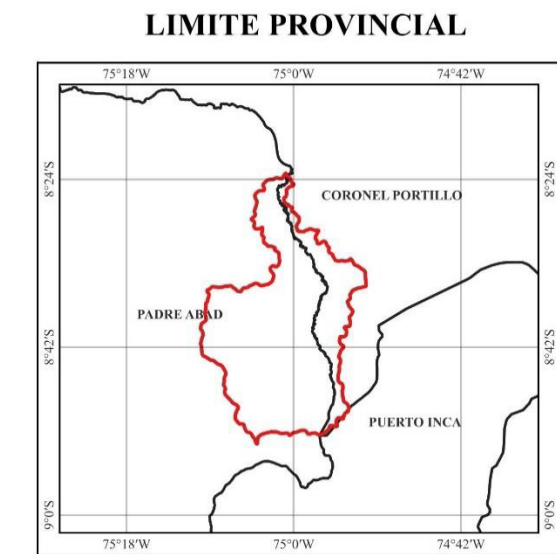
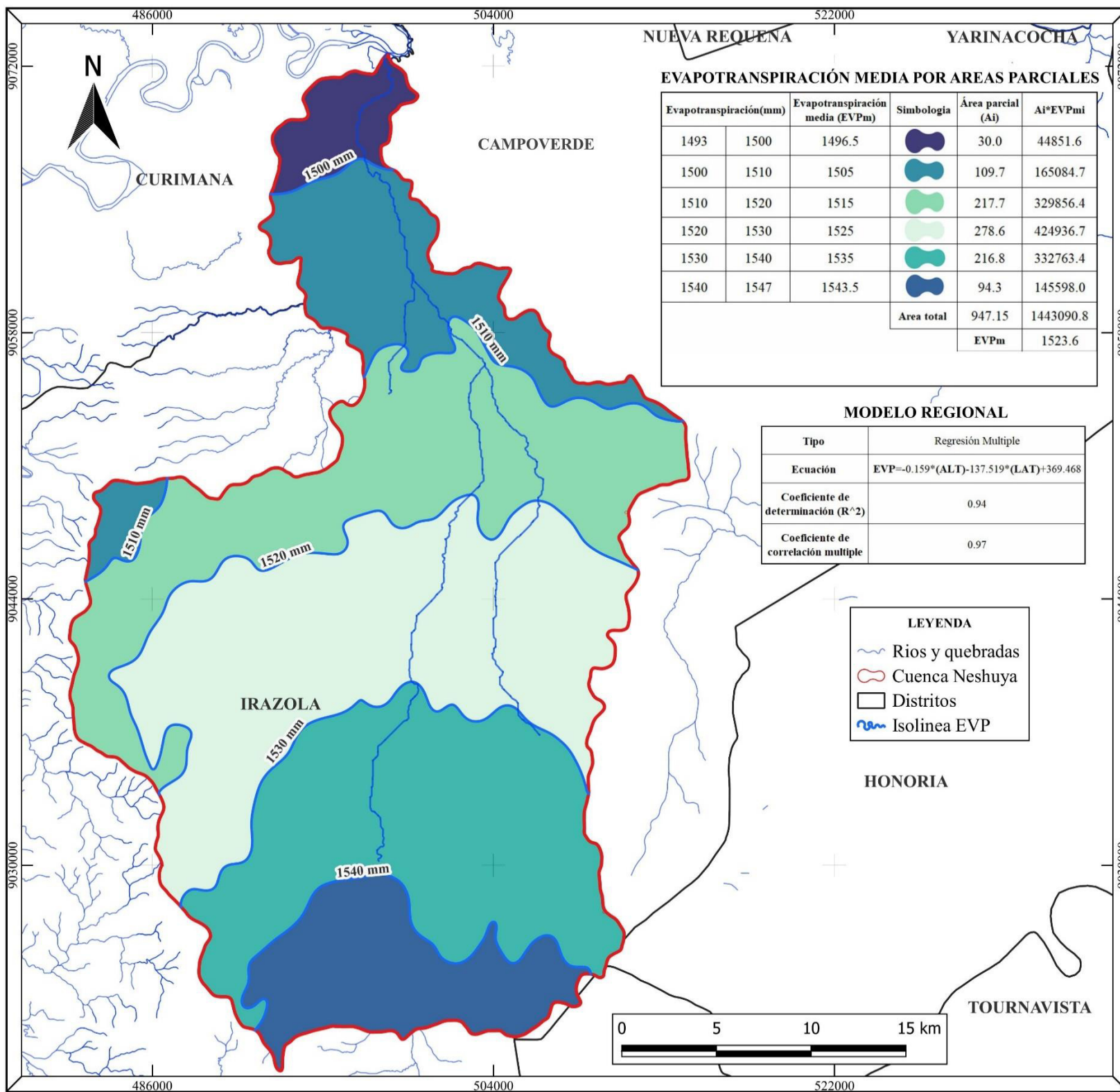
Elaborado: Montes Velasquez, Isaac	Asesor: Sernaqué Aucacahuasi, Fernando Antonio	Proyección: DATUM WGS-84 ZONA 18S	Mapa: N°16
Fuente: Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n), SENAMHI.		Escala Numérica: 1/1000000	Año: 2025
			Formato: A3



