

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación de la erosión hídrica aplicando la metodología
RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río
Tumbes 2000-2022”**

TESIS

Para optar el título de Ingeniero Agrícola

Presentado por:

Br. Adrian Oswaldo Gamboa Cruz

TUMBES – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación de la erosión hídrica aplicando la metodología
RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río
Tumbes 2000-2022”**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque (Presidente)

Código ORCID: 0000-0002-5008-8085

Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Secretario)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini (Vocal)

Código ORCID: 0000-0002-2275-9937

TUMBES – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación de la erosión hídrica aplicando la metodología
RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río
Tumbes 2000-2022”**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma:**

Br. Adrian Oswaldo Gamboa Cruz

Dr. Eber Gines Tafur

Código ORCID: 0000-0003-0366-4438

TUMBES – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA
TUMBES - PERÚ



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

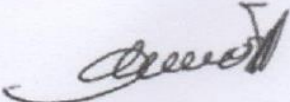
En la Ciudad de Tumbes, siendo las Veintin horas con ceró minutos del día Catorce del mes de abril del dos mil veintitrés, se reunieron vía virtual a través del Google Meet, los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N°084-2022/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, de fecha veintiocho de octubre de dos mil veintidós conformada por: **Dr. Napoleón Puño Lecarnaque** (Presidente); **Dr. José Modesto Carrillo Sarango** (Secretario); **Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini** (Vocal); **Dr. Eber Gines Tafur** (Asesor) con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación y defensa del informe final de la tesis titulada: "**Estimación de la erosión hídrica aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río Tumbes 2000-2022**" presentado y desarrollado por el **Br. GAMBOA CRUZ ADRIAN OSWALDO**, para optar el título profesional de Ingeniería Agrícola

Concluida la sustentación, la formulación y absolución de las preguntas y después de la deliberación, el jurado evaluador en concordancia con el artículo 65 del reglamento de tesis para pre grado y posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, lo declaran APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de SOBRESALIENTE

Por lo tanto, el Br. Adrián Oswaldo Gamboa Cruz queda APTO para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes le expida el título profesional de Ingeniero Agrícola de conformidad con el Artículo 90 del estatuto y a lo normado en el reglamento de grados y títulos

Siendo las Veintidos horas con diez minutos del mismo día, mes y año, el Presidente del Jurado evaluador dio por culminado el presente acto académico y en señal de conformidad se firma la presente.

Tumbes, 14 de abril de 2023.


.....
Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
DNI N° 00225904
ORCID N° 0000-0002-50088085
PRESIDENTE


.....
Dr. José Modesto Carrillo Sarango
DNI N° 00223850
ORCID N° 0000-0003-0841-3064
SECRETARIO


.....
Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini
DNI N° 277580975
ORCID N° 0000-0002-2275-9937
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y guiarme en cada paso que doy.

A mis padres Carmen y Enrique por haberme moldado con valores, humildad y respeto.

A mis abuelos por su apoyo incondicional.

A mis tíos Edilberto y Raquelina por brindarme regocijo en su hogar y encaminarme con sus consejos.

A mis docentes quienes con sus enseñanzas contribuyeron a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por cada una de sus bendiciones.

A mis padres por inculcarme a ser una persona de bien y no desistir en este camino.

A mis abuelos por brindarme sus enseñanzas de vida y vencer los obstáculos.

A mis tíos por su apoyo incondicional durante mi etapa de universidad.

A mi asesor Dr. Gines Tafur Eber, por la asesoría en el desarrollo de esta investigación.

“Estimación de la erosión hídrica aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río Tumbes 2000-2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %
INDICE DE SIMILITUD

21 %
FUENTES DE INTERNET

8 %
PUBLICACIONES

4 %
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	orcid.org Fuente de Internet	2 %
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	www.geasig.com Fuente de Internet	1 %

9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	core.ac.uk Fuente de Internet	1 %
11	1library.co Fuente de Internet	1 %
12	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.catie.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad de San Martín de Porres Trabajo del estudiante	<1 %
25	Rangel Vargas Diana Laura. "Evaluación de la erosión hídrica del suelo mediante rusle en bosques templados del centro de México (Alto Balsas)", TESIUNAM, 2023 Publicación	<1 %
26	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
27	crhc.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
28	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	bdigital.uncu.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
30	agrilifecdn.tamu.edu Fuente de Internet	<1 %

31	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Becerril Perez Silvia. "Empleo del sistema de terrazas de banco de formacion paulatina e introduccion de Opuntia ficus indica (nopal de verdura) como metodos para disminuir la perdida de suelos en el poblado de Tastitlan, municipio de Ocoatepec, Puebla", TESIUNAM, 1996 Publicación	<1 %
34	ddb14c24-f630-4ad3-9cc5-fa2b99d8ac4e.filesusr.com Fuente de Internet	<1 %
35	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	siar.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
38	Submitted to Babes-Bolyai University Trabajo del estudiante	<1 %
39	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

40	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.ucundinamarca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
44	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
45	remexcu.org Fuente de Internet	<1 %
46	Castañón Garay Paola Angélica. "Cálculo del factor de erosión de la lluvia en las estaciones Papaloapan y Cd. Alemán de la cuenca del Papaloapan", TESIUNAM, 2011 Publicación	<1 %
47	Submitted to Universidad del Rosario Trabajo del estudiante	<1 %
48	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %

51

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Dr. Eber Gines Tafur
Asesor

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE ANEXOS	17
RESUMEN	21
ABSTRACT	22
CAPÍTULO I	23
1. INTRODUCCIÓN	23
CAPÍTULO II	24
2. ESTADO DEL ARTE	24
2.1. ANTECEDENTES	24
2.2. MARCO TEÓRICO.....	26
2.2.1. EROSIÓN	26
2.2.2. TIPOS DE EROSIÓN	27
2.2.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA	28
2.2.4. ETAPAS DE LA EROSIÓN HÍDRICA	29
2.2.5. PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA (A)	29
2.2.6. EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL Y ACTUAL.....	30
2.2.7. ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELOS REVISADA (RUSLE).....	30
2.2.8. TELEDETECCIÓN.....	36
2.2.9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	36
2.2.10. EL MODELO RÁSTER	37
2.2.11. MODELO VECTORIAL.....	37
CAPÍTULO III	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. UBICACIÓN	38
3.1.1. UBICACIÓN GEOPOLÍTICA.....	38
3.1.2. UBICACIÓN GEODÉSICA.....	38
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS	39
3.2.1. MATERIALES	39
3.2.2. EQUIPOS	40

3.2.3. SOFTWARE	40
3.3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	41
3.3.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA.....	42
3.3.2. APLICACIÓN DEL MODELO (RUSLE)	51
CAPÍTULO IV	61
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1. RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE LAS VARIABLES	61
4.1.1. FACTOR R (EROSIVIDAD DE LA LLUVIA)	61
4.1.2. FACTOR K (ERODABILIDAD DEL SUELO).....	64
4.1.3. FACTOR LS (TOPOGRAFÍA).....	66
4.1.4. FACTOR C (COBERTURA VEGETAL)	67
4.1.5. FACTOR P (SUELO)	70
4.1.6. EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL.....	71
4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	74
CAPÍTULO V	79
5. CONCLUSIONES.....	79
CAPÍTULO VI	81
6. RECOMENDACIONES	81
CAPÍTULO VII	82
7. BIBLIOGRAFÍA	82
CAPÍTULO VIII	86
8. ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: NIVELES DE PÉRDIDA DE SUELO EN LA ECUACIÓN USLE (UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION).....	30
TABLA 2: NIVELES DE EROSIVIDAD (R)	32
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DEL FACTOR LS	34
TABLA 4: VALORES DE LS EN FUNCIÓN A LA PENDIENTE	34
TABLA 5: CLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DE NDVI.....	35
TABLA 6: UBICACIÓN POLÍTICA DE LA CUENCA DEL RÍO TUMBES.....	38
TABLA 7: UBICACIÓN GEODÉSICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
<i>TABLA 8: ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.....</i>	<i>42</i>
<i>TABLA 9: TEMPORADAS DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES SATELITALES.....</i>	<i>47</i>
<i>TABLA 10: CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS</i>	<i>48</i>
TABLA 11: FACTOR R PARA CADA ESTACIÓN Y POR CADA AÑO DE ANÁLISIS.	61
TABLA 12: VALORES PROMEDIO DEL FACTOR R, EN LAS 8 ESTACIONES METEOROLÓGICAS. 62	
TABLA 13: VALORES DEL FACTOR R PROMEDIO (2000-2022).....	64
TABLA 14: VALORES DEL FACTOR K REPRESENTATIVOS DE LA CUENCA TUMBES.	64
TABLA 15: DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR K EN RELACIÓN CON LAS CLASES TEXTURALES. . 65	
TABLA 16: RESULTADOS DEL FACTOR LS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	66
TABLA 17: VALORES DEL NDVI PARA EL AÑO 2000, 2005, 2010, 2015 Y 2020.....	67
TABLA 18: VALORES DEL FACTOR C PARA EL AÑO 2000, 2005, 2010, 2015 Y 2020. ...	69
TABLA 19: PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN POTENCIAL.....	71
TABLA 20: PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN ACTUAL	71
TABLA 21: NIVELES DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL A NIVEL DE CUENCA.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CONSECUENCIAS DEL FLUJO DE AGUA SOBRE UN ACANTILADO 1) SITUACIÓN INICIAL, 2) PEDAZO A DESPRENDERSE, 3) LÍNEA DE CORTE Y 4) EROSIÓN DEL SUELO	27
FIGURA 2: REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN: DESAGREGACIÓN, TRANSPORTE Y SEDIMENTACIÓN.....	29
FIGURA 3: MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	38
FIGURA 4: ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL. ..	41
FIGURA 5: MAPA DE ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.....	43
FIGURA 6: FLUJOGRAMA PARA EL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA.....	44
FIGURA 7: ANÁLISIS VISUAL DE 23 AÑOS DE PRECIPITACIÓN HISTÓRICA.....	44
FIGURA 8: ANÁLISIS DOBLE MASA PARA OBTENER LOS PERIODOS DE ESTUDIO (EN ESTE CASO N1, N2, N3)	45
FIGURA 9: MAPA DE COBERTURA DE IMÁGENES ASTER (DEM)	46
FIGURA 10: INTERFAZ DE LA PÁGINA DEL SOILGRIDS.....	47
FIGURA 11: ENTORNO DE Q-GIS APLICANDO LA CORRECCIÓN POR BANDEAMIENTO.	50
FIGURA 12: RESULTADO DE LA CORRECCIÓN POR BANDEAMIENTO.	50
FIGURA 13: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR EL FACTOR R - (AÑO 2000)	52
FIGURA 14: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR EL FACTOR K	54
FIGURA 15: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR K	54
FIGURA 16: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR EL FACTOR LS	56
FIGURA 17: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR LS	56
FIGURA 18: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR EL FACTOR C	58
FIGURA 19: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR C – (AÑO – 2000).....	58
FIGURA 20: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR P	59
FIGURA 21: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR LA EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL_EA (AÑO-2000)	60
FIGURA 22: USO DE MODELUILDER PARA CALCULAR LA EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL_EP (AÑO-2005).....	60
FIGURA 23: FACTOR R PROMEDIO PARA LOS 23 AÑOS DE ESTUDIO.	62
FIGURA 24: FACTOR R PROMEDIO POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	63
FIGURA 25: RELACIÓN ENTRE EL FACTOR R Y LA PRECIPITACIÓN.....	63
FIGURA 26: FACTOR R PROMEDIO	64
FIGURA 27: DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR K.....	65

FIGURA 28: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TEXTURA DE SUELO Y FACTOR K.	65
FIGURA 29: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL FACTOR LS.....	66
FIGURA 30: RELACIÓN ENTRE FACTOR LS Y LA PENDIENTE.....	67
FIGURA 31: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS VALORES DE NDVI	68
FIGURA 32: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS VALORES DEL FACTOR C.....	69
FIGURA 33: RELACIÓN ENTRE EL NDVI Y EL FACTOR C, PARA LOS AÑOS 2000, 2005, 2010, 2015 Y 2020.	70
FIGURA 34: EROSIÓN ACTUAL PROMEDIO PARA LOS 23 AÑOS DE ESTUDIO.....	72
FIGURA 35: EROSIÓN POTENCIAL PROMEDIO PARA LOS 23 AÑOS DE ESTUDIO	72
FIGURA 36: NIVELES DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL A NIVEL DE CUNCA.....	73

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: REGISTRO DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL – ANUAL EN MM, PRE TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.	86
ANEXO 2: HIDROGRAMAS DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN PRE ANÁLISIS ESTADÍSTICO (SALTOS Y TENDENCIAS).	94
ANEXO 3: DIAGRAMAS DOBLE MASA PRE ANÁLISIS ESTADÍSTICO (SALTOS Y TENDENCIAS).	97
ANEXO 4: TABLA "T STUDENT" Y "F DE FISHER" UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO (SALTOS Y TENDENCIAS).....	102
ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS Y TENDENCIAS	106
ANEXO 6: COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE DATOS	137
ANEXO 7: HIDROGRAMAS DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN POST ANÁLISIS ESTADÍSTICO (SALTOS Y TENDENCIAS).	147
ANEXO 8:DIAGRAMAS DOBLE MASA DE LOS REGISTROS DE PRECIPITACIÓN POST ANÁLISIS ESTADÍSTICO (SALTOS Y TENDENCIAS).	150
ANEXO 9: CÁLCULO DEL FACTOR R ACUMULADO MENSUAL – ANUAL.....	155
ANEXO 10: SCRIPT PARA EXTRAER DATOS DEL PRODUCTO PISCO – SENAMHI	163
ANEXO 11: MAPA DE ISOYETAS.....	164
ANEXO 12: MAPA DE TEXTURA	165
ANEXO 13: MAPA DE COBERTURA VEGETAL.....	166
ANEXO 14: MAPA DE UBICACIÓN	167

ANEXO 15: MAPA DE FACTOR R (2000).....	168
ANEXO 16: MAPA DE FACTOR R (2001).....	169
ANEXO 17: MAPA DE FACTOR R (2002).....	170
ANEXO 18: MAPA DE FACTOR R (2003).....	171
ANEXO 19: MAPA DE FACTOR R (2004).....	172
ANEXO 20: MAPA DE FACTOR R (2005).....	173
ANEXO 21: MAPA DE FACTOR R (2006).....	174
ANEXO 22: MAPA DE FACTOR R (2007).....	175
ANEXO 23: MAPA DE FACTOR R (2008).....	176
ANEXO 24: MAPA DE FACTOR R (2009).....	177
ANEXO 25: MAPA DE FACTOR R (2010).....	178
ANEXO 26: MAPA DE FACTOR R (2011).....	179
ANEXO 27: MAPA DE FACTOR R (2012).....	180
ANEXO 28: MAPA DE FACTOR R (2013).....	181
ANEXO 29: MAPA DE FACTOR R (2014).....	182
ANEXO 30: MAPA DE FACTOR R (2015).....	183
ANEXO 31: MAPA DE FACTOR R (2016).....	184
ANEXO 32: MAPA DE FACTOR R (2017).....	185
ANEXO 33: MAPA DE FACTOR R (2018).....	186
ANEXO 34: MAPA DE FACTOR R (2019).....	187
ANEXO 35: MAPA DE FACTOR R (2020).....	188
ANEXO 36: MAPA DE FACTOR R (2021).....	189
ANEXO 37: MAPA DE FACTOR R (2022).....	190
ANEXO 38: MAPA DE FACTOR R PROMEDIO.....	191
ANEXO 39: MAPA DE FACTOR K.....	192
ANEXO 40: MAPA DE FACTOR LS.....	193
ANEXO 41: MAPA DE FACTOR C (2000).....	194
ANEXO 42: MAPA DE FACTOR C (2005).....	195
ANEXO 43: MAPA DE FACTOR C (2010).....	196
ANEXO 44: MAPA DE FACTOR C (2015).....	197
ANEXO 45: MAPA DE FACTOR C (2020).....	198
ANEXO 46: MAPA DE FACTOR C PROMEDIO.....	199
ANEXO 47: MAPA DE FACTOR P.....	200
ANEXO 48: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2000).....	201

ANEXO 49: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2001)	202
ANEXO 50: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2002)	203
ANEXO 51: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2003)	204
ANEXO 52: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2004)	205
ANEXO 53: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2005)	206
ANEXO 54: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2006)	207
ANEXO 55: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2007)	208
ANEXO 56: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2008)	209
ANEXO 57: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2009)	210
ANEXO 58: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2010)	211
ANEXO 59: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2011)	212
ANEXO 60: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2012)	213
ANEXO 61: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2013)	214
ANEXO 62: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2014)	215
ANEXO 63: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2015)	216
ANEXO 64: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2016)	217
ANEXO 65: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2017)	218
ANEXO 66: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2018)	219
ANEXO 67: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2019)	220
ANEXO 68: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2020)	221
ANEXO 69: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2021)	222
ANEXO 70: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL (2022)	223
ANEXO 71: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL PROMEDIO	224
ANEXO 72: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2000)	225
ANEXO 73: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2001)	226
ANEXO 74: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2002)	227
ANEXO 75: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2003)	228
ANEXO 76: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2004)	229
ANEXO 77: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2005)	230
ANEXO 78: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2006)	231
ANEXO 79: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2007)	232
ANEXO 80: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2008)	233
ANEXO 81: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2009)	234
ANEXO 82: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2010)	235

ANEXO 83: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2011)	236
ANEXO 84: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2012)	237
ANEXO 85: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2013)	238
ANEXO 86: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2014)	239
ANEXO 87: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2015)	240
ANEXO 88: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2016)	241
ANEXO 89: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2017)	242
ANEXO 90: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2018)	243
ANEXO 91: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2019)	244
ANEXO 92: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2020)	245
ANEXO 93: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2021)	246
ANEXO 94: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL (2022)	247
ANEXO 95: MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL PROMEDIO	248
ANEXO 96: MATRIZ DE CONSISTENCIA	249

RESUMEN

La investigación fue realizada en la cuenca del río Tumbes en una superficie de 1 663,28 Km² en altitudes entre 0 a 1589 m.s.n.m. y módulo pluviométrico anual que va desde 278,743 a 887,244 mm. El objetivo del estudio fue estimar la tasa de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección; RUSLE es un método que integra cinco factores mediante el uso de herramientas SIG, el factor (R) se determinó a partir de precipitaciones acumuladas mensuales, el factor (K) se estimó con clases texturales y materia orgánica obtenidas de SoilGrids, el factor (LS) se obtuvo a través de un modelo de elevación digital (DEM) obtenido del MINAM, el factor (C) se estimó a partir de imágenes satelitales landsat 7 y 8. Los resultados obtenidos respecto a la erosión hídrica potencial (sin considerar la cobertura vegetal, ni prácticas de conservación), indican que la mayor parte de la cuenca (31,92%) experimenta pérdidas mayores a 200 Tn/Ha/Año considerada crítica, mientras que un menor porcentaje (8,11%) tiene pérdidas inferiores a 5 Tn/Ha/Año con una clasificación baja. En comparación, la erosión actual muestra que la mayoría de la cuenca (58,16%) presenta pérdidas menores a 5 Tn/Ha/Año y en menor porcentaje (0.25%) erosión mayor a 200 Tn/Ha/Año, todo esto bajo la clasificación de la FAO. En cuanto a la tasa de erosión se obtuvo una tasa de erosión potencial de 167,18 Tn/Ha/Año y una tasa de erosión actual de 5,06 Tn/Ha/Año generando mapas de erosión de suelo (periodo 2000 – 2022).

Palabras clave: Erosión hídrica, suelo, RUSLE, teledetección, sistemas de información geográfica (SIG).

ABSTRACT

The research was conducted in the Tumbes river basin over an area of 1663,28 km², ranging in altitudes from 0 to 1589 meters above sea level, with an annual rainfall ranging from 278,743 to 887,244 mm. The aim of the study was to estimate the water erosion rate in the Tumbes river basin, using the RUSLE methodology with remote sensing techniques. RUSLE is a method that integrates five factors using GIS tools. Factor (R) was determined based on monthly accumulated precipitation, factor (K) was estimated using textural classes and organic matter obtained from SoilGrids, factor (LS) was obtained through a digital elevation model (DEM) obtained from MINAM, and factor (C) was estimated from Landsat 7 and 8 satellite images. The results regarding potential water erosion (without considering vegetation cover or conservation practices) indicate that the majority of the basin (31,92%) experiences losses greater than 200 Tn/Ha/Year, considered critical, while a smaller percentage (8,11%) has losses lower than 5 Tn/Ha/Year with a low classification. In comparison, current erosion shows that the majority of the basin (58,16%) experiences losses lower than 5 Tn/Ha/Year, and a smaller percentage (0,25%) has erosion greater than 200 Tn/Ha/Year, all under the FAO classification. Regarding the erosion rate, a potential erosion rate of 167,18 Tn/Ha/Year and a current erosion rate of 5.06 Tn/Ha/Year were obtained, generating soil erosion maps (period 2000-2022).

Keywords: Water erosion, soil, RUSLE, Remote sensing, geographic information systems (SIG).

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico y social de un país está estrechamente relacionado con la disponibilidad de sus riquezas naturales, particularmente las tierras, llevando a cabo un uso sostenible e integrado a través del tiempo (Cisneros et al., 2012), ya que el suelo provee de los nutrientes necesarios para la producción de alimentos, asegurando la subsistencia de los seres vivos en el medio donde interactúan. En este contexto en la degradación de los suelos, la erosión es un problema a escala mundial porque disminuye significativamente la capacidad de producción, con daños irreversibles.

Los problemas ambientales, tales como la erosión hídrica de los suelos ha sido un tema que ha permanecido ignoto o considerado secundario, puesto que se ha subestimado la importancia de un entorno equilibrado, no obstante, el panorama que se presenta hacia el deterioro ambiental es una conminación grave al desenvolvimiento del presente y futuro (SEMARNAT, 2009), en el Perú este problema afecta abundante superficie nacional en diferentes grados de rigidez, en tal sentido, de acuerdo con el estudio realizado por INRENA en el año 1996, determinó que en el territorio nacional se produce el 41,40% de erosión hídrica nula o ligera, el 27,40% erosión hídrica moderada y el 24,40% erosión alta, sumando un total de 8 millones de hectáreas afectadas.

La cuenca del río Tumbes no es indiferente a este preocupante hecho, pues es evidente la reducción de la cobertura vegetal por acciones antrópicas, sumándole las pendientes pronunciadas en la cabecera y fuertes precipitaciones que se dan por la presencia de la corriente del niño, ante toda esta situación es necesario adoptar una metodología con la que se pueda estimar la tasa de pérdida del suelo por erosión hídrica y con ello reconocer las áreas con principal riesgo y proponer medidas de conservación, por ello se hará uso de la metodología RUSLE aplicando técnicas de teledetección utilizando el entorno Gis, para determinar cada uno de los factores que intervienen en esta ecuación universal.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. ANTECEDENTES

D'Amario (2016) en su tesis de grado “Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)”, donde el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el riesgo de erosión hídrica, distribución espacial, así como el impacto de la cobertura vegetal en el proceso de erosión, en la cuenca del río Tunuyán Superior (Mendoza), con el fin de sugerir pautas de implementación. Para ello aplicó la metodología RUSLE (Revised Universal Equation of Land Loss).

El autor concluye que el 4,6% del área de la cuenca estudiada pertenece al estrato de muy alta erosión y el 28,2% al estrato alto. La mayoría de ellos (55,5%) presentaron erosión moderada, todos estos resultados en base a la clasificación dada por la FAO.

Mendes et al. (2018), en su artículo científico “Water erosion in Oxisols under coffee cultivation”, planteó como objetivo estimar las pérdidas de suelo asociada con el límite de tolerancia a la pérdida de suelo en Oxisoles (Latosolos Vermelhos Distróficos) bajo cultivo de café. Este estudio fue realizado en marzo de 2015 a enero de 2017 en la Subcuenca hidrográfica Córrego da Laje. utilizó la metodología RUSLE desarrollada a través de técnicas de geoprocetamiento, imágenes de teledetección y datos de literatura. Los resultados obtenidos muestran pérdidas potenciales de suelo de 0,01a 18,77 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con un promedio de 1,52 Mg ha⁻¹ año⁻¹. La tolerancia a la disminución de suelo varió de 5,19 a 5,90 Mg ha⁻¹ año⁻¹, con 7,35 % del área con mayores pérdidas. Las áreas con pendientes más pronunciadas y sin prácticas sostenibles tienen pérdidas de suelo por encima del nivel de tolerancia y, por lo tanto, son una prioridad para la adopción de medidas para mitigar los efectos erosivos. En cuanto al uso de la ecuación RUSLE, logró optimizar costos y tiempo al momento de evaluar los factores involucrados en la disminución de la pérdida de suelo.

Dioses y Pérez (2018) en su tesis de grado “Estimación de la erosión hídrica mediante la aplicación de la metodología RUSLE en la cuenca del río Piura”

Donde su propósito principal fue estimar la tasa de erosión hídrica de la cuenca hidrográfica del río Piura aplicando la metodología RUSLE. En un periodo de estudio de 35 años (1981-2016), utilizando la percepción remota como principal herramienta. Evaluó los factores de la siguiente manera: el factor Erosividad R con data de PISCO Senamhi a través de una interpolación mensual; el factor erodabilidad K con data de la plataforma SOILGRID en base a textura del suelo, estructura y capacidad de drenaje; el factor longitud y pendiente LS haciendo uso de un digital elevation model (DEM, por sus siglas en inglés); el factor Cobertura Vegetal C basado en la data del Ministerio del ambiente. Concluyendo que el mayor grado de erosión se presenta en el rango de normal y ligero con valores de 0,5 a 5 Tn/ha-año en las zonas bajas, por otro lado, en la cabecera de la cuenca el grado de erosión está en el rango de medio a muy alto en el rango de 5 a 50 Tn/ha-año. Dentro de los años de estudio resaltan con la máxima erosión hídrica los años 1983, 1998 y 2001 a consecuencia de las impetuosas precipitaciones provocadas por el fenómeno del niño.