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL				
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo				
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental				
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020				
Mapa de Isoyeta				
Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:	
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucacahuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	Nº 17	
Fuente:		Escala Numérica:	Año:	Formato:
Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m,17-n,18-m,18-n), Interpolación Kriging.		1/200000	2025	A3



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL				
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo				
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental				
Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020				
Mapa de Isotermas				
Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:	
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	N°18	
Fuente:		Escala Numérica:	Año:	Formato:
Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m, 17-n, 18-m, 18-n), Interpolación kriging.		1/200000	2025	A3

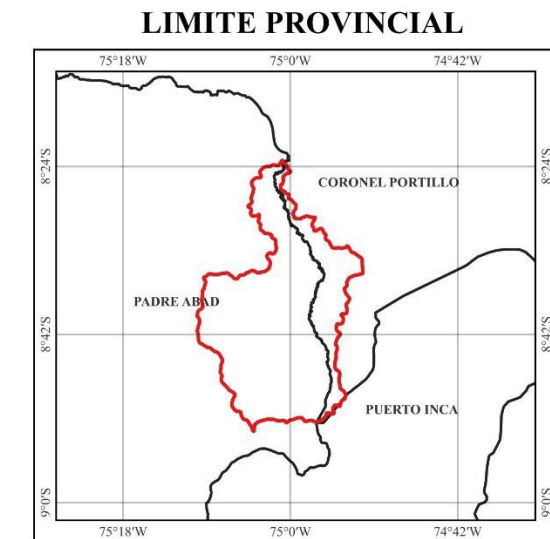
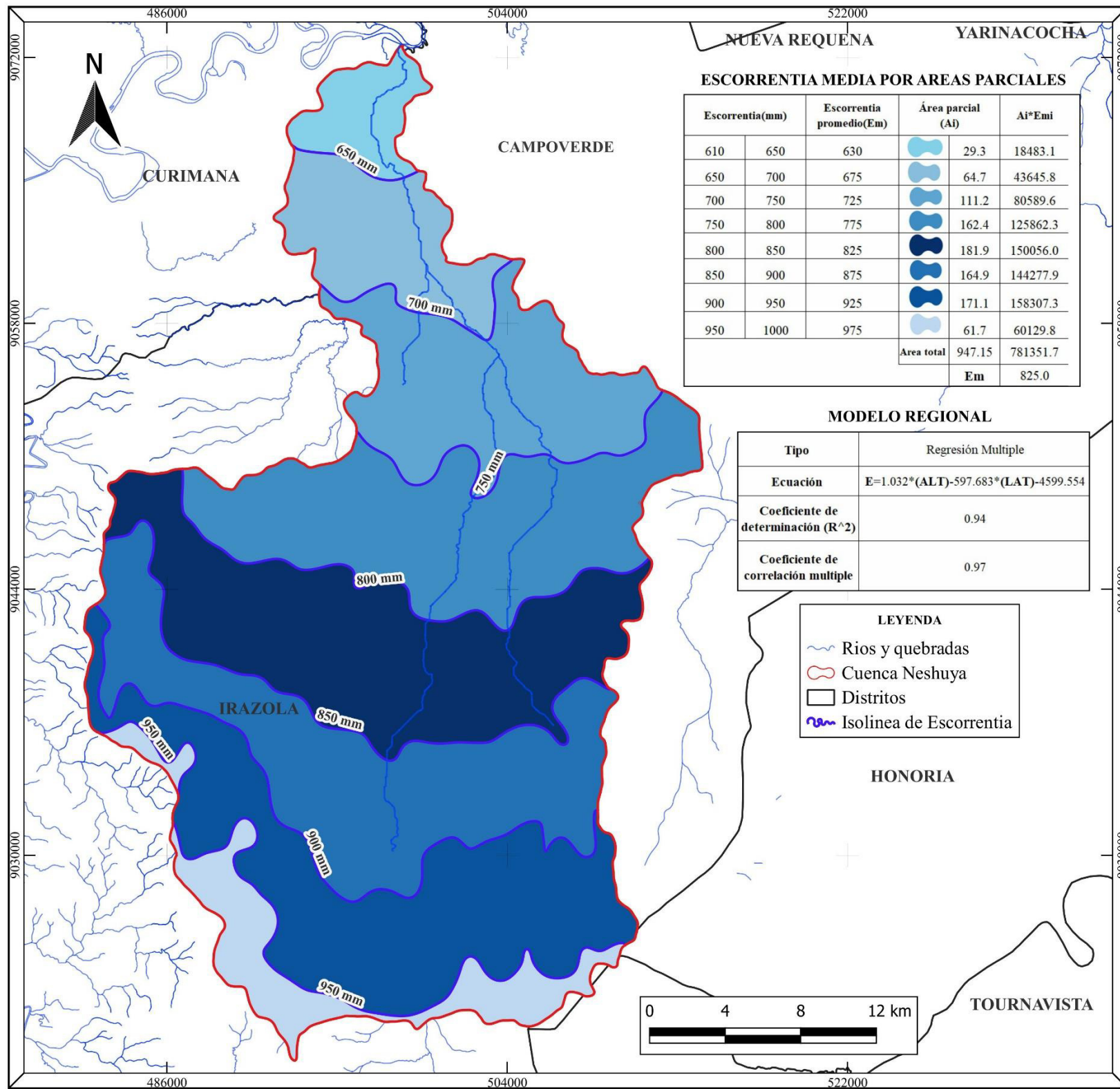


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de Isolíneas de Evapotranspiración

Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucahuasi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	Nº19
Fuente:		Escala Numérica:	Año:
Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m, 17-n, 18-m, 18-n), Interpolación Kriging.		1/200000	2025
		Formato:	A3



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Influencia de la deforestación de la cobertura boscosa en la capacidad de producción de caudales, Cuenca Neshuya, Ucayali, 2000-2020

Mapa de Isolíneas de Escorrentia

Elaborado:	Asesor:	Proyección:	Mapa:
Montes Velasquez, Isaac	Sernaqué Aucacahusi, Fernando Antonio	DATUM WGS-84 ZONA 18S	N°20
Fuente:	Escala Numérica:	Año:	Formato:
Carta Nacional, escala 1:100 000 del IGN (17-m, 17-n, 18-m, 18-n), Interpolación Kriging.	1/200000	2025	A3