Flores (2015) en su tesis de grado “Aproximación de riesgo por erosión hídrica aplicando un SIG en la cuenca Shambillo, distrito de Padre Abad”, utilizo la metodología de la “Ecuación Universal de Perdida de Suelo Modificada” (USLE/RUSLE), haciendo uso de las SIG y técnicas de teledetección. Respecto a los factores involucrados en la ecuación, el factor “R” se generó mediante el uso del índice de Fuirier modificado (IMF) y la ecuación de Foster; referente al factor Erodabilidad “K” se obtuvo aplicando la fórmula de Wischmeier (1978), tomando en cuenta la textura del suelo, materia orgánica, estructura y permeabilidad a través de muestras de suelos; el factor topográfico “LS” lo obtuvo a través del método de Renard et al (1997); el factor de cobertura vegetal “C” lo determinó haciendo una clasificación supervisada de cada uso y cobertura de suelo; respecto al factor “P” se asumió el valor de 1, debido a que no se desarrollan prácticas de conservación de suelos en el área de estudio, obteniendo entre sus resultados más resaltantes una erosión potencial media (no considera la cobertura vegetal) de 71,46 tn/ha/año, en cuanto a la erosión real sobresalió la media de 26,87 tn/ha/año. En términos más

específicos el 98,8% del área presenta una erosión baja y el 0,2% evidencia una erosión no significativa que sobrepasa los límites de clasificación aceptables.

Sabino (2016) en su tesis de grado “Análisis espacio – temporal de erosión de suelos por regiones hidrológicas en el Perú (1981 – 2014)” tiene como objetivo principal evaluar la variabilidad espacio – temporal de la pérdida por erosión de suelos a nivel de Regiones Hidrológicas en el Perú aplicando el modelo RUSLE. Los factores involucrados en esta metodología fueron tratados y manejados con técnicas de percepción remota. Estos factores fueron evaluados de la siguiente manera: el factor erosividad (R) fue obtenido del producto PISCO SENAMHI a través de imágenes satelitales interpolando la precipitación mensualmente, el mapa de erodabilidad (K) se procesó a partir de las características físicas del suelo con apoyo de imágenes satelitales, el mapa de cubierta vegetal (C) se basó en la data de vegetación del país, el factor topográfico (LS) en base a un digital elevation model (DEM) y el factor de prácticas de conservación de suelos (P) se obtuvo con la vegetación alineada a las curvas de nivel. Los resultados obtenidos para la Región Hidrológica Pacífico 6 (Región que involucra a la cuenca del río Tumbes) muestra una erosión de 30,90 Tn/ha/año para el periodo de 33 años (1981-2014), resaltando los valores más bajos en los años de 1989, 1992 y 2004. Concluyendo que el factor erosividad (R) es el que tiene mayor influencia en la ecuación RUSLE, seguido del factor topográfico, debido al relieve pronunciado que incita el escurrimiento superficial del recurso hídrico conjuntamente con las partículas arrastradas en los primeros centímetros de la corteza terrestre.

Senamhi (2017) en su estudio “Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú” aplica la metodología RUSLE, obteniendo resultados para la Región Hidrográfica del Pacífico 6 (Región que involucra a la cuenca del río Tumbes) en la costa norte del Perú. Con niveles de erosión bajo, moderado y alto de acuerdo a la clasificación de la FAO; menos de 3,0 Tn/ha/año (1990 año seco), 30,90 Tn/ha/año y 108,0 Tn/ha/año (año 1998) respectivamente.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. EROSIÓN

La erosión puede definirse ampliamente como un proceso por el cual el suelo es arrastrado por acción de agentes como el agua y el viento. Esto involucra la

presencia de dos factores que intervienen en el desarrollo: un elemento pasivo, el suelo, y un elemento activo, como el agua, el viento o su participación alterna. Por otro lado, la cobertura vegetal interactúa dando un ajuste a la relación de estos factores (León, 2001).

2.2.2. TIPOS DE EROSIÓN

2.2.2.1. *Erosión de forma natural*

Según ICONA (citado en Perales, 2019) define de la siguiente manera:

A veces se le llama erosión geológica porque ocurre de forma natural y gradual, ocurre durante miles o millones de años y se desarrolla a través de fenómenos naturales.

2.2.2.2. *Erosión eólica*

La erosión eólica ocurre cuando el suelo desnudo se expone a altas velocidades del viento. Cuando la velocidad del viento crea un arrastre que es mayor que la gravedad y la fuerza adhesiva de las partículas, transportando las partículas en un estado suspendido. Las partículas más pequeñas (0,1-0,5 mm) son resbaladizas o flexibles con el viento (Ada, 2015).

2.2.2.3. *Erosión hídrica*

Este tipo de erosión surge a causa del agua de lluvia, produciéndose cuando la gota de lluvia precipita sobre el suelo descubierto, así como los procesos hidráulicos que eliminan y transportan las partículas del suelo de las laderas y taludes (**Figura 1**) (CENEPRED, 2014).

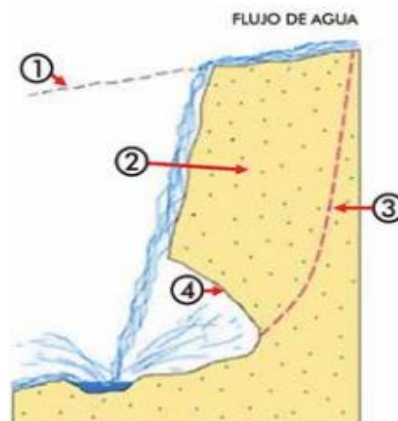


Figura 1: Consecuencias del flujo de agua sobre un acantilado 1) situación inicial, 2) pedazo a desprenderse, 3) línea de corte y 4) erosión del suelo

2.2.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA

(Vásquez et al, 2016) señala que los principales factores que se asocian en la erosión hídrica son los siguientes:

2.2.3.1. EL SUELO

Las propiedades físicas del suelo, determinan el grado de resistencia a la separación y arrastre de los gránulos debido a la influencia del agua sobre el suelo, su potencial de escorrentía y penetración.

2.2.3.2. LA TOPOGRAFÍA

La pendiente y la longitud de la inclinación son las principales características que influyen en la topografía del terreno, asimismo se ve incluido la forma y tamaño de drenaje del área involucrada.

2.2.3.3. EL CLIMA

Los factores climáticos persisten en gran medida en el proceso erosivo, tales como la precipitación, el viento y la temperatura. Los mismos que están relacionados entre sí; ya sea el viento al variar su dirección, velocidad y ángulo de caída cuando ocurren las precipitaciones, afectando sobre su fuerza erosiva.

2.2.3.4. LA VEGETACIÓN

La vegetación actúa como un colchón sobre la superficie, disminuyendo el golpe del agua, derivado de la lluvia o escorrentía superficial. La cobertura vegetal protege al suelo mediante: la disminución de energía de las gotas de lluvia, disminución gradual de la velocidad de escorrentía, facilita el tránsito vertical del agua debido a la presencia de raíces y residuos de la cubierta vegetal, asimismo las raíces entrelazan las partículas del suelo evitando su desprendimiento.

2.2.3.5. EL HOMBRE

El ser humano es el agente principal y decisivo de todos los procesos de erosión, fundamentalmente por el papel y la participación de las personas en la gestión y uso de los recursos naturales.

2.2.4. ETAPAS DE LA EROSIÓN HÍDRICA

2.2.4.1. EROSIÓN

Es el acto de roer y gastar, causando pérdidas significativas y creando vacíos, reduciendo el volumen (SENAMHI, 2017).

2.2.4.2. TRANSPORTE

Consiste en desplazar el material desgastado de un lugar a otro, ya sea por el viento, la gravedad, fuertes pendientes, etc. Estos factores aseguran el transporte (SENAMHI, 2017).

2.2.4.3. ACUMULACIÓN

El material erosionado luego de ser transportado, produce una acumulación, presente en la parte inferior de una laguna o el océano (llamado sedimentación) alterando o modificando el relieve involucrado (SENAMHI, 2017).

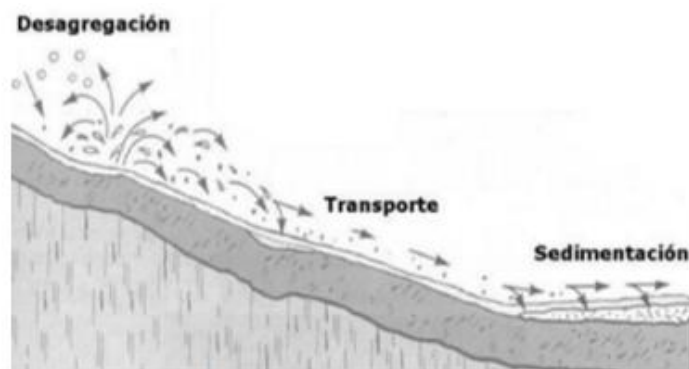


Figura 2: Representación del proceso de erosión: Desagregación, Transporte y Sedimentación.

2.2.5. PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA (A)

(Núñez, 2001) Menciona que las pérdidas aceptables o los niveles de erosión, manejados de manera objetiva, pueden ser una herramienta valiosa para identificar problemas de erosión y seleccionar métodos de control para minimizar los daños. Por supuesto, la disminución del suelo tolerable consiste en las condiciones del suelo: si es un suelo con una profundidad considerable y fertilidad constante en todo su corte transversal, entonces la pérdida de 25 mm en 30 años en un suelo superficial será mucho menor. En esta situación, el valor máximo rara vez supera las 12,5 Tn/ha*año; y suele ser menos.

Tabla 1: Niveles de pérdida de suelo en la ecuación USLE (Universal Soil Loss Equation)

intensidad de amenazas	pérdida de suelo (Tm/ha/año)
Baja	Menor a 5
Moderada	5-25
Media	25-50
Alta	50-100
Muy alta	100-200
Crítica	Más de 200

Fuente: Adaptado de FAO, UNESCO, PNUMA (1 980), citado por EDES0 (1 997), RAMOS (2001, 2009), VELÁSQUEZ, S (2 008) y RAMÍREZ, L (2 010)

2.2.6. EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL Y ACTUAL

(Susana, 2010) menciona, que la erosión hídrica potencial hace referencia al desarrollo de sus factores en un área específica por acción de mediadores como el clima, suelo y relieve. En este caso de erosión se excluye la acción humana y cobertura vegetal.

Por otro lado, cuando hablamos de erosión hídrica actual o real, involucra el factor cobertura vegetal y manejo, y el factor de prácticas de apoyo a la conservación.

2.2.7. ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELOS REVISADA (RUSLE)

La “Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada” por sus siglas RUSLE, es una revisión y actualización de USLE, utilizada ampliamente desde principios de la década de 1960 y su primera versión se describió en Agriculture Handbook N° 282, publicado en el año 1965; mientras que su segunda versión principal se describió en Agriculture Handbook N° 537, publicado en 1978. RUSLE es su tercera versión y se describe en el Manual de Agricultura N° 703, publicado en 1996 por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Washington D.C. y conserva -hasta cierto punto- la estructura de ecuaciones de USLE (Camacho *et al* 2022).

La ecuación RUSLE está expresa y compuesta en el sistema métrico internacional (SI) por los factores siguientes:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Donde:

- A : Es la pérdida de suelo promedio anual ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).
R : Factor de erosividad de las lluvias ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).
K : Es el factor de erodabilidad del suelo ($\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{hr} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$).
LS : Factor topográfico de la longitud L y pendiente S (adimensional).
C : Factor de cobertura vegetal del área de estudio (adimensional).
P : Es el factor de conservación de la estructura del suelo (adimensional).

2.2.7.1. FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R)

La energía cinética con la que precipita la lluvia produce erosión, desuniendo los gránulos de suelo, compactando la superficie y produciendo escorrentía superficial cuando el suelo llega a la saturación (supera su capacidad de infiltración) (Gonzáles, 1991).

$$R = E \cdot I_{30} \quad (2)$$

Siendo E la energía de la lluvia determinada a su vez por la fórmula:

$$E = 210,2 + 89 \cdot \log I \quad (3)$$

- E : Es la energía cinética de la lluvia (julios/m^2 por cm de lluvia)
I : Es la intensidad máxima de lluvia (cm/h)
 I_{30} : es la intensidad máxima en treinta minutos de lluvia (cm/h).

En muchos casos los escasos de datos, nos induce a aplicar nuevas metodologías para determinar este factor, en este caso Wischmeir y Smith (1978) desarrollan la siguiente fórmula:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1,735 \times 10^{(1,5 \log_{10}(P_i^2/p) - 0,08188)} \quad (4)$$

Donde:

- R : Factor de erosividad de lluvias ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$).
 P_i : Precipitación mensual (mm).
p : Precipitación anual en (mm).

Tabla 2: Niveles de erosividad (R)

MJ*mm/Ha*Hrs*año	Factor R
0 – 50	Bajo
50 – 550	Moderado
550 – 1000	Alto
Mayor a 1000	Muy Alto

Fuente: Índice de Fourier, citado por (Moreno, 2017)

2.2.7.2. FACTOR DE ERODABILIDAD DEL SUELO (K)

El factor K expresa la vulnerabilidad del suelo al desprendimiento y transporte de sus partículas, influenciada por las propiedades físicas (textura, estructura, materia orgánica, etc.) este factor se evalúa en un rango de 0 a 1, el primero señala una pequeña incidencia de erosión mientras que 1 señala suelos muy propensos a la erosión por el recurso hídrico (SENAMHI, 2017).

Teniendo los datos de textura, estructura, permeabilidad y materia orgánica se puede determinar el factor K, mediante la ecuación de Wischmeier y Smith en 1978, que se presenta a continuación:

$$100K = 2,1M^{1.14}(10^{-4})(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2.5(c - 3) \quad (5)$$

Donde:

- M : (% limo + % arena muy fina) * (% limo + % arena - % arena fina)
- a : % de materia orgánica
- b : Parámetro de tipo de estructura de suelo
- c : Clase de permeabilidad

Asimismo, Sharpley y Williams (1990), nos dicen que teniendo los datos de textura y materia orgánica en la capa superficial del suelo se puede determinar el factor K en base a las siguientes ecuaciones:

$$K_{usle} = f_{csand} X f_{cl-si} X f_{orgc} X f_{hisand} \quad (6)$$

$$K_{Rusle} = K \text{ factor} = K_{usle} \times 0,1317 \quad (7)$$

Donde:

$$f_{csand} = \left[0,2 + 0,3 \times \exp \left(-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right) \right] \quad (8)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3} \quad (9)$$

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0,25 \times orgC}{orgC + \exp[3,75 - 2,95 \times orgC]} \right) \quad (10)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0,7 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp[-5,51 + 22,9 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)]} \right) \quad (11)$$

m_s : % de contenido de fracción de arena (\varnothing de 0,5 – 2 mm)

m_{silt} : % de contenido de fracción de limo (\varnothing de 0,002 – 0,05 mm)

m_c : % de contenido de fracción de arcilla ($\varnothing < 0,002$ mm)

$orgC$: % de contenido de fracción de carbono orgánico

2.2.7.3. FACTOR DE LONGITUD DE LA PENDIENTE E INCLINACIÓN (LS)

Este factor representa longitud de la pendiente y está vinculado con el factor de inclinación “S”, estos factores influyen considerablemente cuando la extensión de la pendiente es mayor que la velocidad de escurrimiento (Caycho, 2020).

Desmert y Groves (1996) presentan la siguiente metodología para obtener el factor LS, a través de estas ecuaciones:

$$L = \left(\frac{\gamma}{22.13} \right)^m \quad (12)$$

$$m = \frac{F}{(1 + F)} \quad (13)$$

$$F = \frac{\sin\beta/0,0896}{3(\sin\beta)^{0,8} + 0,56} \quad (14)$$

Para su uso dentro de los SIG se hace uso de la ecuación:

$$L_{(i,j)} = \frac{[A_{(i,j)} + D^2]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m} \quad (15)$$

Donde:

- L : Factor de longitud
- β : pendiente a nivel de pixel
- m : pendiente
- F : factor en función de la pendiente
- D : Tamaño de pixel (cell size)
- x : Coeficiente de forma (x = 1 para sistemas pixeleados)

determinado L, se determina el factor S, mediante la siguiente ecuación:

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0,03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0,09 \\ 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0,5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0,09 \end{cases} \quad (16)$$

Tabla 3: Clasificación del factor LS

Factor LS	Categorización
Bajo	<15
Moderado	15-30
Alto	30-45
Muy Alto	>45

Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) citado por (Moreno, 2017)

Tabla 4: Valores de LS en función a la pendiente

Grupos de pendientes en %	Factor L.S
0-3	0,3
3-12	1,5
12-18	3,4
18-24	5,6
24-30	8,7
30-60	14,6
60-70	20,2
70-100	25,2
>100	28,5

Fuente: Tomado de Ramos Taipe (2001) citado por (Caycho, 2020)

2.2.7.4. FACTOR DE COBERTURA DE SUELO (C)

Conocido como factor de vegetación, representa la efectividad que tiene la cubierta vegetal para proteger al suelo de la energía de impacto de las gotas de lluvia y la fuerza del flujo superficial, la cual es adimensional. En USLE, el factor C es calculado usando ecuaciones empíricas que contienen mediciones de campo de la cobertura del suelo (Camacho *et al*, 2022).

Para determinar el factor C a partir de datos de teledetección, utilizamos dos métodos ampliamente utilizados basados en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Varía de 1 a -1, representando los valores más altos a una zona con mayor cobertura vegetal (Almagro *et al*, 2019)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (17)$$

Tabla 5: Clasificación de los valores de NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua (NA)	<0,01
Suelo sin vegetación (SV)	0,01-0,1
Vegetación ligera (VL)	0,1-0,2
Vegetación mediana (VM)	0,2-0,4
Vegetación alta (VA)	>0,4

Fuente: (López *et al*, 2015)

(Almagro *et al* ,2019) en su artículo de investigación plantea las siguientes ecuaciones para el cálculo del factor C:

a) Enfoques de teledetección

$$C_{rA} = 0,1 \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right) \quad (18)$$

$$C_{VK} = e^{\left(-\alpha \frac{NDVI}{(\beta - NDVI)} \right)} \quad (19)$$

El primer método utilizado para estimar el factor C fue propuesto por Durigon et al. (2014) y adaptado por Colman (2018) (C_{rA}), y el segundo por van der Knijff et al. (1999) (C_{VK}). El C_{rA} y C_{VK} son calculado siguiendo las Ecuaciones (18) y (19), respectivamente.

El C_{rA} se basa en el resultado del NDVI en condiciones de clima tropical, con precipitaciones más intensas. En relación con C_{VK} , Van der Knijff, Jones y Montanarella (2000) concluyeron que, para las condiciones climáticas Europeas, los valores 2 y 1 son los mejores representantes de los parámetros de la ecuación α y β , respectivamente.

b) Enfoque tradicional

Mediante la consulta de literatura del factor C de acuerdo al tipo de cobertura vegetal.

2.2.7.5. FACTOR DE PRÁCTICAS DE MANEJO (P)

Conocido como medidas de conservación, pone en evidencia la eficiencia del control de la erosión lograda con la implementación de las medidas de conservación de suelos. Este factor adopta diferentes valores en función del tipo de práctica y pendiente sobre la que se encuentra; y, cuando no se han implementado prácticas conservacionistas se le asigna el valor de 1 (Camacho *et al*, 2022).

2.2.8. TELEDETECCIÓN

Es una técnica con la que se obtiene información a distancia sin interactuar con el material, el único vínculo que establece con los objetos observados es mediante sensores y plataformas ubicados en la superficie terrestre, marina o atmosfera, ya sean satélites, aeronaves, servidores, etc.) (Alonso, 2014).

2.2.9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Este sistema permite integrar varias bases de datos geoespaciales e implementar varias técnicas para el proceso de datos, relacionando con actividades del espacio, vinculado con el trabajo SIG (Alonso, 2014).

Las ventajas que presentan los sistemas de información geográficas al momento de determinar la erosión, son varias, algunas de esas son las siguientes:

- Procesar abundantes datos permitiendo calcular variables relacionadas en el modelo, obteniendo resultados en capas, factores o ecuaciones matemáticas.
- Ejecutar operaciones, distribuir los resultados espacialmente creando escenarios posibles y con ello mostrar de una manera clara los resultados.

Para implementar estas técnicas de SIG y optimizar los resultados, es conveniente hacer uso de software ArcGis, mediante sus herramientas o nuevas incorporadas por el usuario (Zeiler, 1999) citado por (Caycho, 2020).

2.2.10. EL MODELO RASTER

Representa imágenes digitales mediante mallas divididas en filas y columnas (pixels). Cada celda ha de ser rectangular, aunque no necesariamente cuadrada, cada una de ellas representa un valor en el sistema proyectado. Los formatos más utilizados son: Jpg, png, tiff (Alonso, 2014).

2.2.11. MODELO VECTORIAL

Este modelo es representado mediante vectores, que en conjunto van formando un todo, por ejemplo, a partir de un par de coordenadas y su altitud se generan puntos, estos a su vez generan una línea, y estas agrupadas forman polígonos (Alonso, 2014).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El proyecto se realizará en la cuenca del río Tumbes, que forma parte de la vertiente del pacífico.

3.1.1. UBICACIÓN GEOPOLÍTICA

Tabla 6: Ubicación política de la cuenca del río Tumbes

Región	Provincia	Distritos
Tumbes	Tumbes	Pampas de Hospital, San Jacinto, San Juan de la Virgen, Corrales, Tumbes
	Zarumilla	Matapalo

Fuente: (ANA, 2022) <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

3.1.2. UBICACIÓN GEODÉSICA

Tabla 7: ubicación geodésica de la zona de estudio

ESTE(X) (m)	NORTE(Y) (m)
561110,00	9613410,00
537925,00	9533175,00
596940,00	9569607,00
545209,00	9576797,00

Fuente: Elaboración propia (2022)

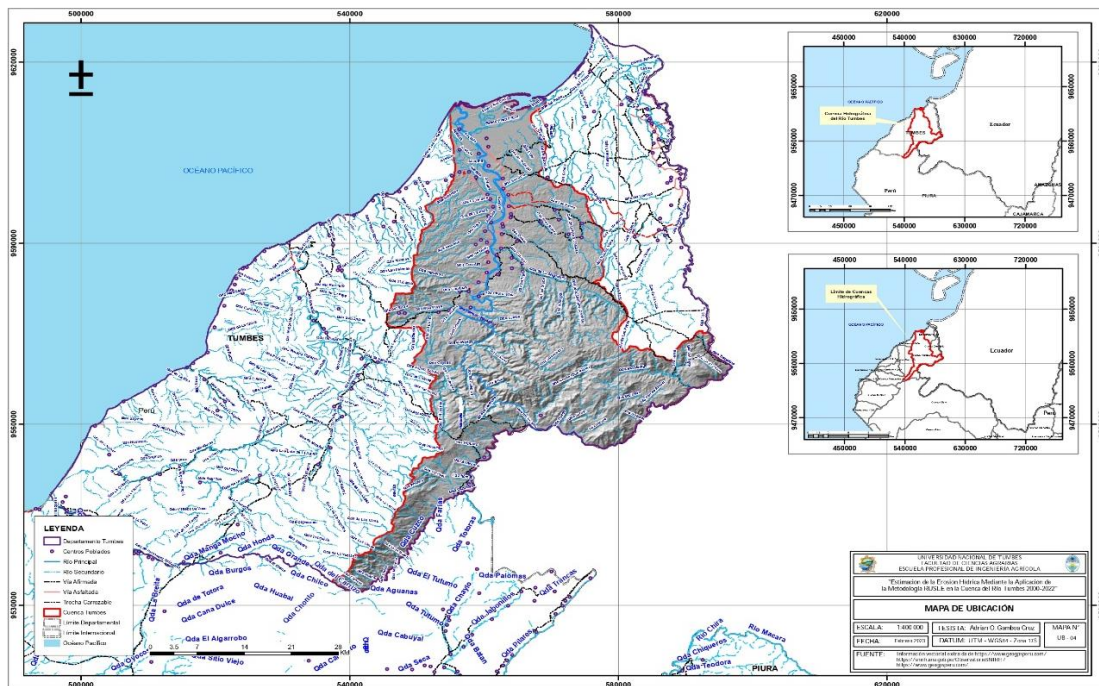


Figura 3: Mapa de ubicación de la zona en estudio.
Fuente: Elaboración propia

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIALES

- Registro de precipitación acumulada mensual (2000 – 2022).
Para cálculo del factor R
Fuente:
 - <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
 - Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT)

- Información vectorial de las cuencas hidrográficas de Tumbes (*Shapefile*).
Para delimitar la zona de estudio.
Fuente:
 - <https://snirh.ana.gob.pe/ObservatorioSNIRH/>

- Información ráster de textura de suelos en formato GeoTif.
Para cálculo del factor K
Fuente:
 - <https://soilgrids.org/>

- Modelo de elevación digital (DEM) AsterDem.
Para el cálculo del factor LS.
Fuente:
 - https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

- Capa vectorial de carreteras, centros poblados, departamentos, provincias y distritos.
Para identificar zonas con riesgo de erosión hídrica.
Fuente:
 - <https://www.geogpsperu.com/>

- Imágenes satelitales LANDSAT en formato GeoTif.
Para cálculo del factor C.
Fuente:
 - <https://earthexplorer.usgs.gov/> años: 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

- Libreta de apuntes
control de información.

- Lápices, lapiceros, regla y borrador
Para apuntes pertinentes.

3.2.2. EQUIPOS

- GPS Garmin E20
- Disco externo 1TB
- Smartphone
- Laptop Hp Core i7
- Impresora

3.2.3. SOFTWARE

- QGis
- ArcGis
- Google Earth Pro
- Hec 4
- R Studio
- Paquete Office

3.3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

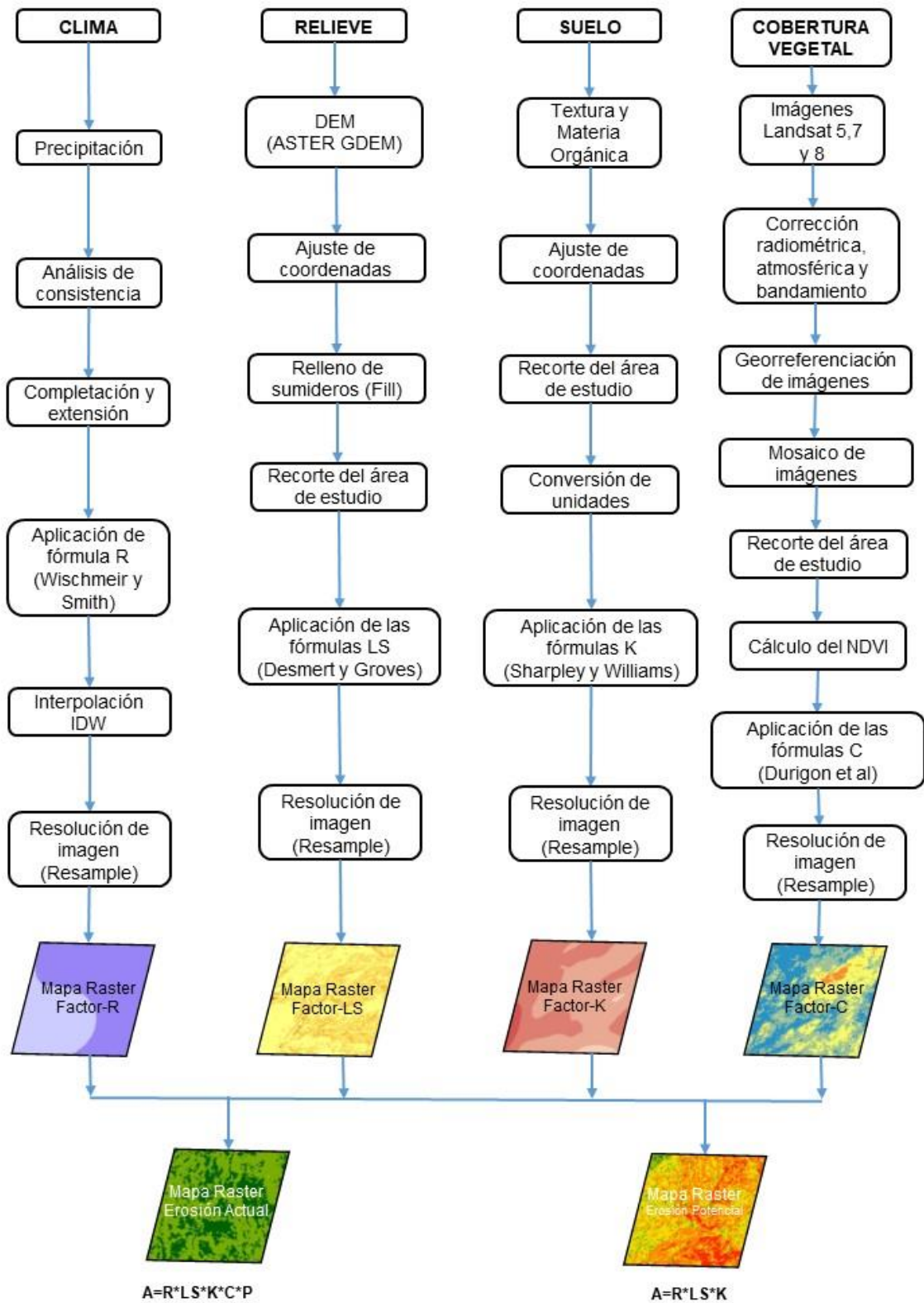


Figura 4: Esquema metodológico de la erosión hídrica actual y potencial.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA

Durante la etapa inicial, se llevó a cabo la recopilación de información en la zona de investigación, la cual es fundamental para la creación de los modelos geoespaciales.

3.3.1.1. Precipitación media mensual

Se requiere esta información para calcular el Factor de Erosividad (R), en un rango de 23 años de registros (2000 – 2022), esta información fue obtenida de manera gratuita a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT).

La información por parte del SENAMHI se encontró disponible en la página web: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>, por otro lado, el PEBPT brindó los datos a través de correo electrónico, asimismo se requirió la extracción de data del producto PISCO precm para generar dos estaciones virtuales en las áreas más altas y alejadas de la zona de estudio para una mejor interpolación, este producto se obtuvo en la página web <https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/?Set-Language=es> en formato “.nc”, el script de programación R fue empleado para la extracción de los datos de precipitación, queda especificado en el (Anexo 10). Las estaciones consideradas para el estudio se detallan en la (Tabla 8) y (Figura 5).

Tabla 8: Estaciones consideradas en el estudio.

Estación	Tipo	Provincia	Distrito	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)
				Este (m)	Norte (m)	
Campamento Sede	Automática-Met.	Tumbes	Tumbes	563348,76	9607466,65	17
La Cruz	Convencional-Met.	Tumbes	La Cruz	547834,86	9598948,00	6
El Tigre	Convencional-Met.	Tumbes	Pampas de Hospital	560328,10	9579702,76	45
Cabo Inga	Automática-Met.	Tumbes	San Jacinto	566404,90	9560507,87	231
Cañaverall	Automática-Met.	Contralmirante Villar	Casitas	538790,33	9564596,40	133
Matapalo V1	Automática-Met. Virtual	Zarumilla Tumbes	Matapalo San Jacinto	589005,60 547718,00	9592898,63 9541864,00	62 972
V2	Virtual	Tumbes	Pampas de Hospital	584310,00	9567166,00	527

Fuente: Elaboración Propia

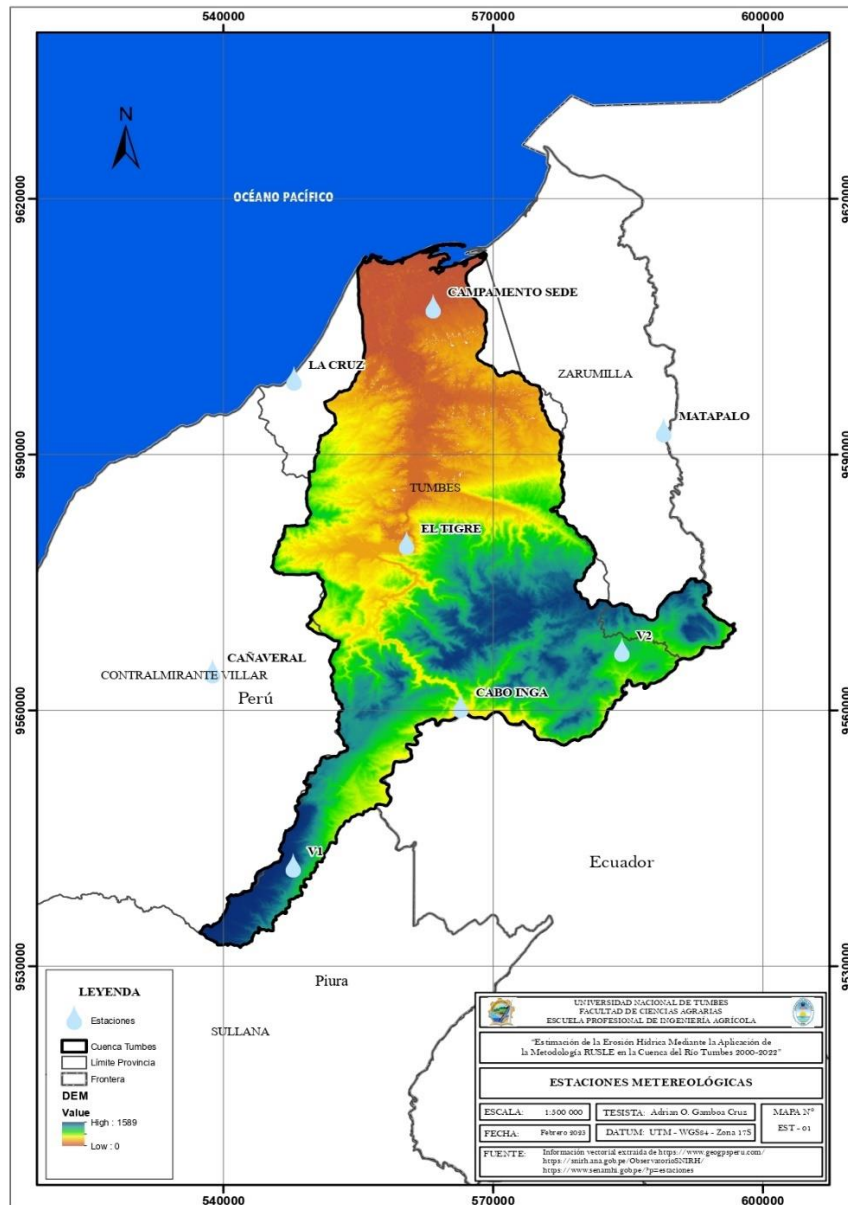


Figura 5: Mapa de estaciones consideradas en el estudio
Fuente: Elaboración Propia

Los datos de precipitaciones mensual total de las estaciones involucradas se encuentran en el **(Anexo 1)**.

Análisis de consistencia de datos de precipitación

Una vez que se ha recolectado la información, es importante validarla, procesarla y resumirla para crear un "producto elaborado" que pueda ser utilizado en el estudio. Es por eso que previo a la utilización de estos datos se le debe realizar el proceso descrito en la **(Figura 6)**.

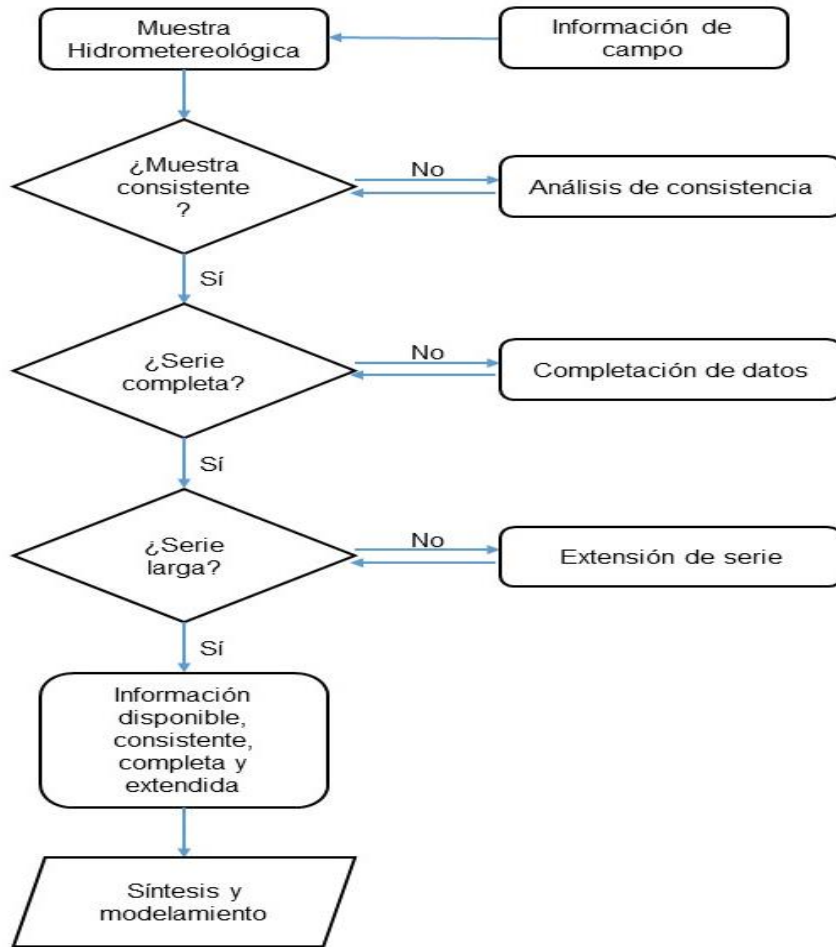


Figura 6: Flujograma para el tratamiento de la información Hidrometeorológica
Fuente: Adaptado de Hidrología Estadística, Máximo Villón Béjar

a) Análisis visual gráfico

Según (Villón, 2006) la información hidrológica histórica se representa en un gráfico de coordenadas cartesianas, en el que se ubican los valores de la serie en el eje Y y el tiempo (años, meses, días, etc.) en el eje X. Esta visualización inicial permite una evaluación preliminar de la calidad y precisión de la información, antes de proceder a un análisis más detallado mediante la técnica de doble masa. (**Anexo 2**).

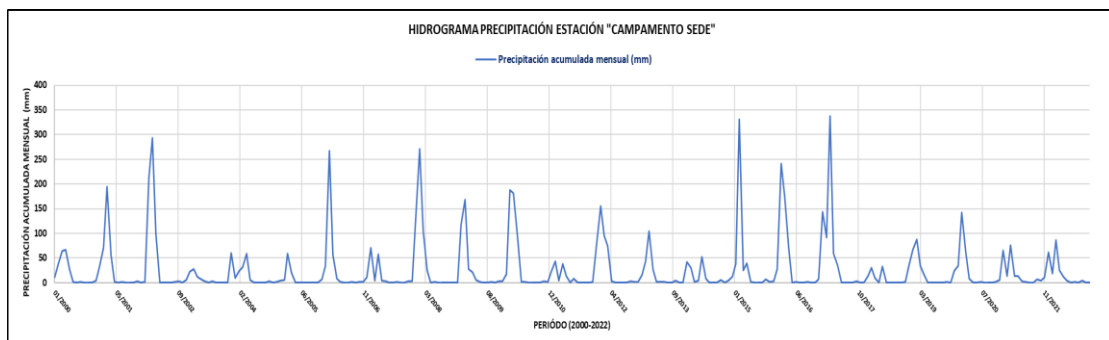


Figura 7: Análisis visual de 23 años de precipitación histórica
Fuente: Elaboración propia

b) Análisis doble masa

En este apartado se agrupan las estaciones planteando en el eje de las abscisas los acumulados, de estos doble masa se selecciona la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres (y con esta estación se vuelven a elaborar diagramas de doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el de las ordenadas la estación en estudio (**Anexo 3**).

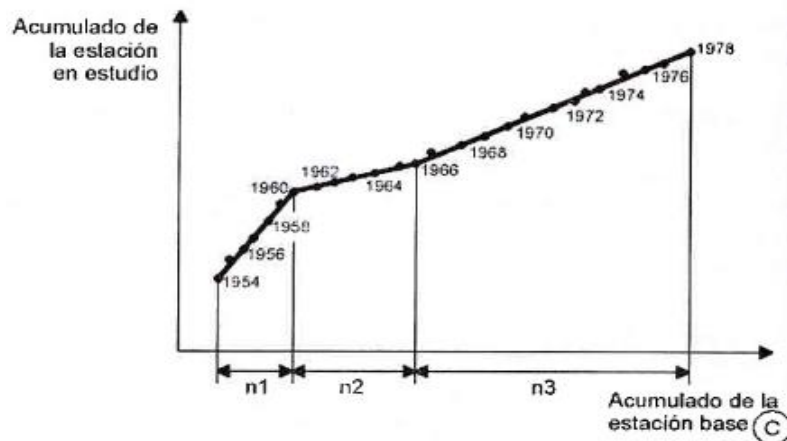


Figura 8: Análisis doble masa para obtener los periodos de estudio (en este caso $n1$, $n2$, $n3$)
Fuente: (Villón, 2006)

De estos gráficos se sacan los periodos dudosos para cada estación, la misma que será tratada con los criterios estadísticos.

c) Análisis estadístico

“Luego de obtener los gráficos para el análisis visual y los datos de doble masa, se identifican los períodos en los que se podrían presentar correcciones y se determinan los períodos en los que los datos mantendrán sus valores originales. A continuación, se realiza un análisis estadístico de la media y la desviación estándar” (**Anexo 5**). (Villón, 2006).

d) Completación y extensión

La complementación de datos se refiere a llenar los espacios vacíos que aparecen en un conjunto de datos. Este proceso es considerado una forma específica de extensión, ya que se alteran los cálculos de los parámetros poblacionales. El modelo de regresión simple es el método matemático más común utilizado para transferir información hidrológica entre estaciones medidas; en este caso se utilizó el programa HEC – 4 para dicho procedimiento (**Anexo 6**).

3.3.1.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Se requiere esta información para calcular el Factor – LS, la información fue extraída del Geoservidor del Ministerio del Ambiente (MINAM) https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx Se ha generado un mapa topográfico denominado ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model) utilizando 1,3 millones de imágenes estéreo obtenidas mediante el radiómetro japonés ASTER. Este mapa se encuentra disponible gratuitamente para usuarios de todo el mundo y tiene una resolución espacial de 30 metros. El mapa hace referencia al geode WGS84/EGM96, tal como se evidencia en la (Figura 9).

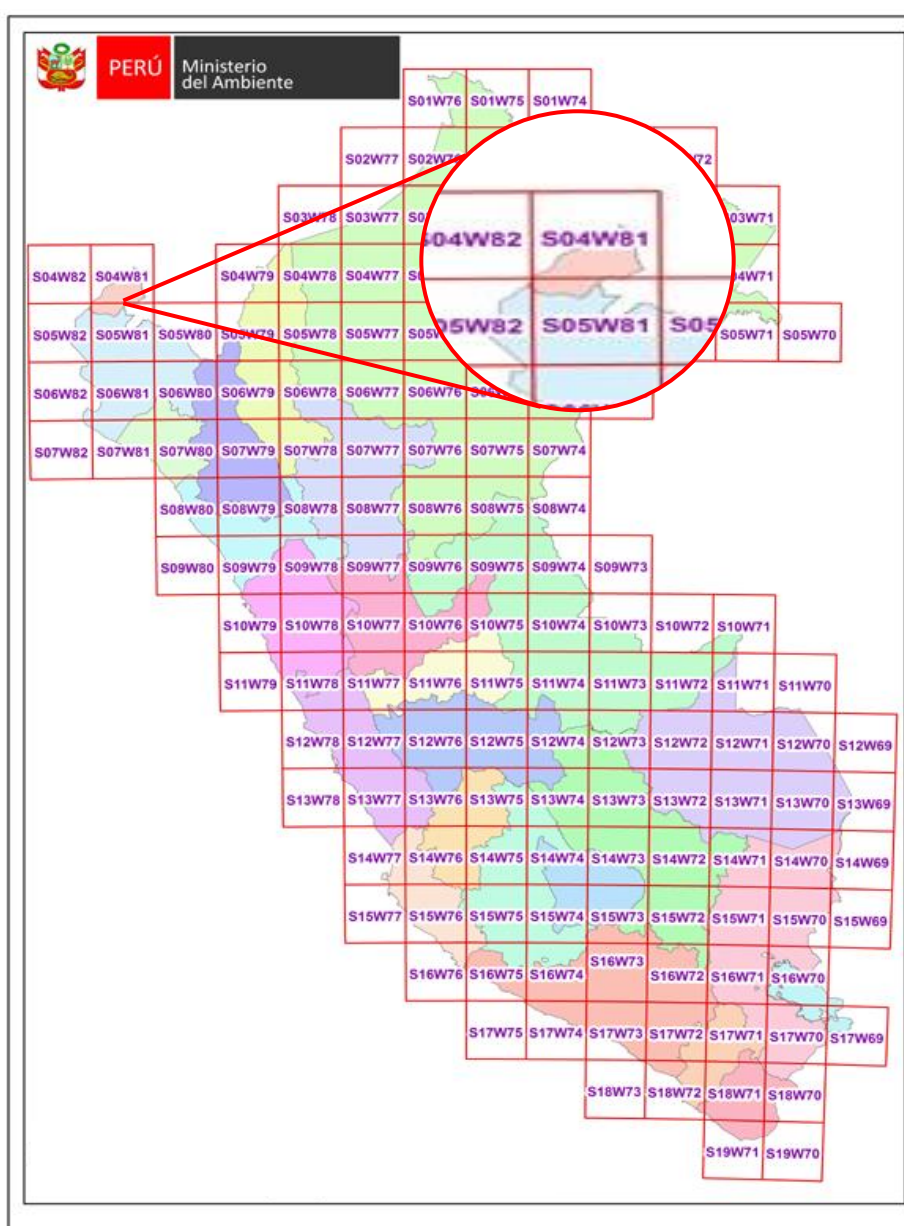


Figura 9: Mapa de cobertura de imágenes ASTER (DEM)

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM)

3.3.1.3. Textura (Arcilla, limo y arena) y materia orgánica (Mo)

Se requiere esta información para calcular el Factor – K, para este estudio se utilizó la información provista por el SoilGrids de forma gratuita en la página web: <https://soilgrids.org/> “este servidor produce mapas de las propiedades del suelo para todo el mundo a una resolución espacial media (250 m de tamaño de celda)” (Poggio et al., 2021), la extensión de descarga es en formato ráster Geotiff.

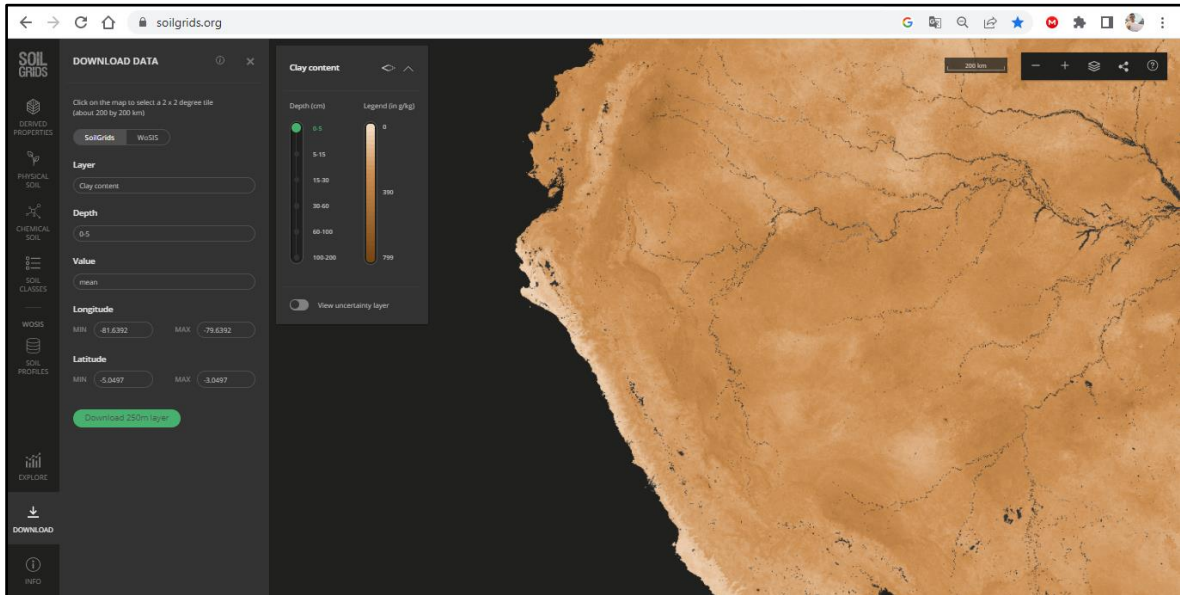


Figura 10: Interfaz de la página del SoilGrids
Fuente: SoilGrids

3.3.1.4. Imágenes LANDSAT

Se requiere esta información para calcular el Factor – C, estas imágenes fueron obtenidas de manera gratuita por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) en la página web: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, el criterio de descarga se realizó en dos temporadas (**Tabla 9**), en el rango de estudio (2000 – 2022) cada 5 años (**Tabla 10**), con una cobertura de nubes <20%.

Tabla 9: Temporadas de adquisición de imágenes satelitales

Temporada Húmeda (verano - otoño)	Temporada Seca (invierno - primavera)
22 - dic., Enero, Febrero, Marzo Abril, Mayo, 21 - Jun.	22 - jun., Julio, Agosto, Setiembre Octubre, Noviembre, 21 - Dic.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Características de las imágenes satelitales utilizadas

Imagen	Sensor	Resolución Espacial	Escena	Fecha de la Imagen	Temporada	Localización	
Landsat 7	ETM +	30 mt X 30 mt	011 - 062	14/10/2000	Seca	Tumbes - Perú	
			011 - 063				
			011 - 062	31/05/2000			Húmeda
			011 - 063				
			011 - 062	25/12/2000			
			011 - 063				
			011 - 062	23/05/2000			
011 - 063							
Landsat 7	ETM +	30 mt X 30 mt	011 - 062	07/10/2006	Seca	Tumbes - Perú	
			011 - 063				
			011 - 062	04/12/2004			Húmeda
			011 - 063				
			011 - 062	29/05/2005			
			011 - 063				
			011 - 062	16/05/2006			
011 - 063							
Landsat 7	ETM +	30 mt X 30 mt	011 - 062	02/10/2010	Seca	Tumbes - Perú	
			011 - 063				
			011 - 062	19/09/2010			Húmeda
			011 - 063				
			011 - 062	24/03/2010			
			011 - 063				
			011 - 062	11/05/2010			
011 - 063							
Landsat 8	OLI/TIRS	30 mt X 30 mt	011 - 062	24/10/2015	Seca	Tumbes - Perú	
			011 - 063				
			011 - 062	07/08/2016			Húmeda
			011 - 063				
			011 - 062	10/02/2015			
			011 - 063				
			011 - 062	13/02/2016			
011 - 063							
Landsat 8	OLI/TIRS	30 mt X 30 mt	011 - 062	17/07/2020	Seca	Tumbes - Perú	
			011 - 063				
			011 - 062	02/08/2020			Húmeda
			011 - 063				
			011 - 062	17/06/2020			
			011 - 063				
			011 - 062	17/05/2021			
011 - 063							

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Procesamiento digital de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales tanto Landsat 7 y 8 han sido descargadas de la colección 2 nivel 1 (Landsat collection 2 level -1), incluyendo las siguientes correcciones:

Imágenes Landsat 7

- Corrección atmosférica: Esto implica la eliminación de los efectos de la atmósfera en la imagen. Los gases atmosféricos y el polvo pueden causar distorsiones en la imagen, lo que puede hacer que sea difícil interpretarla correctamente
- Corrección de la geometría: Esto implica ajustar la imagen para que sea geográficamente precisa. Esto se hace corrigiendo los errores en la posición y la orientación de la imagen.
- Corrección topográfica: Esta corrección se realiza para corregir las variaciones topográficas en la imagen. Los cambios de elevación pueden causar distorsiones en la imagen, lo que puede hacer que sea difícil interpretarla correctamente.

Imágenes Landsat 8

Presenta las mismas correcciones que las Landsat 7 incluyendo:

- Corrección de la posición del sol: Esta corrección se realiza para ajustar la imagen a la posición exacta del sol en el momento en que se tomó la imagen.
- Corrección de banda espuria: Esta corrección se realiza para eliminar los artefactos de las imágenes que pueden ser causados por la interferencia de las señales de la Tierra.

a) Corrección por bandeamiento

Esta corrección se les aplicó a las imágenes del Landsat 7, en los años 2005 y 2010, ya que el 31 de mayo de 2003, el Corrector de Escaneo Lineal (SLC), que compensa el movimiento de avance del Landsat 7, fracasó. Sin un SLC operativo, el Thematic Mapper Plus (ETM +) de la línea de visión mejorada ahora traza un patrón de zig – zag a lo largo de la pista de tierra por satélite.

Para corregir este bandeamiento, se utilizó el Software libre Q-Gis haciendo uso de la corrección sin datos, cuya dirección es **Ráster > Análisis > Rellenar Sin Datos**. (Figura 11).

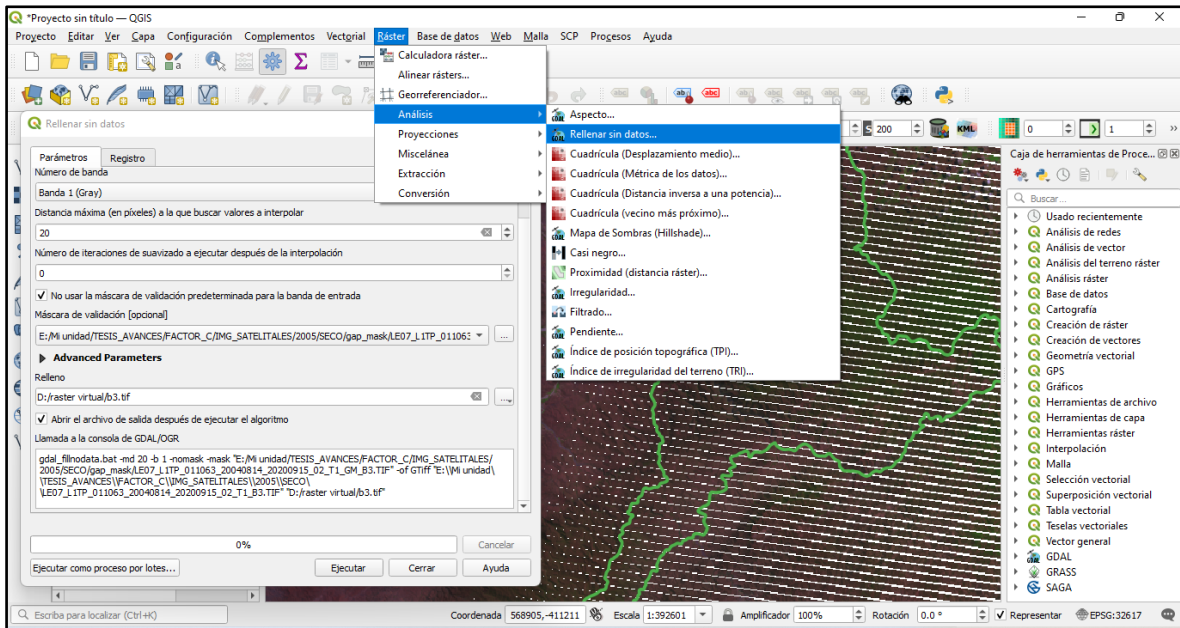


Figura 11: Entorno de Q-Gis aplicando la corrección por bandeamiento.

Fuente: Elaboración propia

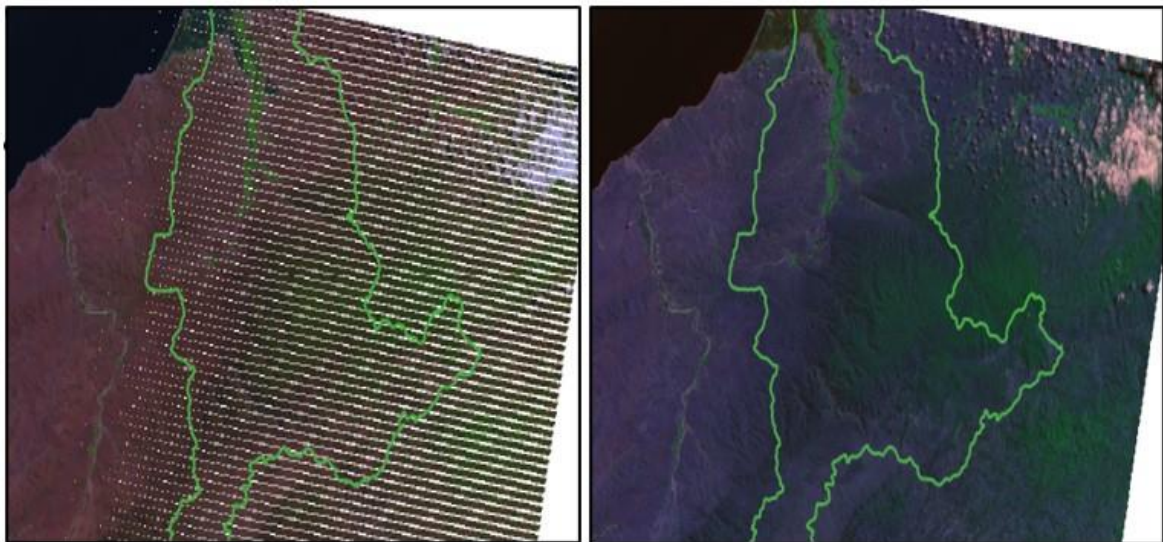


Figura 12: Resultado de la corrección por bandeamiento.

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento fue aplicado a todas las imágenes obtenidas del Landsat 7, específicamente para la banda 3 y 4.

3.3.2. APLICACIÓN DEL MODELO (RUSLE)

Una vez que hemos descargado y registrado los datos espaciales geográficos en la base de datos, tal como se indica en el punto **3.3.1**, podemos comenzar a trabajar en gabinete y, por ende, avanzar con la investigación.

La metodología RUSLE, que ha sido mencionada en diferentes secciones del documento, se compone de 5 factores que deben ser tratados en procesos individuales y posteriormente combinados mediante una multiplicación final.

3.3.2.1. *Obtención del factor climático, erosividad (Factor R)*

Para su determinación se utilizó información de precipitaciones procedentes de las estaciones detalladas en la (**Tabla 8**), una vez realizado el análisis de consistencia (**Anexo 5**) de la información se procedió a aplicar la ecuación desarrollada por (Wischmeier & Smith,1978) **Ec.(4)**, La fórmula requiere de dos variables: la precipitación mensual y la precipitación anual, que es la suma de las 12 precipitaciones mensuales de cada año. Para agilizar el proceso, se empleó el programa Excel (**Anexo 9**).

Una vez calculado el factor R para cada uno de los años de estudio (23 años), se hizo uso del Software ArcGis 10.5 para realizar la interpolación con la herramienta IDW (Peso Inverso de la Distancia) con el siguiente proceso:

- a) Se cargaron las estaciones al ArcMap, exportándolas en formato tipo “. Shp”, seguidamente se realizó la interpolación **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolation > IDW**.
- b) Realizada la interpolación se obtiene un ráster sobresaliente al área de influencia por lo que es necesario recortar **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract By Mask**.
- c) Finalmente, para una mejor interpretación se procedió a reclasificar en rangos adecuados de acuerdo al mínimo y mayor valor **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify**. Mapas en (**Anexo 15 - 38**)

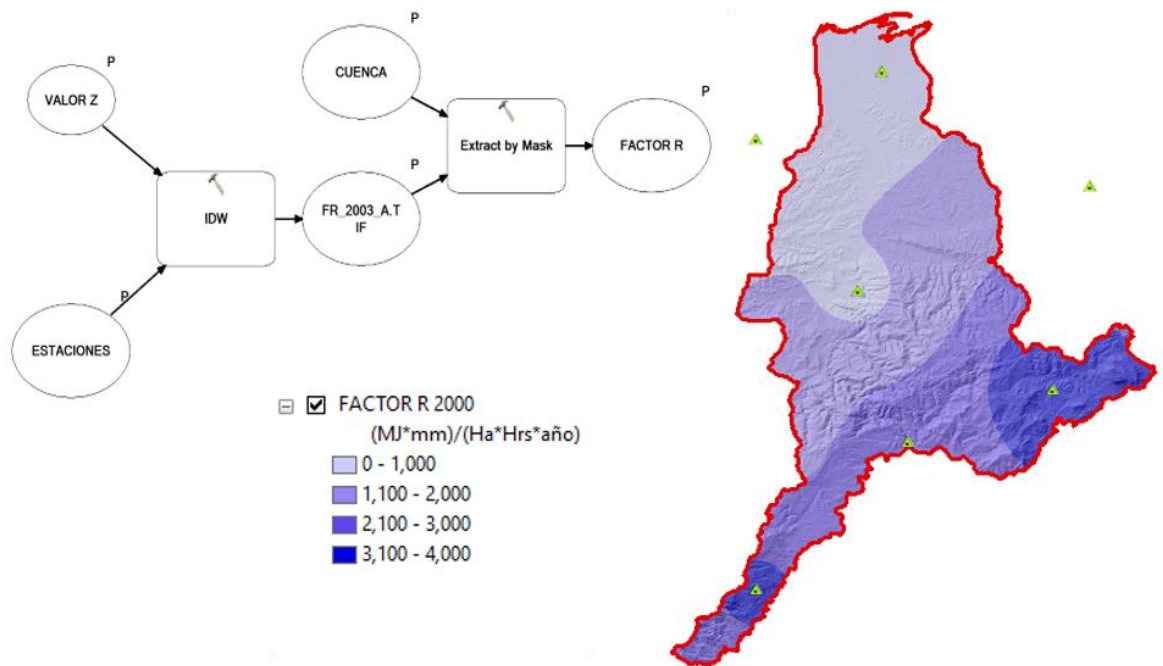


Figura 13: Uso de ModelBuilder para calcular el Factor R - (año 2000)
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2. Obtención del factor suelo (Factor K)

Para este estudio se requirió información de porcentaje de arena, arcilla y limo (textura) y materia orgánica (M.O) como se precisa en el Ítem 3.3.1.3, esta información es primordial para hacer uso de las fórmulas propuestas por Sharpley y Williams (1990). Se utilizó el software ArcGis 10.5 desarrollando el siguiente proceso:

- a) Teniendo los archivos ráster de la textura y materia orgánica, se procede a realizar un “Buffer” (el doble del pixel) de la zona de estudio para no tener pérdidas de información **ArcToolbox > Analisis Tools > Proximity > Buffer**.
- b) El vector obtenido con el “Buffer” será nuestra área de estudio, con este se procede a recortar los ráster **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract By Mask** y le damos **<Batch>** para hacer un recorte múltiple.
- c) Con los ráster recortados se realiza una filtración de los valores (“value” ≥ 1) **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract By Attributes**.

- d) Al presentarse vacíos de información en los ráster, realizamos un relleno de información **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Neighborhood > Focal Statistics**.
- e) Seguidamente se realiza una conversión de decimales haciendo uso de la calculadora ráster **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: (Float("Limo1C.TIF")/10).
- f) Teniendo todos estos procesos, calculamos "F_{csand}" con la **Ec.(8)** para ello utilizamos la calculadora ráster **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: (0.2+0.3*Power(2.71828182845905,(0.256*"ARENA1D.TIF"*(1*"LIMO1D.TIF"/100)))).
- g) Calculamos "F_{cl-si}" con la **Ec.(9)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: Power(("LIMO1D.TIF"/("ARCILLA1D.TIF"+"LIMO1D.TIF")),0.3)
- h) Calculamos "F_{orc}" con la **Ec.(10)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: (1-(0.25*"CARBONO1D.TIF"/("CARBONO1D.TIF"+Power(2.71828182845905,(3.75-2.95*"CARBONO1D.TIF")))))
- i) Calculamos "F_{hisand}" con la **Ec.(11)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: (1-(((0.7*(1-"ARENA1D.TIF"/100))/((1*"ARENA1D.TIF"/100)+Power(2.71828182845905,(5.51+22.9*(1-"ARENA1D.TIF"/100))))))
- j) Calculamos "K_{usle}" con la **Ec.(6)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: "Fhisand.tif"*"Forgc.tif"*"Fcl-si.tif"*"Fcsand.tif"
- k) Calculamos "K_{rusle}" con la **Ec.(7)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: "Kusle.tif"*0.1317
- l) Finalmente recortamos el raster a nuestra área de estudio **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract By Mask**. Mapa en (Anexo 39)

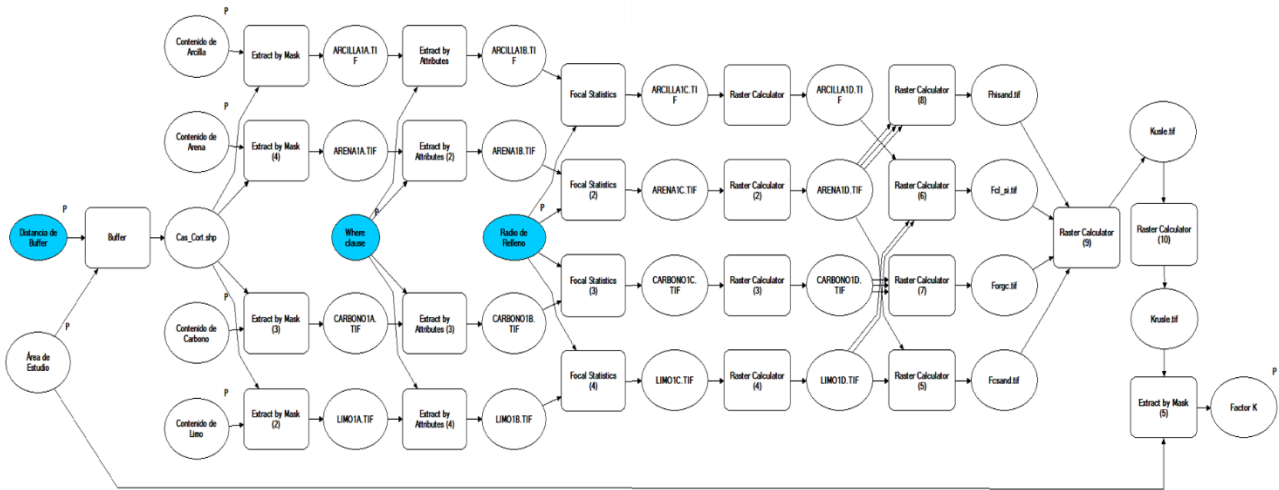


Figura 14: Uso de ModelBuilder para calcular el Factor K
Fuente: Elaboración propia.

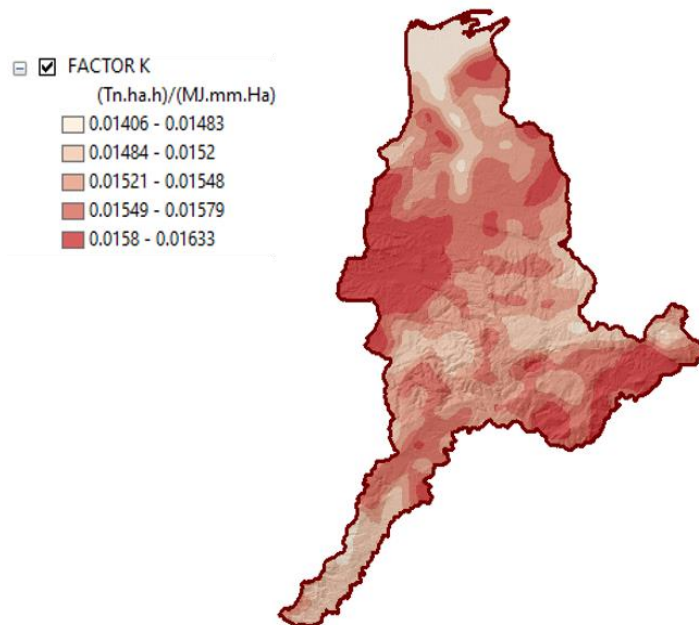


Figura 15: Representación gráfica del Factor K
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. Obtención del factor relieve (Factor-LS)

Para hallar este factor, se utilizaron las imágenes ASTER GDEM obtenidas del MINAN como se precisa en el ítem 3.3.1.2, previo a esto también se pobo con el DEM SRTM proporcionado por la USGS, pero las correcciones eran mayores ya que presentaba valores negativos. Teniendo esta información ya se puede hacer uso de las fórmulas planteadas por Desmert y Groves (1996), Se utilizó el software ArcGis 10.5 desarrollando el siguiente proceso:

- a) Ya que la zona de estudio abarca dos cuadrantes (S04W81 y S05W81) es necesario unir **ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Dataset > Mosaic To New Raster.**
- b) Una vez unidos los dos cuadrantes realizamos una corrección por relleno **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill.**
- c) Realizado el relleno de información se procede a recortar de acuerdo al área de estudio **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools < Extraction < Extract By Mask.**
- d) Luego procedemos a calcular la pendiente en grados, este vendría a ser mi valor de β (pendiente a nivel de pixel) **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Slope.**
- e) Ya con el ráster de pendientes se utiliza la **Ec.(14)** para encontrar “F”, cabe resaltar que a β se le multiplica por 0.01745 para transformar de grados a radianes **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación:

$$(\text{Sin}(\text{"BETA.TIF"}*0.01745)/0.0896)/(3*\text{Power}(\text{Sin}(\text{"BETA.TIF"}*0.01745),0.8)0.56)$$
- f) Luego para encontrar “m” se hace uso de la **Ec.(13)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación:

$$\text{"F.TIF"}/(1+\text{"F.TIF"})$$
- g) Seguidamente calculamos la dirección del flujo con el ráster corregido por “Fill” **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction.**
- h) Seguido de aquello calculamos la acumulación del flujo **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation.**
- i) Por consiguiente, calculamos el Factor de longitud (L) de acuerdo a la **Ec.(15)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación:

$$(\text{Power}(\text{"FLOW_ACUM.TIF"}+30.79*30.79),(\text{"m.TIF"}+1))\text{Power}(\text{"FLOW_ACUM.TIF"},(\text{"m.TIF"} + 1))) / (\text{Power}(30.79,(\text{"m.TIF"} + 2)) * \text{Power}(22.13,\text{"m.TIF"}))$$
- j) Luego calculamos en factor S de acuerdo a la **Ec.(16)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación:

Con($\text{Tan}(\text{"BETA.TIF"} * 0.01745) < 0.09, 10.8 * \text{Sin}(\text{"BETA.TIF"} * 0.01745) + 0.03, 168 * \text{Sin}(\text{"BETA.TIF"} * 0.01745) - 0.5$)

- k) Ahora teniendo “L” y “S” pasamos a calcular el Factor LS **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Argumento de ecuación: “**FACTOR S.TIF**FACTOR L.TIF**”.
- l) Finalmente le damos el valor de celda (pixel) con el que se está trabajando (100 m X 100 m) **ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Resample**. Mapa en (**Anexo 40**).

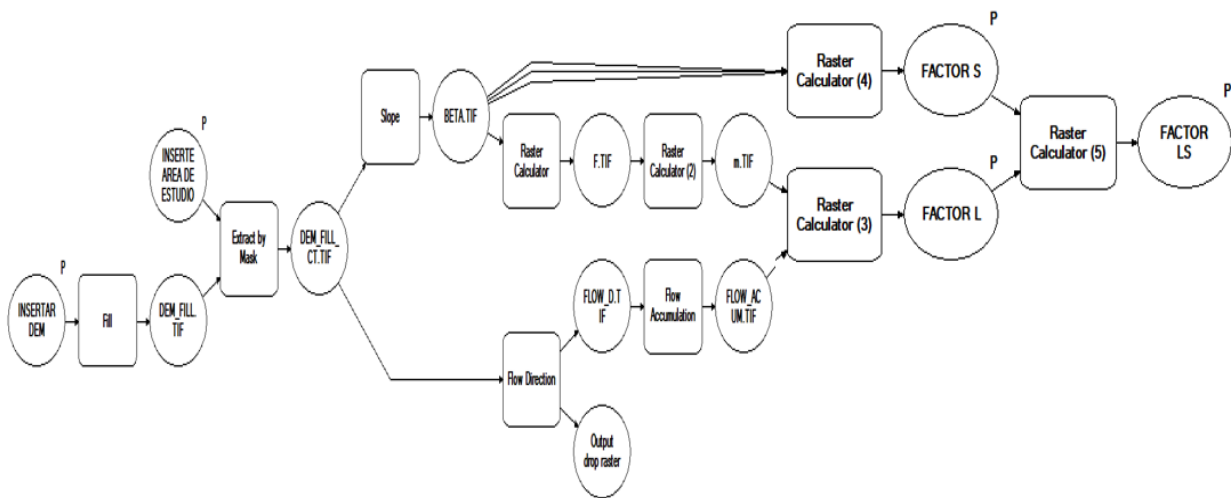


Figura 16: Uso de ModelBuilder para calcular el Factor LS
Fuente: Elaboración propia

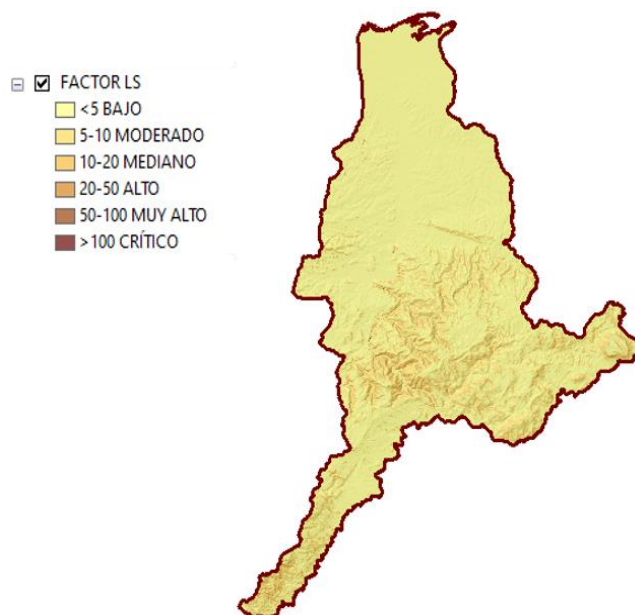


Figura 17: Representación gráfica del Factor LS
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4. *Obtención del factor cobertura vegetal (Factor C)*

El factor cobertura vegetal se trabajó con las imágenes satelitales obtenidas del Landsat 7 y 8 como se muestra en el **Ítem 3.3.1.4**, para ello se utilizó la metodología planteada por (Almagro et al, 2019), este método nos dice que para obtener el NDVI de cierto año se debe considerar las estaciones secas y húmedas, es decir que se procesaron las imágenes satelitales en temporada humedad (verano y otoño) y temporada seca (invierno y primavera) y con ello promediar el NDVI para dicho año. Se utilizó el software ArcGis 10.5 desarrollando el siguiente proceso:

- a) Ya que el área en estudio abarca dos escenas es necesario realizar un mosaico de ambas, cabe mencionar que en todo el proceso se va a trabajar únicamente con dos bandas (B3 y B4 para Landsat 7 y B4 y B5 para Landsat 8) **ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Dataset > Mosaic To New Raster.**
- b) Seguidamente realizar el cálculo del NDVI con la **Ec.(17)**, este procedimiento va a depender del satélite **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación: $\text{Float}(\text{"B4_H_CT.TIF"} - \text{"B3_H_CT.TIF"}) / \text{Float}(\text{"B4_H_CT.TIF"} + \text{"B3_H_CT.TIF"})$
- c) Teniendo los NDVI para cada temporada, le sacamos el promedio **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación: $(\text{"NDVI_S.TIF"} + \text{"NDVI_H.TIF"}) / 2$
- d) Ahora calculamos el factor C de acuerdo con la **Ec.(18)** **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator.** Argumento de ecuación: $0.1 * ((-\text{"NDVI_2000.TIF"} + 1) / 2)$.
- e) Finalmente le damos el valor de celda (pixel) con el que se está trabajando (100 m X 100 m) **ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Resample.** Mapas en (**Anexo 41 - 45**).

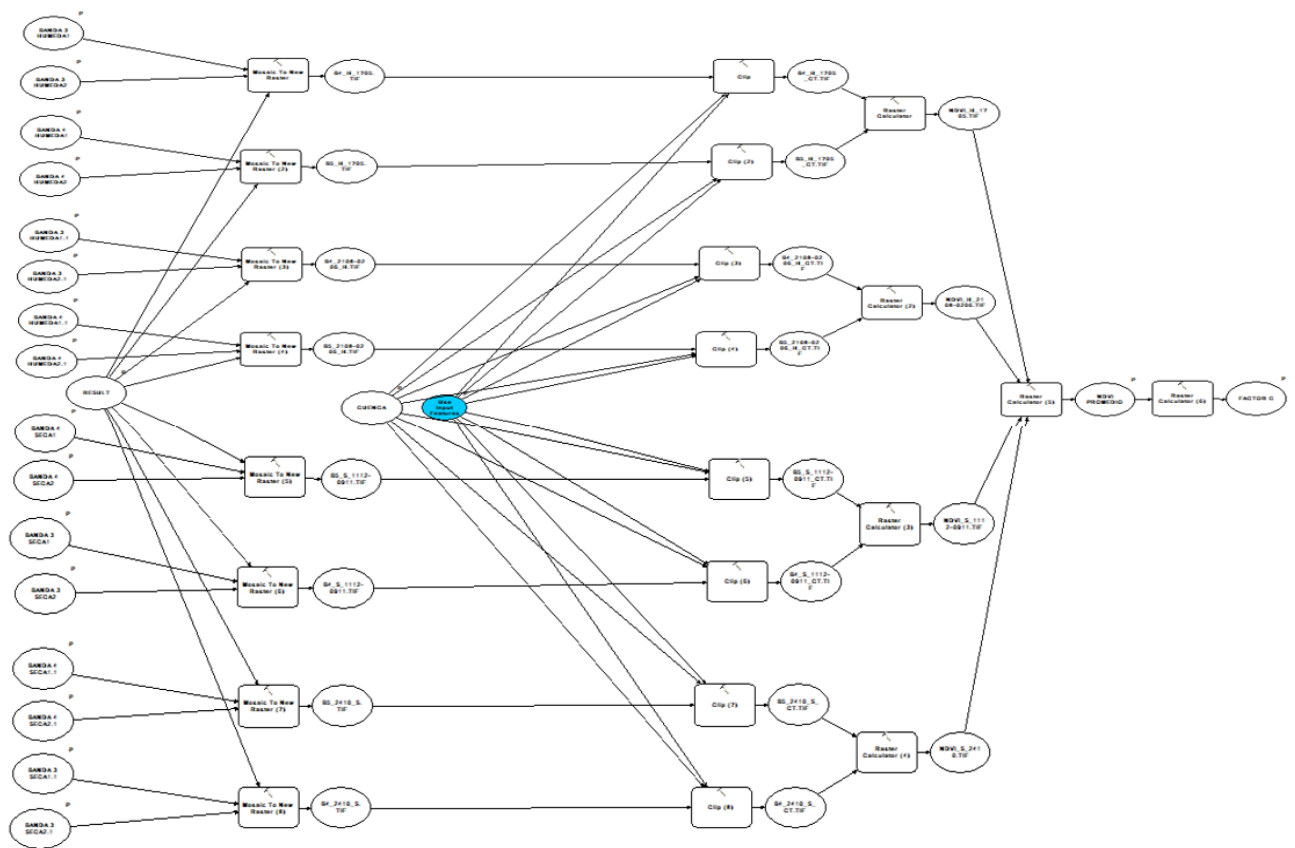


Figura 18: Uso de ModelBuilder para calcular el Factor C
Fuente: Elaboración propia

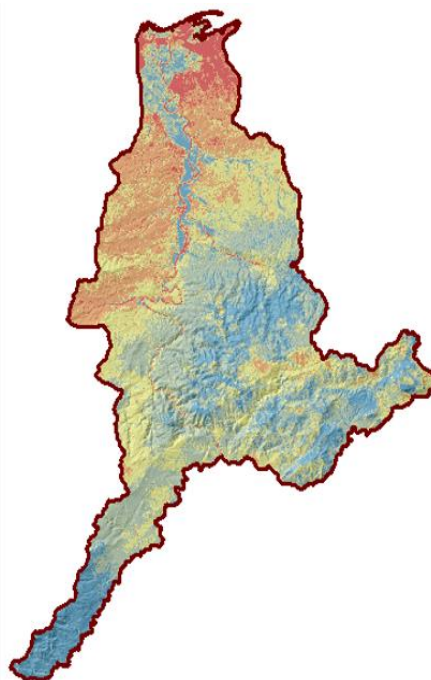
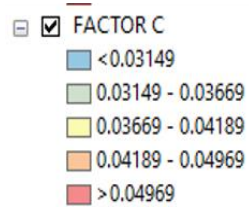


Figura 19: Representación gráfica del Factor C – (Año – 2000)
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5. Obtención del Factor P

En varios estudios realizados en cuencas y microcuencas en el Perú, se da 1 como valor para el factor P, debido a que no se cuenta con la información necesaria de estas prácticas o caso contrario no se hacen, es así que se utilizó este valor 1 para no reducir la precisión de la ecuación (Peralta, 2016) citado por (Morante & Gonzales, 2019).

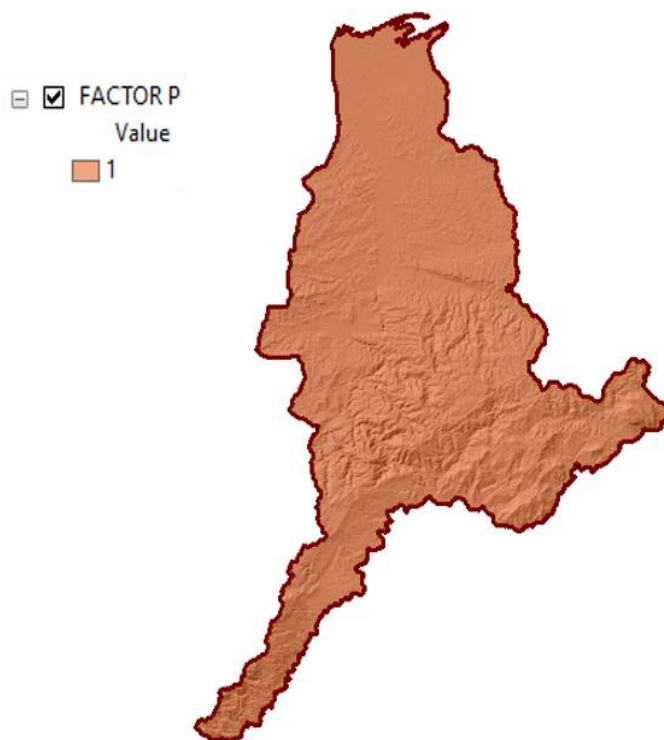


Figura 20: Representación gráfica del Factor P
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.6. Obtención de la erosión hídrica actual y potencial

Para producir el mapa anual de erosiones, se empleó el Software ArcGis, luego de haber obtenido los factores R, K, LS, C y P necesarios para la ecuación RUSLE, todos ellos con una resolución de celda de 100 metros, se llevó a cabo el modelado geoespacial. Para integrar las variables, se utilizó la función Raster Calculator, multiplicando los parámetros obtenidos **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Mapas de erosión potencial en (**Anexo 48 - 70**).y mapas de erosión actual en (**Anexo 72 - 94**).

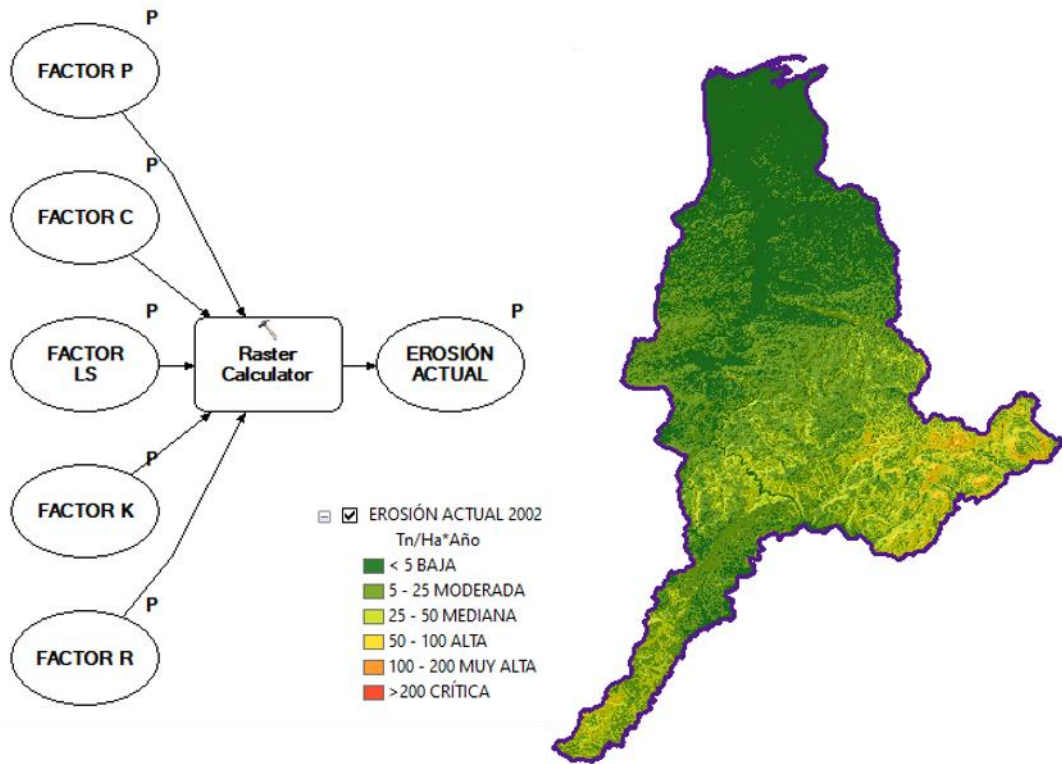


Figura 21: Uso de ModelBuilder para calcular la Erosión Hídrica Actual_EA (Año-2000)
Fuente: Elaboración propia

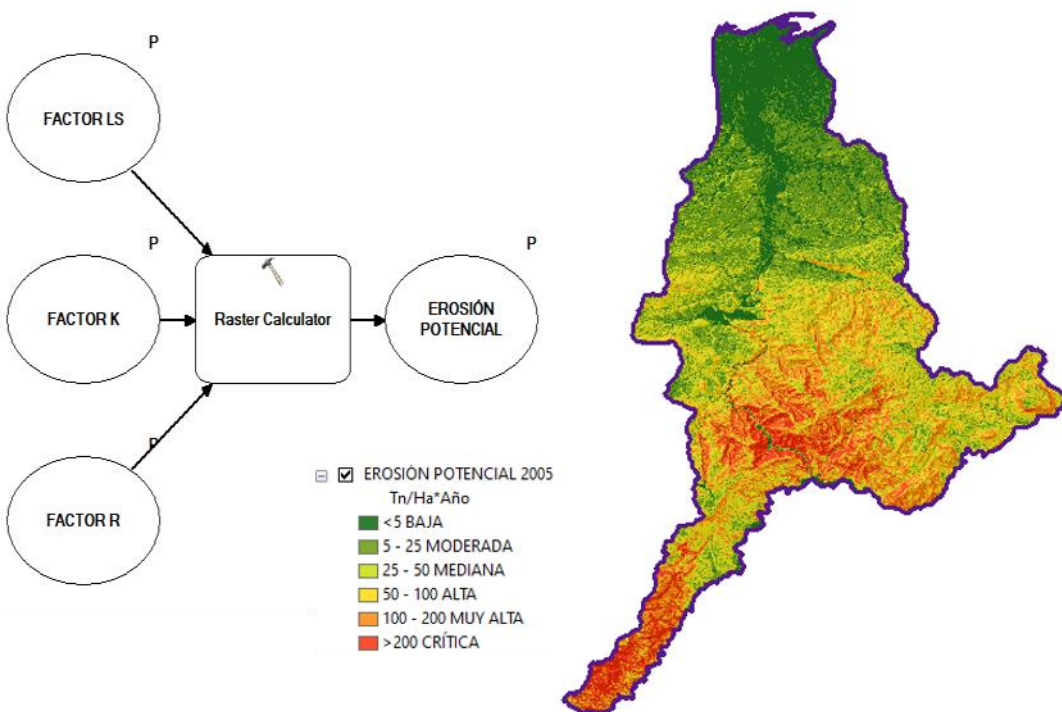


Figura 22: Uso de ModelBuilder para calcular la Erosión Hídrica Potencial_EP (Año-2005)
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE LAS VARIABLES

4.1.1. FACTOR R (EROSIVIDAD DE LA LLUVIA)

Se presenta en la (**Tabla 11**) la información correspondiente al factor de erosividad de la lluvia para cada estación y año de estudio. Se puede observar que el valor máximo se encuentra en la estación "V1", con un registro de 24 385,52 Mj*mm/Ha*Hr*Año en el año 2001. Por otro lado, el valor mínimo se evidencia en la estación "Cañaverall", con un registro de 22,27 Mj*mm/Ha*Hr*Año en el año 2022.

Tabla 11: Factor R para cada estación y por cada año de análisis.

AÑO	CAMPAMENTO SEDE	ESTACIONES						
		LA CRUZ	EL TIGRE	CABO INGA	CAÑAVERAL	MATAPALO	V1	V2
2000	292,27	240,19	858,67	2 360,45	353,73	2 188,90	3 131,14	3 977,11
2001	1 660,42	2 476,94	3 470,26	5 155,87	2 375,66	2 809,15	24 385,52	3 745,73
2002	3 335,43	1 731,15	3 670,06	6 211,30	3 295,30	2 025,74	12 254,31	21 198,41
2003	231,43	55,84	553,01	1 351,44	132,70	628,98	1 337,01	888,59
2004	226,82	187,47	782,36	1 162,72	261,72	878,69	845,09	1 041,37
2005	333,25	234,94	873,91	2 465,14	128,52	1 003,41	2 775,53	955,40
2006	3 706,68	1 864,31	3 964,09	4 655,87	1 871,13	7 990,93	12 579,33	4 461,76
2007	440,05	709,68	602,81	1 967,93	792,88	2 721,09	4 724,42	1 701,49
2008	2 690,10	2 792,96	3 230,57	4 950,48	2 117,86	4 387,26	16 750,39	6 915,39
2009	1 422,66	1 625,95	2 054,24	5 602,83	1 890,46	2 527,21	7 705,43	11 106,78
2010	1 779,07	1 112,62	1 678,63	5 942,80	1 082,47	2 849,35	6 084,53	4 072,55
2011	150,12	446,37	709,48	6 776,67	771,47	1 612,07	1 266,04	9 061,62
2012	938,60	708,99	2 233,61	7 024,80	2 915,76	1 945,61	20 352,54	10 870,92
2013	644,53	803,34	1 238,15	2 306,02	1 706,08	4 226,96	5 700,52	1 136,38
2014	200,76	100,14	320,84	982,19	153,77	816,44	265,05	228,08
2015	5 332,38	2 294,22	3 157,04	6 486,17	3 255,67	4 879,16	11 824,13	4 244,38
2016	2 362,46	1 439,27	3 616,92	4 444,00	1 869,38	5 189,62	6 518,28	6 693,13
2017	3 504,59	5 063,11	2 911,83	7 815,91	1 667,03	4 966,16	7 238,23	9 443,35
2018	115,27	197,95	674,30	357,29	112,44	763,05	142,66	266,06
2019	415,21	605,78	1 874,49	3 194,10	968,09	3 464,95	4 268,29	2 883,75
2020	1 093,76	458,67	1 029,32	865,52	327,01	1 395,44	2 599,01	1 420,74
2021	355,72	285,10	1 527,19	1 524,91	915,76	1 695,26	6 111,29	1 898,41
2022	407,20	113,15	304,99	1 261,73	22,27	1 177,93	3 604,90	1 468,36

Fuente: Elaboración propia

La (**Figura 23**), muestra los valores del factor R promedio por cada año de estudio, donde podemos observar que el valor máximo promedio obtenido 7 371,60 Mj*mm/Ha*Hr*Año para el año 2002, por otro lado, el valor mínimo promedio 362,62 Mj*mm/Ha*Hr*Año lo encontramos en el año 2018.

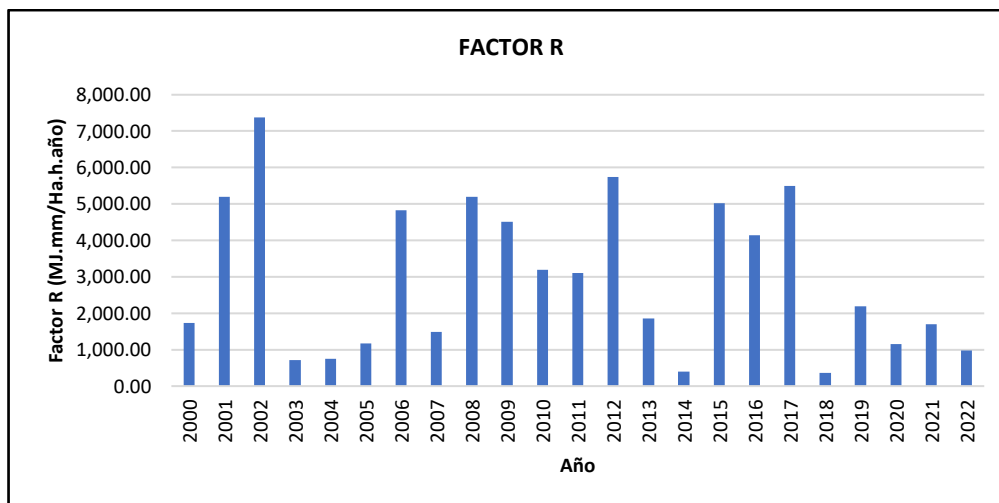


Figura 23: Factor R promedio para los 23 años de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados sobre el factor R promedio para las 8 estaciones meteorológicas durante los 23 años de estudio se encuentra en la (Tabla 12) y la (Figura 24). La estación "V1" presenta el valor máximo promedio de 7 063,64 Mj*mm/Ha*Hr*Año, mientras que el valor mínimo promedio de 1 110,79 Mj*mm/Ha*Hr*Año se registra en la estación "La Cruz". Además, se muestra una relación consistente entre la precipitación total anual y el factor R, con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,70$) como se puede observar en la figura. (Figura 25).

Tabla 12: Valores promedio del Factor R, en las 8 estaciones meteorológicas.

ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m)	MPA (mm)	Factor R (MJ.mm/Ha.Año)
CAMPAMENTO SEDE	17	305,89	1 375,60
LA CRUZ	6	256,97	1 110,79
EL TIGRE	45	479,70	1 797,25
CABO INGA	231	835,55	3 689,83
CAÑAVERAL	133	317,84	1 260,31
MATAPALO	62	700,85	2 701,88
V1	972	806,56	7 063,64
V2	527	884,59	4 768,68

Fuente: Elaboración propia.

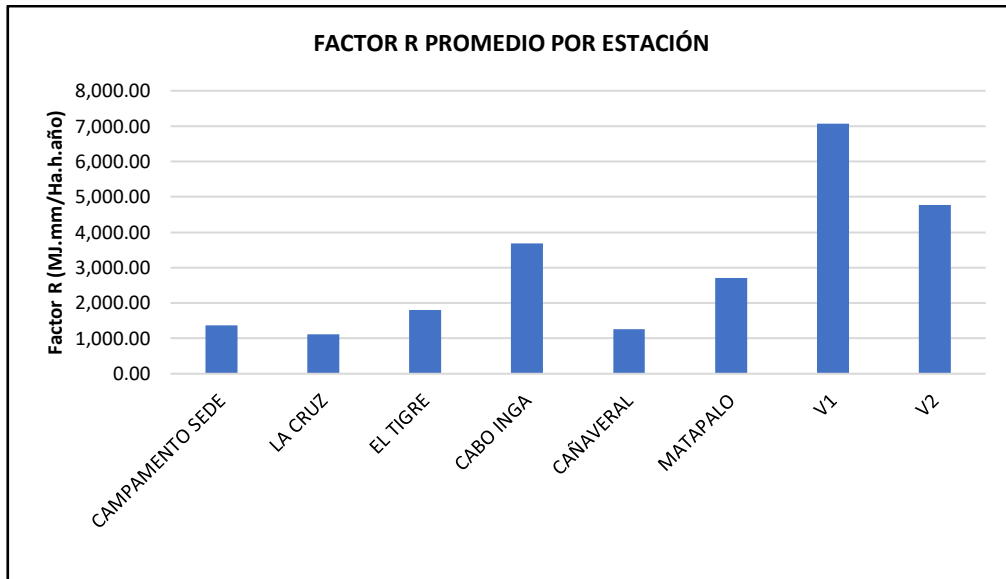


Figura 24: Factor R promedio por estación meteorológica.
Fuente: Elaboración propia.

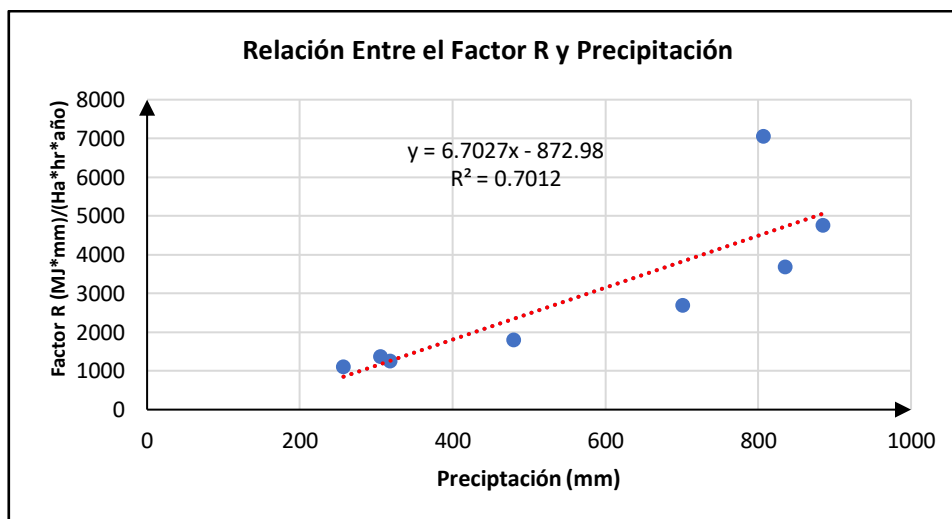


Figura 25: Relación entre el factor R y la precipitación
Fuente: Elaboración propia

En la (Tabla 13) y la (Figura 26), se muestran los resultados del factor R por área y porcentaje para la cuenca Tumbes (zona estudiada) con valores de agresividad de la lluvia de 1 500 a 3 000 Mj*mm/Ha*Hr*Año que abarca un área de 49,85% (82 919,95 Ha) siendo las zonas con altitud promedio y mayor a 6 000 Mj*mm/Ha*Hr*Año con una área de 4,49% (7 468,83 Ha) para las zonas con mayor altitud, con lo que se puede decir que el factor erosividad de la lluvia es un factor determinante en esta cuenca.

Tabla 13: Valores del Factor R promedio (2000-2022)

Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	< 1500		12 792,54	7,69
3	1500 - 3000		82 919,95	49,85
4	3000 - 4500	Muy Alto	51 184,91	30,77
5	4500 - 6000		11 961,70	7,19
2	> 6000		7 468,83	4,49
Total			166 327,93	100

Fuente: Elaboración propia

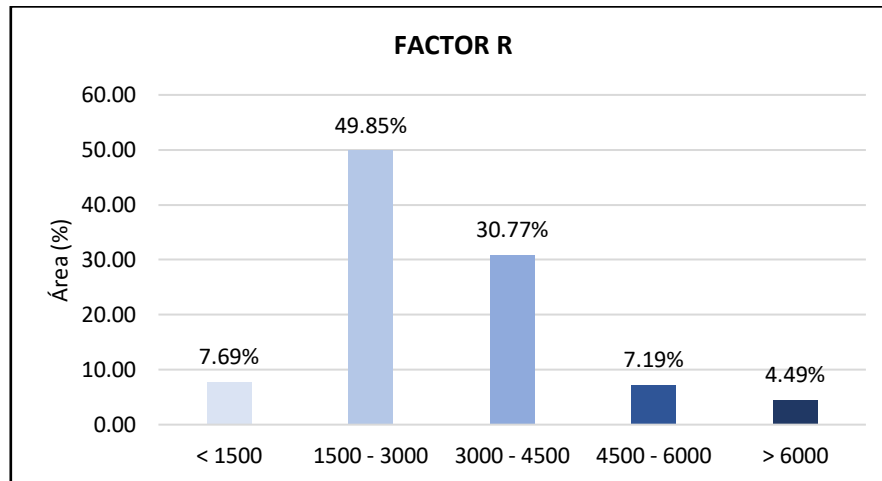


Figura 26: Factor R promedio

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. FACTOR K (ERODABILIDAD DEL SUELO)

La (Tabla 14) y (Figura 27), muestra la distribución de los niveles de Factor K en el ámbito de estudio, se aprecia que los valores de 0,01521 a 0,01548 Ton*ha*h/Mj*mm*ha son los que predominan con 29,54% (49 138,45 Ha) de los suelos, por consiguiente, los valores de 0,00140 a 0,01483 Ton*ha*h/Mj*mm*ha representan el 5,37% (8 929,21 Ha), todos estos valores bajo la clasificación de suelos de poca erodabilidad.

Tabla 14: Valores del Factor K representativos de la cuenca Tumbes.

Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	0.001406 - 0.01483		8929.21	5.37
2	0.01484 - 0.01520		28358.96	17.05
3	0.01521 - 0.01548	Muy poco erodable	49138.45	29.54
4	0.01549 - 0.01579		48229.31	29.00
5	0.0158 - 0.01633		31672.02	19.04
Total			166327.93	100.00

Fuente: Elaboración propia

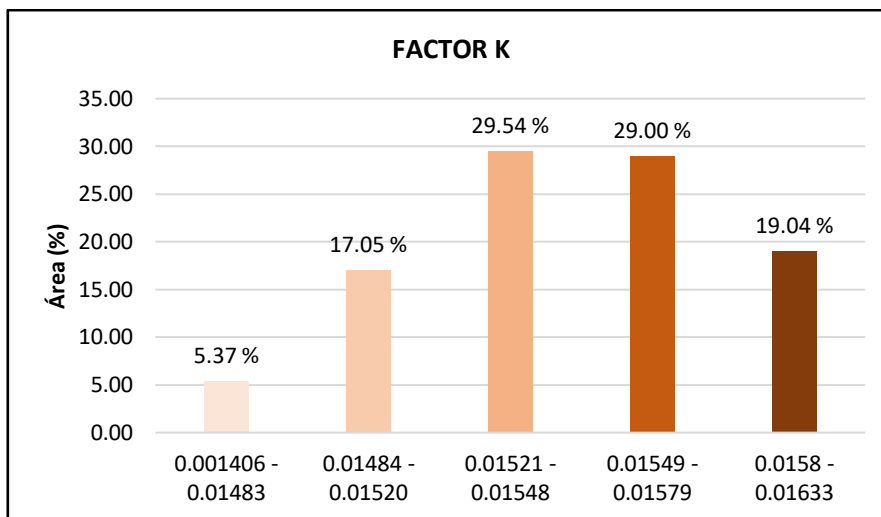


Figura 27: Distribución del factor K
Fuente: Elaboración propia

La (Tabla 15) y la (Figura 28) presentan la clasificación textural del suelo y sus valores de erodabilidad en la cuenca. Se observa la distribución geométrica en hectáreas y se destaca que el 43,89% del área total está compuesto por suelo Franco Arcillo Arenoso (FAa) con un factor de 0,01560 y en menor proporción el 24,70% representando un suelo Arcilloso con un factor de 0,01542, todo esto pone en evidencia la alta erodabilidad de los suelos de textura fina.

Tabla 15: Distribución del factor K en relación con las clases texturales.

Nro.	Textura	Factor K	Área (Ha)	Área (%)
1	Franco Arcillo Arenoso	0,01560	72 995,86	43,89
2	Franco Arenoso	0,01535	52 254,93	31,42
3	Arcilloso	0,01542	41 077,14	24,70
Total			166 327,93	100,00

Fuente: Elaboración propia

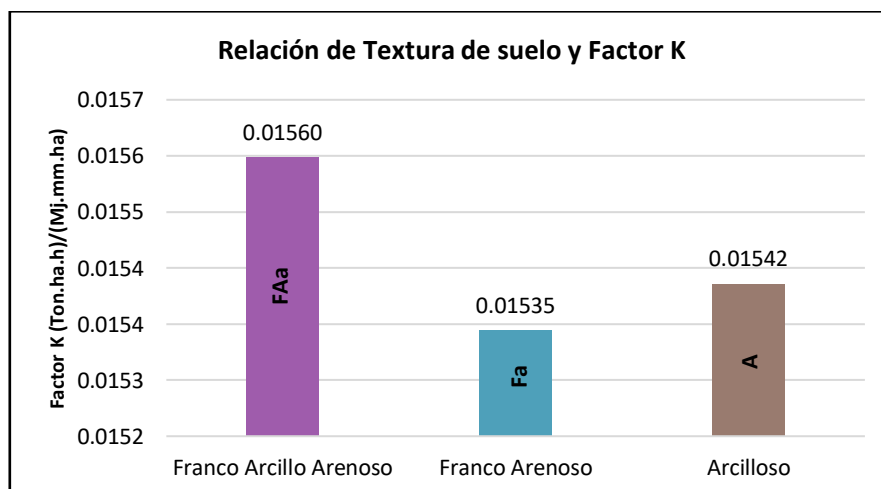


Figura 28: Representación gráfica de la textura de suelo y factor K.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. FACTOR LS (TOPOGRAFÍA)

La (Tabla 16) y la (Figura 29) reflejan los resultados del factor LS, donde un 77,91% (129 585,66 Ha), evidencian valores bajos ubicados en la parte media y baja de la cuenca, esto debido a que las zonas son llanas, mientras que un 0,01% (10,37 Ha) presentan valores críticos en la parte alta de la cuenca en relación a las áreas empinadas que se muestran en esa zona.

Tabla 16: Resultados del Factor LS en la zona de estudio.

Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<5	BAJO	129 585,66	77,91
2	5 - 10	MODERADO	32 405,70	19,48
3	10 - 20	MEDIANO	4 265,03	2,56
4	20 - 50	ALTO	51,79	0,03
5	50 - 100	MUY ALTO	9,37	0,01
6	>100	CRÍTICO	10,37	0,01

Fuente: Elaboración propia

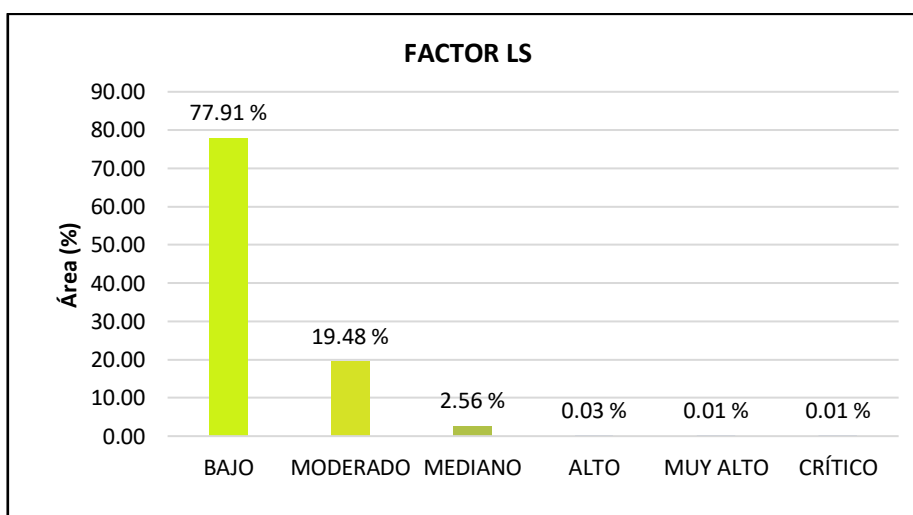


Figura 29: Representación gráfica del factor LS

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, podemos evidenciar en la (Figura 30), la relación que existe entre la variable dependiente (pendiente %) siendo explicada por la variable independiente (Factor LS) con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,996$.

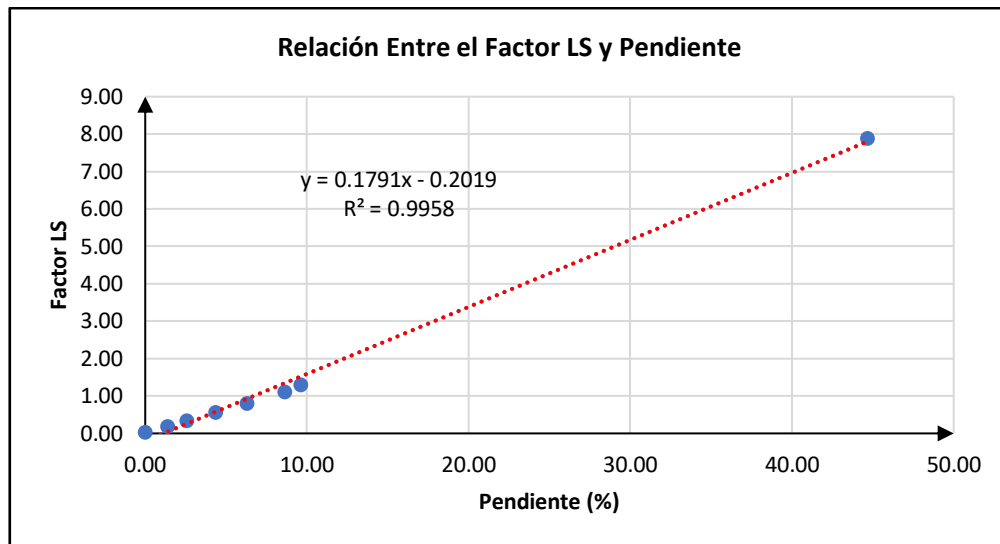


Figura 30: Relación entre factor LS y la pendiente
Fuente: Elaboración propia

4.1.4. FACTOR C (COBERTURA VEGETAL)

Teniendo en cuenta el Índice Normalizado de Diferencias de Vegetación (NDVI), como se exhibe en la (Tabla 17) y la (Figura 31), se puede evidenciar que para el rango de estudio la vegetación mediana (VM) es la que se hace más recurrente con un valor máximo de 76,95% (127 984,87 Ha) para el año 2010, por otra parte, para el año 2005 se presentó el valor mínimo de 43,35% (72 100,60 Ha).

Tabla 17: Valores del NDVI para el año 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

Año 200					Año 2005				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)	Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.01	Nubes y Agua (NA)	8618.77	5.18	1	<0.01	Nubes y Agua (NA)	19177.79	11.53
2	0.01 - 0.1	Suelos sin Vegetación (SV)	10299.22	6.19	2	0.01 - 0.1	Suelos sin Vegetación (SV)	29453.68	17.71
3	0.1 - 0.2	Vegetación Ligera (VL)	29055.82	17.47	3	0.1 - 0.2	Vegetación Ligera (VL)	40779.62	24.52
4	0.2 - 0.4	Vegetación Mediana (VM)	99422.81	59.78	4	0.2 - 0.4	Vegetación Mediana (VM)	72100.60	43.35
5	>0.4	Vegetación Alta (VA)	18931.31	11.38	5	>0.4	Vegetación Alta (VA)	4816.24	2.90
Total			166327.93	100	Total			166327.93	100

Año 2010					Año 2015				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)	Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.01	Nubes y Agua (NA)	4503.12	2.71	1	<0.01	Nubes y Agua (NA)	2153.72	1.29
2	0.01 - 0.1	Suelos sin Vegetación (SV)	2796.26	1.68	2	0.01 - 0.1	Suelos sin Vegetación (SV)	2018.75	1.21
3	0.1 - 0.2	Vegetación Ligera (VL)	12469.60	7.50	3	0.1 - 0.2	Vegetación Ligera (VL)	23491.21	14.12
4	0.2 - 0.4	Vegetación Mediana (VM)	127984.87	76.95	4	0.2 - 0.4	Vegetación Mediana (VM)	104619.84	62.90
5	>0.4	Vegetación Alta (VA)	18574.08	11.17	5	>0.4	Vegetación Alta (VA)	34044.40	20.47
Total			166327.93	100	Total			166327.93	100

Año 2020				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.01	Nubes y Agua (NA)	1493.54	0.90
2	0.01 - 0.1	Suelos sin Vegetación (SV)	3022.17	1.82
3	0.1 - 0.2	Vegetación Ligera (VL)	40416.46	24.30
4	0.2 - 0.4	Vegetación Mediana (VM)	110177.57	66.24
5	>0.4	Vegetación Alta (VA)	11218.20	6.74
Total			166327.93	100

Fuente: Elaboración propia



Figura 31: Representación gráfica de los valores de NDVI
Elaboración propia

En la siguiente (Tabla 18) y la (Figura 32) se revelan los registros que adquiere C a lo largo del área de investigación, teniendo como valor máximo 50,08% (83 292,48 Ha) con un valor de Factor C de 0,03149 a 0,03669 presente en el año 2010, por otra parte en menor proporción con 0,79% (1 312,80 Ha) con un valor mayor a 0,04969 evidenciado en el año 2020, todos estos bajo la clasificación de alto, relacionado con el tipo de cobertura (Anexo 13) donde el mayor porcentaje de la cuenca es ocupada por bosque seco de montaña con un 34,64% del área total en la parte media y alta, además en menor porcentaje 0,011% de estero en la parte baja de la cuenca.

Tabla 18: Valores del factor C para el año 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

Año 200					Año 2005				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)	Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.03149		28468.38	17.12	1	<0.03149		12883.73	7.75
2	0.03149 - 0.03669		59130.94	35.55	2	0.03149 - 0.03669		37430.72	22.50
3	0.03669 - 0.04189	Alto	43233.00	25.99	3	0.03669 - 0.04189	Alto	45498.48	27.35
4	0.04189 - 0.04969		27488.38	16.53	4	0.04189 - 0.04969		52998.42	31.86
5	>0.04969		8007.22	4.81	5	>0.04969		17516.59	10.53
Total			166327.93	100	Total			166327.93	100

Año 2010					Año 2015				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)	Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.03149		33661.52	20.24	1	<0.03149		55771.41	33.53
2	0.03149 - 0.03669		83292.48	50.08	2	0.03149 - 0.03669		59415.04	35.72
3	0.03669 - 0.04189	Alto	37039.22	22.27	3	0.03669 - 0.04189	Alto	38488.80	23.14
4	0.04189 - 0.04969		8000.10	4.81	4	0.04189 - 0.04969		10605.47	6.38
5	>0.04969		4334.61	2.61	5	>0.04969		2047.20	1.23
Total			166327.93	100	Total			166327.93	100

Año 2020				
Nro.	Rango	Clasificación	Área (Ha)	Área (%)
1	<0.03149		22899.87	13.77
2	0.03149 - 0.03669		58274.94	35.04
3	0.03669 - 0.04189	Alto	62497.26	37.57
4	0.04189 - 0.04969		21343.06	12.83
5	>0.04969		1312.80	0.79
Total			166327.93	100

Fuente: Elaboración propia

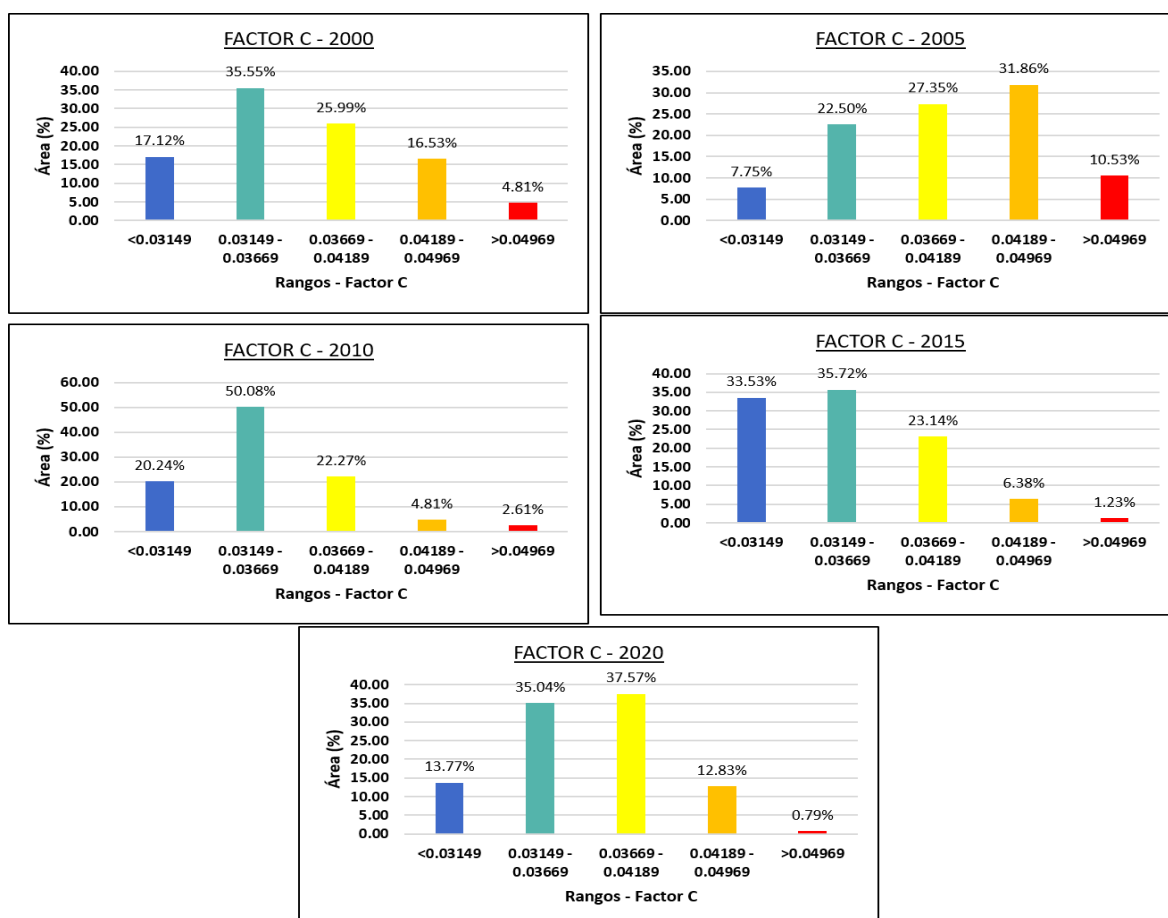


Figura 32: Representación gráfica de los valores del Factor C

Fuente: Elaboración propia

En la **(Figura 33)**, podemos apreciar un coeficiente máximo de determinación $R^2 = 0,997$ para el año 2010 y un coeficiente mínimo de $R^2 = 0,949$ para el año 2020, para todos los años estudiados se les considera que existe una relación entre la variable dependiente (NDVI) siendo explicada por la variable independiente (Factor C).

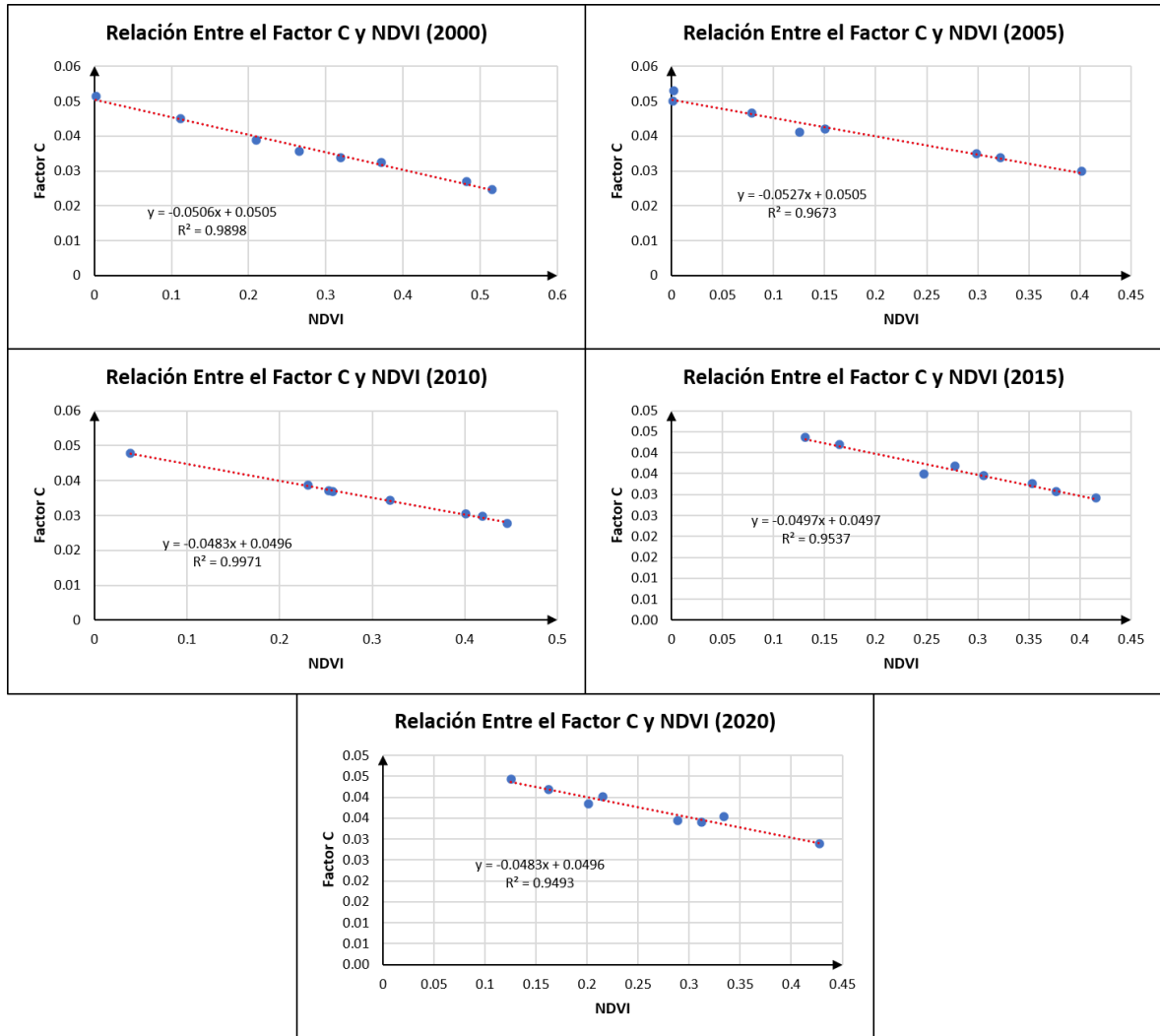


Figura 33: Relación entre el NDVI y el Factor C, para los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.
Fuente: Elaboración propia

4.1.5. FACTOR P (SUELO)

Como se puso en manifiesto en el **Ítem 3.3.2.5** se dio el valor de 1, para no reducir la precisión de la ecuación.

4.1.6. EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL

De las (Tabla 19 y 20) y de las (Figura 34 y 35), se observa la pérdida de suelo por erosión hídrica actual y potencial, es oportuno aclarar que para este cálculo de la última no se tomó en cuenta el uso factor c ni tampoco el factor p, en este sentido se aprecia que el nivel máximo promedio de erosión actual y potencial 14.36 y 420.44 Tn/Ha/Año respectivamente se obtuvieron en el año 2002 y el valor mínimo de erosión actual y potencial 0.02 y 18.32 Tn/Ha/Año para el año 2010 y 2018 respectivamente, cabe resaltar los 4 primeros valores máximos se dieron en el año 2002, 2008, 2012 y 2017, presentando un escenario crítico, debido a las altas precipitaciones tal es el caso del niño costero.

Tabla 19: Pérdida de suelo por erosión potencial

Pérdida de suelo por año del periodo 2000 - 2022 Tn/Ha*Año	
2000	101,89
2001	301,07
2002	420,44
2003	41,13
2004	41,52
2005	68,31
2006	253,71
2007	84,94
2008	289,16
2009	261,18
2010	180,25
2011	190,63
2012	348,38
2013	102,87
2014	21,91
2015	260,54
2016	223,56
2017	296,51
2018	18,32
2019	124,98
2020	58,96
2021	97,43
2022	57,55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Pérdida de suelo por erosión actual

Pérdida de suelo por año del periodo 2000 - 2022 Tn/Ha*Año	
2000	3,47
2001	10,00
2002	14,36
2003	1,41
2004	1,43
2005	2,59
2006	0,04
2007	3,20
2008	10,92
2009	9,70
2010	0,02
2011	6,28
2012	11,51
2013	3,44
2014	0,73
2015	8,47
2016	7,18
2017	9,50
2018	0,60
2019	4,02
2020	2,08
2021	3,44
2022	2,01

Fuente: Elaboración propia

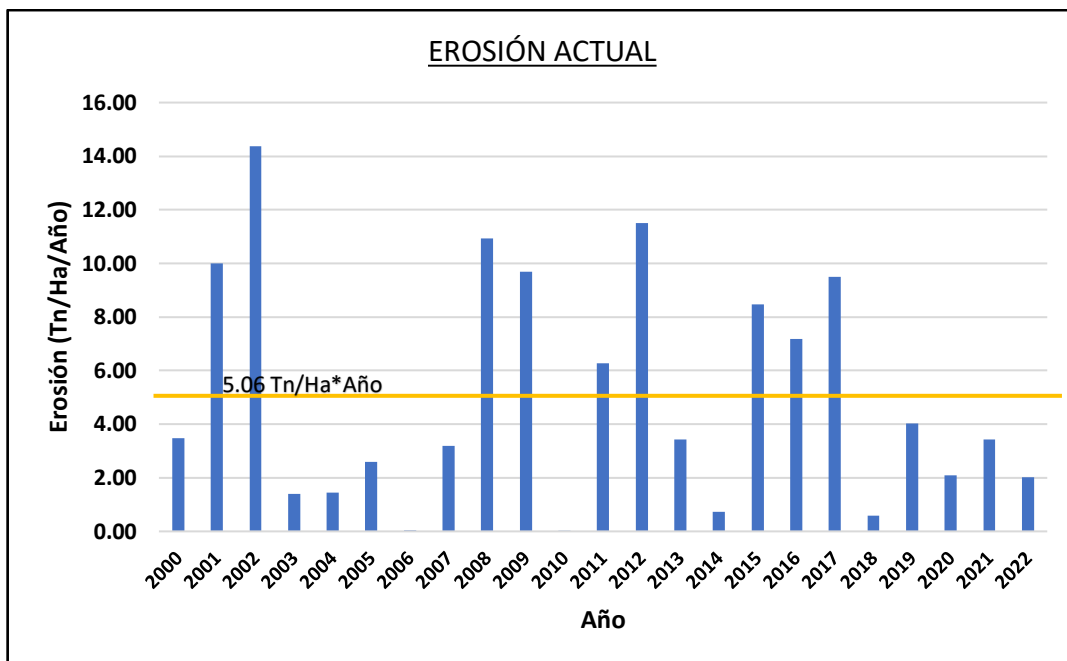


Figura 34: Erosión Actual promedio para los 23 años de estudio
Fuente: Elaboración propia

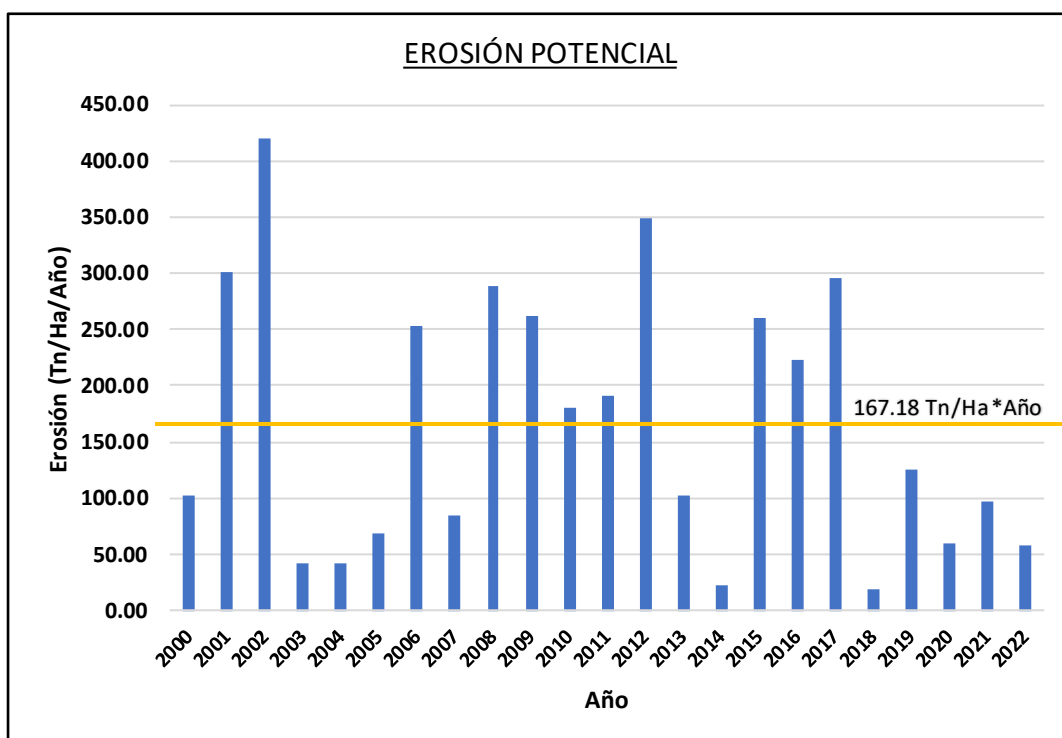


Figura 35: Erosión Potencial promedio para los 23 años de estudio
Fuente: Elaboración propia

La (Tabla 21) y la (Figura 36), exhiben la erosión hídrica actual y potencial, donde; los rangos de erosión baja (< 5 Tn/Ha/Año) alcanza un 58,16% para la erosión actual (96 738,12 Ha) de forma contraria los niveles de erosión crítica (>200 Tn/Ha/Año) alcanza un 31,92% para la erosión potencial (53 085,80 Ha), si resaltamos estos resultados con el mapa obtenido, podemos ubicar que la erosión

baja en mayor porcentaje se da en las zona media y baja de la cuenca, sin embargo los niveles de erosión crítica se desarrollan principalmente en la cabecera de la cuenca, esto debido a las altas precipitaciones y pendientes que se involucran en esa zona.

Tabla 21: Niveles de erosión hídrica actual y potencial a nivel de cuenca.

Nro.	Rango	Clasificación	Erosión Actual		Erosión Potencial	
			Área (Ha)	Área (%)	Área (Ha)	Área (%)
1	< 5	Baja	96 738,12	58,16	13 487,34	8,11
2	5 - 25	Moderada	65 919,43	39,63	23 438,46	14,09
3	25 - 50	Mediana	2 410,35	1,45	20 475,90	12,31
4	50 - 100	Alta	438,03	0,26	25 463,62	15,31
5	100 - 200	Muy alta	412,49	0,25	30 376,80	18,26
6	> 200	Crítica	409,51	0,25	53 085,80	31,92
Total			166 327,93	100	166 327,93	100

Fuente: Elaboración propia

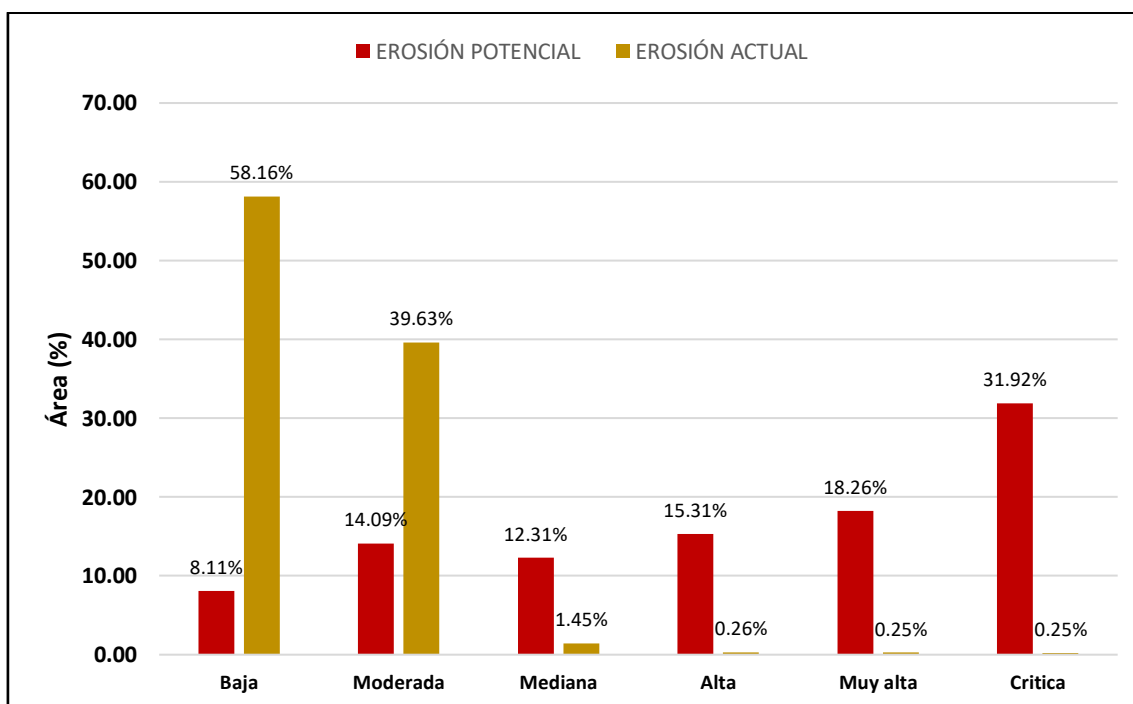


Figura 36: Niveles de erosión hídrica actual y potencial a nivel de cuenca.

Fuente: Elaboración propia

4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados del factor R en este estudio de la cuenca del río Tumbes fueron obtenidos a través de 8 estaciones meteorológicas, cuyos valores oscilan entre 1 274,63 a 7 063,55 $Mj*mm/Ha*Hr*Año$. ver (**Anexo 38**), (Moreno, 2017) considera que valores mayores a 1000 $Mj*mm/Ha*Hr*Año$ toman la clasificación de “muy alto”, donde claramente podemos asumir que la agresividad por las lluvias está presente en toda la zona de estudio, haciéndose más pronunciada en las zonas altas donde se presentan módulos pluviométricos anuales (MPA) que llegan a 800 mm ver (**Anexo 11**), estando de acuerdo con (Atauje, 2018) donde señala que, “en las zonas de mayor altitud las precipitaciones son mayores”, a todo esto se puede evidenciar que existe una relación estrecha entre el factor r y la precipitación ($R^2=0,70$) ver (**Figura 25**), tal como lo menciona (Ramírez, 2007) citado por (Atauje, 2018), “que existe una conexión clara entre la erosividad y la cantidad de precipitación anual. Esta relación se deriva de la definición misma del índice de erosividad; de la misma forma (Mendes et al., 2018) acotan que, “el factor R se ve influenciado por la topografía y variación climática regional, con mayor erosividad asociada a las mayores altitudes”. Por otra parte, en el estudio realizado por (Dioses & Pérez, 2018) para la cuenca del río Piura, obtuvieron valores para el factor de erosividad R de 1 500,67 a 10 582,07 $Mj*mm/Ha*Hr*Año$, por lo que se puede inferir que estos resultados son similares a los de esta investigación, ya sea porque ambas cuencas se encuentran en la región hidrográfica del Pacífico, el método utilizado de Wischmeir y Smith (1978), el uso de los SIG y el registro de precipitaciones.

Respecto al factor de erosionabilidad K, los valores resultantes oscilan en el rango de 0,00140 a 0,01633 $Ton*ha*h/Mj*mm*ha$ ver (**Anexo 39**), según la clasificación USDA (1962), citado por (Amezquita, 1990) toma en cuenta que, para valores menores a 0.0775 se la atribuye la clasificación de “Muy poco erodable”, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Camacho et al., 2022) para la cuenca Cumbaza con valores que oscilan entre 0,0145 a 0,0168 $Ton*ha*h/Mj*mm*ha$, los valores más bajos de erosionabilidad corresponden a suelos de textura arcillo arenoso y franco arcillo arenoso y los valores medios a suelos de textura franco, concordando así con los resultados obtenidos ver (**Tabla 15**) donde el valor promedio para los suelos de textura fina (arcilloso) y modernamente fina (franco

arcillo arenoso) fueron de 0,01542 y 0,01560 Ton*ha*h/Mj*mm*ha respectivamente, sin embargo para suelos de textura gruesa (franco arenoso) fue de 0,01535 Ton*ha*h/Mj*mm*ha, esto a su vez da a entender que los suelos de textura fina van a tender a ser más erosionables debido a que su permeabilidad será menor por su contenido de microporos, es decir se produce una mayor escorrentía, lo contrario sucede en los suelos de textura gruesa, este argumento concuerda con (Castillo & Rojas, 2019) en su investigación para la subcuenca Huancay, indicando que la arcilla es más resistente al agua, porque la arena posee mayor porosidad, entonces el agua puede infiltrarse haciendo más rápido el desprendimiento y transporte de esta.

La distribución espacial del factor LS en la zona de estudio generó datos adimensionales que están entre 0,030 a 224,91 ver (**Anexo 40**), presentándose los valores más altos precisamente en zonas con mayor longitud y pendiente, esto a su vez lo explica (Velásquez, 2008) citado por (Valdez, 2014) dejando en manifiesto que, “mientras mayor sea la longitud, mayor será el recorrido de una gota de lluvia hasta llegar al punto donde se encuentran el flujo junto al suelo desprendido” por otra parte, según la clasificación del instituto espacial ecuatoriano (IEE) citado por (Moreno, 2017) podemos apreciar (**Tabla 16**) que más del 50% se encuentra bajo la clasificación de “Bajo” seguido de “Moderado” y solo el 0,01% (19,74 Ha) bajo la clasificación de “Muy Alto” a “Crítico”, de esto podemos inferir que el factor LS presenta una influencia poco considerada en las zona media y baja de la cuenca con pendientes de 0 a 70 %. Los resultados de esta investigación están dentro del rango obtenido por (Castillo & Rojas, 2019) con valores de 0 a 854 para la subcuenca Huancay, de la misma forma (Alvarez, 2019) en su investigación para la subcuenca Ichu obtiene valores de 0,03 a 550,7, a su vez ambos concuerdan que los valores más altos se presentan en la cabecera de cuenca, además estas dos investigaciones utilizaron la metodología planteada por Desmert y Grove (1996) concluyendo así que existe una relación directa entre el factor LS y la pendiente ($R^2 = 0,996$) ver (**Figura 30**) tal como lo menciona (Mancilla, 2008) citado por (Atauje, 2018).

El valor del factor C varía en función del tipo de uso y la cubierta vegetal, siendo las áreas boscosas o de plantaciones forestales las que presentan el menor valor. Esto se debe a que la presencia de estas coberturas vegetales proporciona un mejor

amortiguamiento de las gotas de lluvia y una mayor capacidad de interceptación. Además, estas áreas cuentan con una distribución de raíces más efectiva, con raíces más profundas que proporcionan un mejor soporte para el suelo, tal como lo menciona (Alvarez, 2019). En ese contexto para nuestra zona de estudio se obtuvieron valores de NDVI que van de 0,606 a - 0,437 ver (**Tabla 17**) evidenciando que la cubierta de vegetación mediana es la que se hace presente con un mayor porcentaje ver (**Figura 31**) de área, principalmente en la zona alta de la cuenca, donde se presenta bosque subhúmedo de montaña (Bshm) y bosque seco de montaña (bsm) tal como lo menciona (MINAM, 2015) ver (**Anexo 13**), por otra parte se puede apreciar que en los últimos 5 años considerados en el estudio se presentó un aumento de suelos sin vegetación en un 0,61%, esto sugiere que las áreas en cuestión sufrieron una pérdida significativa de suelo, ya que no contaban con la protección y el amortiguamiento que ofrece la cubierta vegetal, esto es corroborado por el investigador (Najera et al, 2016) citado por (Castillo & Rojas, 2019) llegó a la conclusión de que la presencia de una cubierta vegetal es el factor más relevante para disminuir la erosión del agua. Por lo tanto, es imperativo reducir la deforestación y fomentar la conservación de los bosques. Respecto a valores del factor C se obtuvieron rangos que van de 0,023 a 0,064 con una media de 0,037, bajo la clasificación de "Alto" de acuerdo con el investigador (Taco, 2021), por otro lado, valores similares se obtuvieron en la investigación realizada por (Almagro et al., 2019) con valores que varían de 0,004 a 0,078 con una media de 0,023, donde al igual que en esta investigación utilizó la misma metodología propuesta por Durigon et al. (2014) y adaptado por Colman (2018), donde podemos inferir que existe una relación directa entre el NDVI y el factor c ($R^2 = 0,949$) ver (**Figura 33**) afirmado por (Camacho et al., 2022) donde encuentran una relación altamente significativa entre los valores de NDVI determinados y los valores del Factor C en la subcuenca Cumbaza.

A través de la estimación de la pérdida de suelo debido a la erosión hídrica potencial y actual en la cuenca del río Tumbes, se pudo identificar las áreas con mayor vulnerabilidad a la erosión. Los resultados mostraron que la erosión potencial (sin cobertura vegetal) presenta un porcentaje más alto de erosión crítica (31,92%), lo cual se debe a que este cálculo no consideró la influencia de la cobertura vegetal existente. Además, los resultados fueron fuertemente influenciados por la longitud y el gradiente de pendiente, por lo que se observaron los valores más altos en las

zonas con pendientes pronunciadas y en la parte alta de la cuenca. En contraste, en las zonas de la parte baja de la cuenca con pendientes planas, se evidenció una menor erosión presente, con un porcentaje más bajo de erosión de nivel bajo (< 5 Tn/Ha/Año), representando solo el 8,11%. Se pudo observar la influencia del factor LS en estos resultados, en lo que coincidimos con (Solano, 2016) ya que en su estudio estimó que el 47,20% representan una erosión muy alta (> 200 Ton/ha/año) generada a partir del 5% en zonas altas, y además podemos constatar con (Perales, 2019) en su estudio para la cuenca del río Supte Grande obtuvo un 61,67% de erosión muy severa y un 20,80% de erosión potencial de nivel normal ($< 0,5$ Tn°/ha/año). Por otro lado podemos ver que en esta investigación analizando cada año de los 23 en estudio se obtuvieron tasas de erosión que van de 420,44 a 18,32Tn/ha/año para el año 2002 y 2018 respectivamente, representando un escenario agravante si se llegará a disminuir la vegetación actual de la cuenca, es así que la tasa de erosión potencial promedio fue de 167,18 Tn/Ha/Año, concordando este resultado con el obtenido por (Solano, 2016) que fue de 163,13 Tn/Ha/Año de esta forma inferimos que si no se implementan medidas de conservación de suelos y se sigue deforestando sin control los bosques de la cuenca, se vislumbra un escenario catastrófico para el futuro de la zona en estudio.

Ahora bien considerando el uso actual de la tierra y cobertura vegetal, es decir la erosión hídrica actual, se observa que un mayor porcentaje se encuentran niveles de erosión baja a moderada que representan el 58,16% y 39,63% respectivamente, particularmente estos valores se establecen en la parte baja y media de la cuenca, por lo que podemos decir que la cubierta vegetal disminuye el impacto de la gota de lluvia apaciguando la erosión conjuntamente con las pendientes llanas al debilitar el recorrido de la misma, sin embargo en zonas sin o con poca cobertura vegetal los niveles de erosión suben a muy alta y crítica con 0,25% para ambos, contrastando lo que se menciona con (Condori, 2021) en su estudio para la cuenca Cairani, donde menciona que, el 31,35% y el 68,56% toman valores de erosión hídrica actual leve y moderada, mientras que para la erosión alta y muy alta obtiene valores de 0,09 a 0,00% respectivamente, es así que podemos asumir que la erosión actual o real como también se conoce contrarrestar las superficies con erosión potencial tal como lo menciona (Solano, 2016). En cuanto a las tasas de erosión encontradas ver (**Tabla 20**) podemos observar que la máxima 14,36

Tn/Ha/Año y la mínima 0,02 Tn/ha/año para el año 2002 y 2010 respectivamente, sobrepasando la tasa máxima permisible en la mayoría de los años, como lo menciona (PRODESNOS, 2011 Y Morga R.; 2006) citados por (Quiñonez, 2019) Al destacar que la tasa de erosión hídrica del suelo no debería superar los 10 Ton/Ha/Año, ya que este es el ritmo al cual se regenera el suelo, se concluye que si la tasa de erosión es mayor, no se puede asegurar la conservación del suelo, ya que la erosión superaría la generación del mismo, respecto a la tasa de erosión hídrica encontramos estudios cercanos realizados a la zona de estudio, específicamente en la vertiente del pacífico, tenemos a (Dioses & Pérez, 2018) en su estudio para la cuenca Piura donde obtuvieron una tasa de erosión hídrica de 10,4 Tn/Ha/Año para un periodo de estudio de 35 años de estudio (1981 – 2016), por otro lado a una escala mayor tenemos el estudio realizado por (Sabino, 2016) para las regiones hidrológicas en el Perú, obteniendo por resultado para la región hidrológica “pacífico 6”, una tasa de erosión hídrica de 30,9 Tn/Ha/Año, son tasas no muy distantes a la obtenida en nuestro estudio, la cual fue de 5,06 Tn/Ha/Año, la variación más lejana se puede inferir que se da porque nuestro estudio es a nivel de cuenca a diferencia el de las regiones hidrológicas que es de todo el Perú.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Se estimó la tasa de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección, obteniendo así una tasa de erosión hídrica potencial (EP) de 167,18 Tn/Ha/Año dentro de la clasificación de amenaza muy alta y una tasa de erosión hídrica actual (EA) de 5,06 Tn/Ha/Año aun por debajo de la tasa de erosión hídrica máxima permisible en la clasificación de moderada.

Se determinaron los factores que intervienen en el cálculo de la erosión hídrica, encontrándose para el factor de erosividad R valores promedios que van desde 1 274,63 a 7 063,55 $Mj*mm/Ha*Hr*Año$ con una clasificación de “muy alto” para toda la zona en estudio, el factor de erodabilidad K que va desde 0,00140 a 0,01633 $Ton*ha*h/Mj*mm*ha$ con una clasificación de “muy poco erodable” presentándose los valores en textura arcillosa, franco arcillo arenoso y franco arenoso, el factor LS tiene valores que van desde 0,030 a 224,91, encontrándose un área de 77,91% (129 585,66 Ha) con clasificación Baja, el factor C con valores desde 0,023 a 0,064 bajo la clasificación de “Alto” para toda la zona de estudio con coberturas más influyentes de bosque subhúmedo de montaña y bosque seco de montaña y por último factor P que se consideró la unidad.

Se determinaron los niveles de erosión hídrica real y potencial aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río Tumbes, indicando que el 8,11% (13 487,34 Ha) del área en estudio cuenta con erosión hídrica potencial baja (< 5 Tn/Ha/Año), el 14,09% (23 438,4 Ha) está clasificada como moderada (5 – 25 Tn/Ha/Año), el 12,31% (20 475,90 Ha) del área de la superficie considerada como mediana (25 – 50 Tn/Ha/Año), el 15,31% (25 463,62 Ha) clasificada como Alta (50 – 100 Tn/Ha/Año), el 18,26% (30 376,80 Ha) del área considerada como muy alta (100 – 200 Tn/Ha/Año) y el 31,92% (53 085,80 Ha) del área en estudio considerada como crítica (> 200 Tn/Ha/Año); respecto a la erosión hídrica actual o real el 58,16% (96 738,12 Ha) del área en estudio cuenta con erosión hídrica actual baja (< 5 Tn/Ha/Año), el 39,63% (65 919,43 Ha) está clasificada como moderada (5 – 25 Tn/Ha/Año), el 1,45% (2 410,35 Ha) del área de la superficie considerada como mediana (25 – 50 Tn/Ha/Año), el 0,26% (438,03 Ha)

clasificada como Alta (50 – 100 Tn/Ha/Año), y el 0,25% (412,49 Ha) del área considerada como muy alta (100 – 200 Tn/Ha/Año) y crítica (> 200 Tn/Ha/Año) respectivamente, todo aquello bajo la clasificación de la FAO.

Se identificaron las zonas que presentan mayor riesgo de sufrir erosión hídrica, siendo aquellas en las que se combinan varios factores con valores elevados, ya sea en zonas con pendientes pronunciadas, poca vegetación, suelos de baja calidad, elevadas precipitaciones y falta de medidas de conservación de suelo. Estas áreas se localizan en las laderas y cimas de las montañas de la parte media y alta de la cuenca, específicamente en los distritos de San Jacinto, Pampas de Hospital y Matapalo alcanzando en su mayoría niveles de erosión mediana, alta, muy alta y crítica ver (**Anexo 71 y 94**).

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

Es importante enfocarse en las áreas más erosionadas a corto plazo, especialmente en las partes altas de la cuenca que son más propensas a perder suelo y que presentan altas tasas de erosión, es por ello que se deben priorizar estas zonas para abordar la problemática de la erosión.

Para reducir el factor LS y mitigar la erosión, se recomienda la construcción de zanjas de infiltración junto con la implementación de una cobertura vegetal que se coloque en contra de la pendiente. Esta medida tiene como objetivo disminuir la velocidad del agua de escorrentía, retener la humedad y así reducir su capacidad de causar erosión.

La presencia de cobertura vegetal es crucial para reducir la erosión en una región, por lo que se sugiere implementar programas de reforestación en las partes altas de la cuenca como estrategia de conservación. De esta manera, se protegería el suelo contra la erosión mediante el enraizamiento y la caída de hojas de las plantas, lo que también mejoraría la capacidad de infiltración del suelo.

Se recomienda realizar medidas de conservación y/o recuperaciones propuestas en las zonas donde se encontró erosión moderada a crítica, con los surcos de contorno, terrazas de absorción y control de la escorrentía, la implementación de estas técnicas contribuirá a mejorar las características de la textura del suelo, disminuir la pendiente, incrementar la capacidad de infiltración e incrementar la cantidad de materia orgánica. Esto no solo beneficiará al suelo, si no también tendrá un impacto positivo en la producción, así mismo, el mapa de erosión hídrica potencial y actual de la cuenca del río Tumbes deber ser tomado en cuenta como una herramienta técnica para la planificación territorial. De esta manera, se podría evitar la implementación de prácticas agresivas en los territorios más sensibles, asegurando una utilización sostenible de los recursos naturales.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ada, L. H. (6 de Octubre de 2015). *Academia.edu*. Obtenido de *Academia.edu*: https://www.academia.edu/29503587/Tipos_de_Erosi%C3%B3n_y_su_Control
- Almagro, A., Caregnatto, T., Barbosa, C., Bahia, P., Marcato, J., Bicca, R., & Sanches, O. (2019). Improving cover and management factor (C-factor) estimation using remote sensing approaches for tropical regions. *International Soil and Water Conservation Research*, 325-334.
- Alonso, S. F. (2014). *Sistemas de información geográfica*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Alvarez, T. A. (2019). *Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Amezquita, E. (1990). *El agua y la erodabilidad de los suelos, en fundamentos para la interpretación de análisis de suelos plantas y aguas para riego. Memorias del Seminario Taller Sociedad colombiana de la Ciencia del Suelo*. San Fe, Colombia.
- Atauje, C. D. (2018). *Estimación de la erosión hídrica para la conservación de suelos en la cuenca Huatas, Ayacucho-2017*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Camacho, Z., Gómez, L., Gallo, R., & Camacho, Z. (2022). *Guía práctica de erosión hídrica. Casos de estudio: subcuenca Cumbaza y Yuracyacu - Amazonía peruana*. (E. a. S.A.C., Ed.) Lima, Perú.
- Castillo, L. D., & Rojas, I. A. (2019). *Erosión hídrica del suelo como efecto de la precipitación pluvial del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

- Caycho, T. L. (2020). *Modelación geoespacial con sig en la identificación de las zonas vulnerables y cuantificación de la erosión hídrica, cuenca del río Huarmey*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* (Vol. 2). Lima, Perú. Obtenido de https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero Gutierrez, A., Gonzalez, J., Reynero, M., Diez, A., & Bergesio, L. (2012). *Erosión hídrica principios y técnicas de manejo* (1 ed.). Córdoba, Argentina: Unirío. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jos-Cisneros/publication/261950035_Erosion_Hidrica_Principios_y_Tecnicas_de_Manejo/links/0deec5360142db3b03000000/Erosion-Hidrica-Principios-y-Tecnicas-de-Manejo.pdf
- Condori, T. F. (2021). *Pérdida de suelos por erosión hídrica en laderas semiáridas de la sub cuenca cairani - Camilaca*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- D'Amario, F. M. (2016). *Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior (Mendoza)*. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- Dioses, T. J., & Pérez, G. J. (2018). *Estimación de la erosión hídrica mediante la aplicación de la metodología RUSLE en la cuenca del río Piura*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Flores, V. A. (2015). *Aproximación de riesgo por erosión hídrica aplicando un sistema de información geográfica en la subcuenca Shambillo, distrito de Padre Abad*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- González, d. T. (1991). La ecuación universal de pérdidas de suelo. Pasado, Presente y futuro. *Ecología*, 13-50.

- León, P. J. (2001). *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- López, P., Martínez, M., & Fernández, R. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Scielo*.
- Mendes, H. J., Silva, T. A., Walbert, J. R., Marx, L. N., Breno, R. S., & Mincato, R. L. (2018). Water Erosion in Oxisols under Coffe Cultivation. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. doi:<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170093>
- MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva*. Lima: Ministerio del ambiente.
- Morante, V., & Gonzales, C. (2019). *Elaboración de mapas de erosión en la cuenca del río Perené*. Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas.
- Moreno, R. H. (2017). *Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica aplicando el método usle y haciendo uso del sig en la cuenca del río Olleros - distrito de Olleros periodo 2015*. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Núñez, S. J. (2001). *Manejo y conservación de suelos* (1 ed.). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Perales, Q. A. (2019). *Pérdida de suelo por erosión hídrica aplicando el modelo RUSLE en la cuena del río Supte Grande, provincia Leonceo Prado - Huánuco*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Poggio, L., Sousa, L., Heuvelink, G., Kempen, B., Ribeiro, E., & Rossiter, D. (17 de 07 de 2021). SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soil*, 217-240. doi:<https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>
- Quiñonez, C. J. (2019). *Estimación de la erosión hídrica potencial en la cuenca media y alta del río Rimac, aplicación del modelo Rusle*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Sabino, R. E. (2016). *Análisis espacio - temporal de erosión de suelos por regiones hidrológicas en el Perú (1981 - 2014)*. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.
- SEMARNAT. (2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México.
- SENAMHI. (2017). *Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú*. Lima: Dirección de hidrología. Obtenido de https://idesep.senamhi.gob.pe/portalidesep/files/tematica/atlas/erosi%C3%B3n_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf
- Solano, P. R. (2016). *Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la subcuenca del río Shullcas 200-2013, Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Susana, Y. S. (2010). *Determinación de la erosión hídrica potencial de los suelos de la cuenca inferior del río Bermejo, Salta - Jujuy*. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Taco, A. M. (2021). *Uso del sistema de información geográfica para la cuantificación de la erosión hídrica potencial en la cuenca Chamacha - Lima*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Valdez, T. E. (2014). *Análisis de pérdida de suelos por erosión hídrica en la subcuenca conduriri mediante la metodología rusle, 1980 - 2014*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Vásquez Villanueva, A., Mejía Marcacuzco, A., Faustino Manco, J., Terán Adriazola, R., Vásquez Romero, I., Díaz Rimarachin, J., . . . Alcántara Ramos, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Lima, Perú: UNALM.
- Villón, B. M. (2006). *Hidrología Estadística*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

Anexo 1: Registro de precipitación acumulada mensual – anual en mm, pre tratamiento estadístico.

Estación meteorológica Campamento Sede: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		CAMPAMENTO SEDE					LATITUD:		3°33'4.14" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°25'46.64" W		PROV.		TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		17 m.s.n.m		DIST.		TUMBES	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
2000	10.30	36.40	64.20	66.40	26.00	1.80	0.20	1.50	0.70	0.00	0.00	3.70	211.20	
2001	33.00	70.30	194.60	56.80	1.00	0.40	1.30	0.00	0.70	0.10	2.40	0.70	361.30	
2002	1.60	211.90	292.80	99.50	0.10	0.80	0.00	0.80	1.30	2.30	0.50	5.70	617.30	
2003	22.90	28.00	12.10	6.50	3.10	0.90	3.10	0.50	0.00	0.00	0.00	60.80	137.90	
2004	9.40	23.60	31.00	59.20	5.70	0.70	0.80	0.00	0.90	3.30	0.00	1.80	136.40	
2005	4.60	5.10	59.30	19.20	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.40	0.00	6.50	95.40	
2006	33.60	267.20	56.60	8.40	1.10	0.00	0.90	1.40	0.00	1.20	1.50	10.60	382.50	
2007	70.70	4.00	58.10	4.00	3.00	0.20	0.40	1.10	0.00	0.30	3.50	2.40	147.70	
2008	128.70	270.50	105.90	25.50	0.60	2.00	0.20	0.00	0.80	0.10	0.07	0.00	534.37	
2009	117.50	168.70	27.30	20.50	5.50	1.40	0.00	0.80	1.00	0.00	3.20	3.00	348.90	
2010	17.80	187.40	180.80	94.90	1.20	1.40	0.20	0.00	0.00	0.00	2.40	2.00	488.10	
2011	21.80	43.90	3.80	38.50	13.30	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00	130.00	
2012	80.10	155.00	95.10	74.80	3.00	0.00	0.40	0.00	0.00	2.90	1.90	1.50	414.70	
2013	15.30	43.90	105.10	26.00	2.20	1.60	1.00	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	199.80	
2014	42.36	29.70	1.90	4.60	53.00	7.90	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	3.70	148.16	
2015	11.40	38.00	330.60	25.40	39.40	1.30	0.00	0.00	0.30	6.50	1.20	3.00	457.10	
2016	27.10	241.00	174.40	70.00	0.10	2.00	0.00	0.80	1.30	0.00	0.00	6.30	523.00	
2017	143.90	90.90	337.40	58.60	35.00	0.20	0.00	0.30	0.90	2.90	0.10	0.70	670.90	
2018	12.80	30.00	8.80	0.30	33.40	0.00	0.00	0.20	0.00	0.30	1.20	34.20	121.20	
2019	66.30	87.70	34.30	17.80	0.30	0.30	0.20	0.90	0.00	1.10	0.40	23.20	232.50	
2020	34.30	141.60	63.20	7.60	0.50	0.90	1.90	0.20	0.40	0.00	1.00	5.20	256.80	
2021	65.70	12.80	76.10	12.90	13.40	2.40	1.10	0.90	0.10	6.30	3.70	10.70	206.10	
2022	61.30	18.10	85.90	25.00	12.40	4.50	0.90	1.10	0.10	4.00	0.50	0.30	214.10	
PROMEDIO	44.9	95.9	104.3	35.8	11.0	1.3	0.9	0.5	0.4	1.8	1.0	8.1	305.9	
MÁXIMO	143.9	270.5	337.4	99.5	53.0	7.9	7.5	1.5	1.3	6.5	3.7	60.8	670.9	
MÍNIMO	1.6	4.0	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.4	
DESVIACION	40.79	89.15	101.21	30.25	15.37	1.78	1.63	0.50	0.46	2.20	1.24	14.01	174.62	

Fuente: PEBPT

Estación meteorológica La Cruz: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		LA CRUZ					LATITUD:		3°37'41.85" S			DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°34'9.36" W			PROV.		TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		6 msnm			DIST.		LA CRUZ	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL		
2000	14.70	38.40	51.80	54.40	58.10	1.90	0.10	0.90	0.70	0.00	0.00	1.80	222.80		
2001	24.70	35.20	215.50	37.30	5.20	0.00	0.90	0.80	0.80	0.00	2.80	2.20	325.40		
2002	4.70	159.60	187.10	79.40	0.70	0.00	0.00	0.00	0.60	1.60	0.30	5.90	439.90		
2003	25.30	22.40	13.90	13.70	0.70	0.70	2.20	0.30	0.70	0.00	0.40	15.60	95.90		
2004	13.20	50.60	16.40	38.80	9.80	0.10	0.90	0.00	0.60	0.10	0.00	0.50	131.00		
2005	9.90	8.60	49.00	2.20	0.30	0.70	0.00	0.10	0.00	2.30	4.70	3.30	81.10		
2006	21.10	186.80	117.20	2.90	0.00	0.00	1.30	0.60	0.10	0.00	3.80	6.30	340.10		
2007	54.90	0.60	98.80	9.00	2.20	0.00	0.10	1.70	0.00	1.60	3.10	1.70	173.70		
2008	116.00	271.50	117.10	13.60	0.60	0.60	0.10	0.00	1.50	0.10	0.90	0.00	522.00		
2009	87.60	168.60	12.60	8.10	2.80	0.00	0.00	0.20	2.50	0.20	2.00	1.20	285.80		
2010	10.00	123.10	143.80	90.10	0.60	1.80	0.20	0.00	0.00	0.20	1.40	1.50	372.70		
2011	5.20	72.70	2.30	37.40	1.10	0.20	3.50	1.70	0.00	0.10	0.70	0.60	125.50		
2012	34.90	127.90	79.50	56.90	11.60	5.80	0.00	0.10	0.10	1.00	1.50	0.60	319.90		
2013	19.40	40.40	114.40	13.60	2.60	2.20	0.90	0.00	0.10	1.90	0.00	3.80	199.30		
2014	37.70	17.10	6.80	4.40	29.40	7.40	0.40	0.50	0.60	5.60	0.00	4.30	114.20		
2015	3.90	37.40	215.20	55.60	21.20	0.00	1.30	0.20	0.00	8.20	1.30	0.00	344.30		
2016	17.45	95.90	175.71	52.43	0.02	1.88	0.34	0.13	0.33	0.06	0.00	2.23	346.49		
2017	121.30	77.40	405.00	85.40	34.50	1.00	0.10	0.80	0.50	1.20	0.70	1.00	728.90		
2018	12.10	45.50	1.00	0.20	16.50	0.00	0.30	0.20	0.00	0.30	0.40	43.00	119.50		
2019	18.60	103.40	25.80	39.90	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	2.10	0.30	8.90	200.10		
2020	11.60	82.10	62.30					0.20		0.00	0.10	14.20	170.50		
2021	30.10	12.90	67.20	40.90	6.40	0.10	0.00	0.10	0.00	1.20	1.00	0.10	160.00		
2022	7.70	17.50	35.80	11.70	0.20	0.00	0.00	0.10	1.10	2.00	0.50	0.50	77.10		
PROMEDIO	30.5	78.1	96.3	34.0	9.3	1.1	0.6	0.4	0.5	1.3	1.1	5.2	256.4		
MÁXIMO	121.3	271.5	405.0	90.1	58.1	7.4	3.5	1.7	2.5	8.2	4.7	43.0	728.9		
MÍNIMO	3.9	0.6	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.1		
DESVIACION	33.50	68.58	96.03	28.25	14.75	1.94	0.88	0.52	0.62	1.98	1.32	9.28	160.26		

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica El Tigre: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		EL TIGRE					LATITUD:		3°48'8.4" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°27'24" W		PROV.		TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		45 msnm		DIST.		SAN JACINTO	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
2000	3.20	111.80	134.00	112.90	101.40	6.00	0.30	0.00	0.60	0.00	0.00	9.90	480.10	
2001	63.20	53.30	300.70	68.90	11.90	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	8.10	511.30	
2002	7.80	198.30	338.30	213.60	3.30	0.00	0.00	0.00	0.80	0.60	0.00	23.20	785.90	
2003	96.90	81.80	37.20	10.50	0.40	2.50	3.20	1.00	0.80	0.00	0.00	14.80	249.10	
2004	10.90	124.10	53.30	72.50	5.60	0.00	2.20	0.00	1.00	1.50	0.40	0.70	272.20	
2005	1.10	17.40	102.90	17.90	0.20	0.00	0.00	0.90	0.00	1.90	3.10	3.10	148.50	
2006	53.50	306.50	112.10	5.00	0.70	1.30	1.50	1.50	2.40	0.70	4.00	5.50	494.70	
2007	94.55	8.50	90.90	43.40	1.20	0.00	1.40	0.80	1.10	1.00	5.10	4.20	252.15	
2008	138.20	328.70	181.10	58.00	12.70	2.90	0.70	0.50	1.30	2.70	2.60	0.00	729.40	
2009	191.52	200.30	89.00	5.80	2.30	0.80	0.20	1.60	1.50	0.80	0.80	0.80	495.42	
2010	94.70	178.10	218.10	121.80	5.10	5.00	2.70	0.30	0.90	0.30	1.10	6.60	634.70	
2011	45.70	64.00	3.40	114.80	0.40	1.40	1.30	0.10	0.60	0.40	1.20	9.80	243.10	
2012	135.90	280.50	190.30	112.30	24.80	10.70	0.40	0.30	0.10	2.00	4.40	3.50	765.20	
2013	28.30	54.42	150.90	8.70	6.20	0.80	1.30	1.00	0.30	5.80	0.10	2.60	260.42	
2014	85.50	54.82	12.10	7.20	51.00	22.10	1.70	2.00	1.20	6.10	1.10	15.80	260.62	
2015	25.70	114.70	344.40	180.60	109.40	3.80	4.00	0.70	0.00	7.40	4.00	3.80	798.50	
2016	33.00	327.30	247.70	129.30	0.60	6.80	0.00	0.60	0.00	0.40	0.60	11.00	757.30	
2017	144.90	276.30	326.80	249.71	111.40	3.50	0.70	2.40	1.20	3.10	0.00	0.30	1120.31	
2018	34.10	113.60	4.40	0.50	24.70	0.00	0.30	0.50	0.50	0.30	0.80	65.50	245.20	
2019	108.60	212.30	229.60	108.80	3.10	0.50	1.20	1.40	0.00	0.90	3.50	32.30	702.20	
2020	13.80	118.50	140.60					0.00	0.00	0.30	0.50	17.50	291.20	
2021	67.20	37.30	192.30	44.10	13.90	1.50	0.10	0.70	0.20	4.80	2.10	5.50	369.70	
2022	13.30	12.10	64.00	18.60	2.20	3.50	0.90	0.60	0.00	1.30	0.10	1.60	118.20	
PROMEDIO	64.9	142.4	155.0	77.5	22.4	3.4	1.1	0.7	0.6	1.8	1.7	10.7	477.6	
MÁXIMO	191.5	328.7	344.4	249.7	111.4	22.1	4.0	2.4	2.4	7.4	5.1	65.5	1120.3	
MÍNIMO	1.1	8.5	3.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.2	
DESVIACION	53.36	105.24	107.44	71.90	36.57	4.98	1.11	0.67	0.63	2.17	1.71	14.40	264.98	

Fuente: PEBPT

Estación meteorológica Cabo Inga: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		CABO INGA					LATITUD:		3°58'33.39" S			DPTO.	TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°24'6.54" W			PROV.	TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		231 m.s.n.m			DIST.	SAN JACINTO	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
2000	6.60	177.90	274.30	183.60	83.90	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	6.60	739.70	
2001	253.80	207.00	470.20	154.20	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.30	10.50	1110.80	
2002	5.40	359.90	444.40	427.80	6.20	1.00	0.00	0.00	0.00	26.50	0.00	73.20	1344.40	
2003	112.30	183.90	126.00	25.20	4.20	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	11.90	472.30	
2004	28.40	151.40	119.40	34.00	5.30	4.00	0.00	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	347.20	
2005	13.40	15.70	210.80	37.40	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60	16.10	311.50	
2006	87.50	404.90	233.00	57.20	25.90	0.30	0.60	0.00	0.00	0.00	8.60	29.40	847.40	
2007	94.60	33.80	227.20	93.40	0.40	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	458.10	
2008	185.50	456.20	300.50	115.10	42.60	1.30	20.90	0.00	0.00	1.90	1.40	0.00	1125.40	
2009	465.60	364.90	274.90	71.10	19.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	45.70	1242.40	
2010	171.10	320.90	495.60	110.20	35.70	9.10	0.50	0.00	0.00	0.30	2.90	3.10	1149.40	
2011	24.10	54.80	23.00	421.20	41.70	40.50	6.40	0.00	0.00	4.70	2.80	13.50	632.70	
2012	184.90	570.00	444.70	382.90	76.80	2.20	5.50	0.00	0.00	0.80	4.00	6.20	1678.00	
2013	44.50	67.20	243.30	36.60	44.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	0.00	2.40	442.30	
2014	63.10	77.50	53.00	27.30	175.60	23.80	0.30	0.00	0.20	6.80	2.90	9.80	440.30	
2015	59.40	103.90	464.60	469.20	72.30	85.80	9.20	0.00	0.60	1.70	10.00	0.00	1276.70	
2016	71.34	381.91	322.81	198.92	0.49	12.61	0.26	0.10	0.22	0.66	0.00	9.05	998.40	
2017	312.60	369.20	493.40					1.40	1.90				1178.50	
2018	71.60	83.50	19.20	24.10	80.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	69.80	386.40	
2019	79.50	312.80	307.80	87.50	26.80	4.60	0.00	0.70	0.10	0.00	0.40	98.70	918.90	
2020	49.80	99.50	158.10	27.60	33.20	4.90	3.40	0.00	0.00	0.10	0.40	44.00	421.00	
2021	110.50	65.30	225.90	131.10	48.40	4.40	0.50	0.40	0.10	0.80	0.40	10.30	598.10	
2022	38.10	24.40	171.90	52.20	2.00	1.60	2.20	0.70	0.00	0.10	0.30	40.40	333.90	
PROMEDIO	110.2	212.5	265.4	144.0	37.9	10.0	2.3	0.1	0.1	2.4	4.0	23.1	802.3	
MÁXIMO	465.6	570.0	495.6	469.2	175.6	85.8	20.9	1.4	1.9	26.5	37.5	98.7	1678.0	
MÍNIMO	5.4	15.7	19.2	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	311.5	
DESVIACION	110.93	162.81	149.29	145.52	41.42	19.42	4.87	0.35	0.41	5.73	8.02	27.48	401.32	

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica Cañaverál: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: CAÑAVERAL		LATITUD: 3°56'20.75"		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°39'2.1" W		PROV. C.M.V.Z									
PERIODO: 2000 - 2022		ALTITUD: 133 m.s.n.m		DIST. CASITAS									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
2000	1.14	74.73	61.05	100.44	26.22	3.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.53	272.63
2001	115.57	104.09	335.28	72.90	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	2.72	634.16
2002	12.47	184.98	410.33	240.20	1.68	0.00	0.00	1.18	0.51	0.48	0.01	1.83	853.68
2003	22.62	56.64	14.15	42.29	0.66	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	12.54	149.13
2004	3.22	78.22	37.93	23.55	1.81	0.00	0.07	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	149.80
2005	2.11	9.36	48.07	12.23	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	2.01	74.02
2006	29.04	235.47	61.36	4.79	0.03	1.19	0.06	0.00	0.00	0.00	0.35	1.89	334.18
2007	61.96	3.50	143.66	19.56	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.24	229.03
2008	124.74	301.04	126.37	8.18	0.51	0.11	0.92	0.00	0.00	2.22	0.08	0.00	564.17
2009	230.86	122.97	103.60	38.54	3.28	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00	6.35	5.03	514.20
2010	46.46	134.79	147.78	75.20	0.17	0.04	0.59	0.00	0.00	0.01	0.02	2.71	407.78
2011	7.88	62.81	0.11	105.69	0.16	0.02	11.38	0.00	0.00	0.02	0.10	4.01	192.18
2012	71.17	213.37	296.68	94.05	16.64	0.26	0.03	0.00	0.00	0.02	0.77	0.11	693.10
2013	22.23	34.53	159.69	5.65	6.27	0.00	0.01	0.00	0.00	1.01	0.00	0.13	229.52
2014	14.90	43.99	7.36	4.98	25.36	0.46	0.03	0.00	0.00	1.58	0.00	0.24	98.90
2015	7.16	44.49	290.36	119.42	37.54	3.44	0.08	0.00	0.00	0.34	0.62	9.73	513.18
2016	21.42	124.27	217.36	106.05	0.04	2.56	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	1.43	473.30
2017	137.70	214.2	65.00	121.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	324.20
2018	9.40	6.10	18.70	1.70	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.60	20.70	118.70
2019	21.30	157.10	109.20	56.40		4.40	0.60	0.20	0.00	0.00	0.20	59.40	408.80
2020	58.80	38.30	68.30	4.50	0.20	1.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	15.60	187.00
2021	9.40	1.10	110.20	35.10	7.80	2.30	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	1.10	167.60
2022	4.30	6.10	11.90	11.00	1.40	0.20	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	11.90	47.10
PROMEDIO	45.0	92.6	123.7	56.7	6.9	1.0	0.6	0.1	0.0	0.5	2.3	6.9	332.0
MÁXIMO	230.9	301.0	410.3	240.2	37.5	4.4	11.4	1.2	0.5	5.0	42.6	59.4	853.7
MÍNIMO	1.1	1.1	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.1
DESVIACION	57.41	83.63	114.46	58.05	10.88	1.47	2.36	0.25	0.11	1.14	8.88	12.78	218.66

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica Matapalo: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: MATAPALO		LATITUD: 3°40'57.94" S		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°11'54.64" W		PROV. ZARUMILLA									
PERIODO: 2000-2022		ALTITUD: 62 m.s.n.m		DIST. MATAPALO									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
2000	14.10	104.50	279.90	94.60	154.60	6.20	2.40	3.50	2.80	0.40	0.10	27.30	690.40
2001	81.30	121.10	298.90	64.30	13.10	2.80	2.20	0.30	0.40	2.70	8.40	12.20	607.70
2002	61.50	233.80	246.20	152.90	7.30	0.20	0.60	3.60	3.20	14.00	2.50	74.70	800.50
2003	101.40	121.60	36.80	23.50	7.40	4.70	5.40	1.70	3.50	1.60	3.60	55.90	367.10
2004	72.60	148.50	122.70	89.00	9.00	3.50	3.10	2.00	3.10	3.90	3.00	8.60	469.00
2005	27.30	47.20	143.90	29.90	1.80	3.70	0.60	1.40	1.70	5.40	1.50	7.60	272.00
2006	67.00	496.60	154.10	14.10	2.50	6.60	2.90	3.00	3.20	1.10	17.40	34.20	802.70
2007	227.70	18.80	244.60	58.60	14.60	1.70	2.60	2.10	1.30	2.40	3.50	5.00	582.90
2008	269.00	409.70	229.60	75.30	7.90	15.60	3.50	2.20	1.80	6.30	7.30	0.70	1028.90
2009	270.30	229.40	117.60	29.60	16.20	2.10	0.90	3.40	5.50	1.50	9.00	27.70	713.20
2010	187.60	207.50	303.10	289.00	19.20	8.30	3.30	1.50	2.10	4.40	3.30	21.40	1050.70
2011	41.00	202.40	21.90	114.90	6.20	7.30	4.90	2.40	1.60	3.40	5.50	15.30	426.80
2012	253.70	224.20	94.30	187.00	55.40	25.60	3.50	2.10	1.50	8.00	7.60	14.10	877.00
2013	115.80	97.10	356.10	21.00	12.90	3.30	2.60	2.70	0.80	12.60	0.70	14.50	640.10
2014	158.11	99.90	14.90	20.10	96.60	50.60	3.60	2.60	2.60	9.80	3.00	19.50	481.31
2015	76.40	119.60	463.70	107.20	211.50	4.40	9.00	2.70	2.40	11.70	8.40	14.89	1031.89
2016	85.80	442.89	285.65	152.14	1.73	5.13	1.51	0.99	1.82	0.88	2.66	19.63	1000.83
2017	200.40	347.90	465.20					2.60	2.00				1018.10
2018		153.00	31.50	7.40	71.60	0.20	2.00	19.10	15.40	4.20	14.70	91.10	410.20
2019	132.80	373.20	166.90	89.20	5.20	0.70	1.10	1.40	1.10	2.80	14.60	62.60	851.60
2020	19.60	181.20	186.00	104.90	17.10	6.70	8.50	0.80	1.90	1.10	7.30	47.60	582.70
2021	141.90	108.20	236.30	62.80	17.80	6.00	4.90	2.90	0.80	9.60	3.10	11.10	605.40
2022	158.90	63.10	147.60	39.00	6.10	5.20	12.20	1.10	0.60	1.80	0.50	2.90	439.00
PROMEDIO	125.7	197.9	202.1	83.0	34.4	7.8	3.7	2.9	2.7	5.0	5.8	26.8	684.8
MÁXIMO	270.3	496.6	465.2	289.0	211.5	50.6	12.2	19.1	15.4	14.0	17.4	91.1	1050.7
MÍNIMO	14.1	18.8	14.9	7.4	1.7	0.2	0.6	0.3	0.4	0.4	0.1	0.7	272.0
DESVIACION	80.99	131.86	127.71	67.62	54.49	11.06	2.91	3.65	3.00	4.16	4.82	24.55	240.58

Fuente: SENAMHI

Estación Virtual V1: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		VIRTUAL 01						LATITUD:		4°8'40.96" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS						LONGITUD:		80°34'12.21" W		PROV.		C.M.V.Z	
PERIODO:		2000-2022						ALTITUD:		17 m.s.n.m		DIST.		CASITAS	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL		
2000	9.13	298.35	244.93	196.65	28.31	3.74	0.00	0.24	0.00	0.50	0.00	13.74	795.58		
2001	149.60	157.84	975.92	157.90	3.04	0.09	0.15	0.33	0.00	0.64	2.67	5.60	1453.78		
2002	10.95	421.71	734.38	427.15	2.26	0.01	0.04	0.73	0.23	2.82	0.30	5.71	1606.29		
2003	67.31	164.57	28.83	22.35	1.05	1.20	0.07	0.30	0.07	0.38	0.31	12.03	298.46		
2004	19.88	126.45	85.12	32.73	3.51	0.00	0.11	0.20	0.06	5.00	0.08	1.87	275.01		
2005	6.46	30.43	198.71	11.06	0.20	0.37	0.00	0.27	0.01	1.16	0.54	5.86	255.06		
2006	57.44	619.84	242.55	11.72	0.21	0.31	0.22	0.29	0.00	0.54	2.05	5.75	940.92		
2007	98.38	14.03	317.39	30.10	1.10	0.03	0.00	0.25	0.04	1.07	0.32	2.19	464.89		
2008	229.42	871.91	458.84	65.37	4.37	1.16	0.67	0.31	0.01	3.35	0.66	0.40	1636.46		
2009	511.20	387.73	429.23	26.79	1.28	0.45	0.00	0.27	0.06	0.59	2.58	6.52	1366.70		
2010	61.75	428.16	343.07	86.60	2.64	0.13	0.23	0.29	0.00	1.77	0.24	3.45	928.34		
2011	20.55	93.79	6.11	150.76	0.94	0.52	3.47	0.28	0.00	1.30	0.96	7.40	286.10		
2012	108.84	983.18	596.10	190.83	11.90	0.50	0.16	0.27	0.06	1.30	1.78	2.24	1897.15		
2013	44.77	55.95	351.49	19.19	17.13	0.00	0.00	0.31	0.00	3.78	0.00	2.47	495.08		
2014	34.84	72.59	30.86	9.81	26.59	2.21	0.15	0.32	0.08	4.65	0.00	5.53	187.64		
2015	23.96	90.52	603.69	131.72	36.84	1.51	0.22	0.25	0.00	3.03	1.61	9.25	902.59		
2016	66.85	391.89	447.63	121.84	0.86	3.54	0.05	0.39	0.09	0.76	0.00	5.20	1039.11		
2017															
2018															
2019															
2020															
2021															
2022															
PROMEDIO	89.5	306.4	358.5	99.6	8.4	0.9	0.3	0.3	0.0	1.9	0.8	5.6	644.8		
MÁXIMO	511.2	983.2	975.9	427.2	36.8	3.7	3.5	0.7	0.2	5.0	2.7	13.7	1897.2		
MÍNIMO	6.5	14.0	6.1	9.8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.4	187.64		
DESVIACION	123.16	291.93	265.86	107.41	11.64	1.19	0.83	0.11	0.06	1.53	0.94	3.57	616.45		

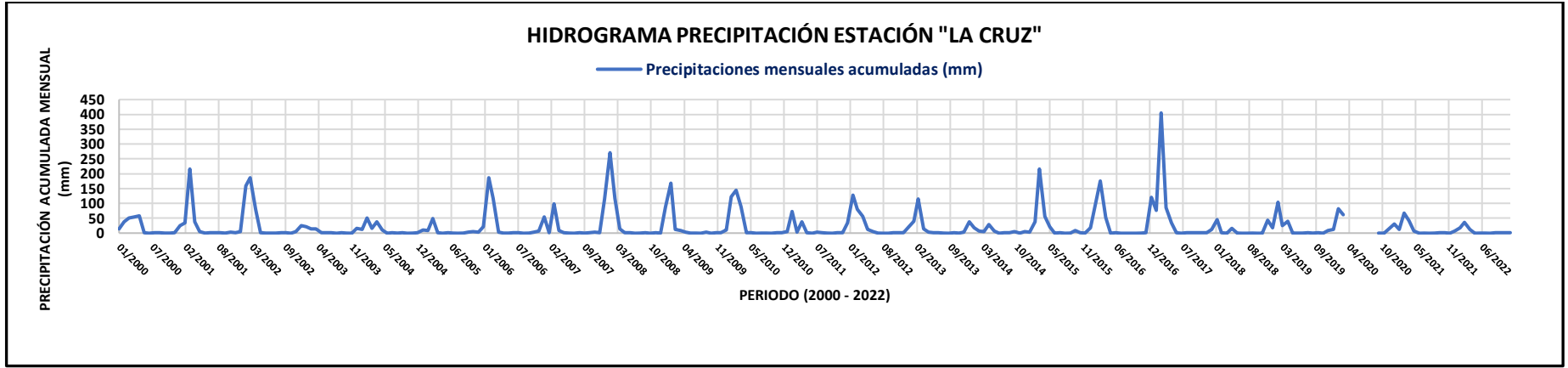
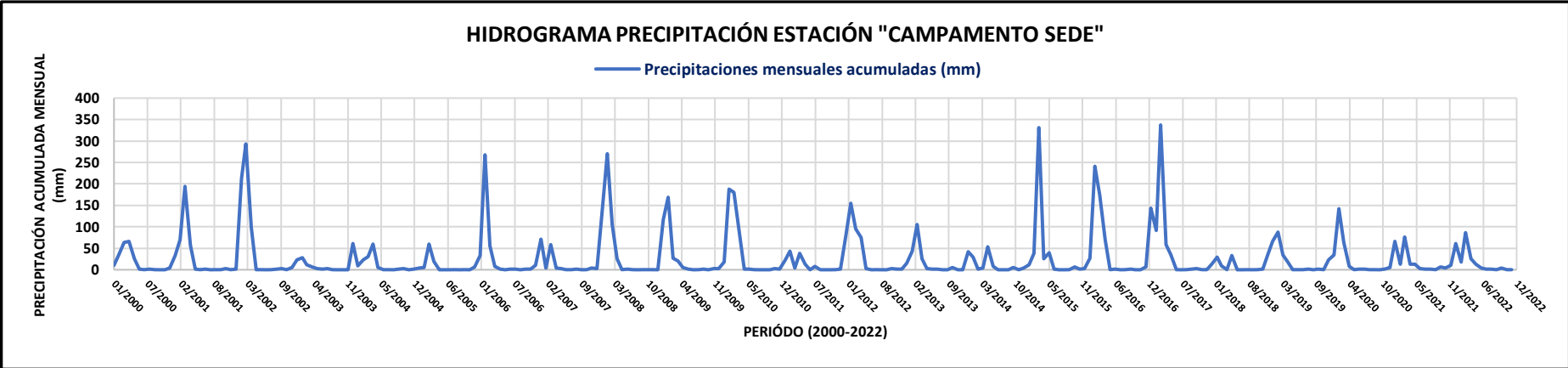
Fuente: SENAMHI

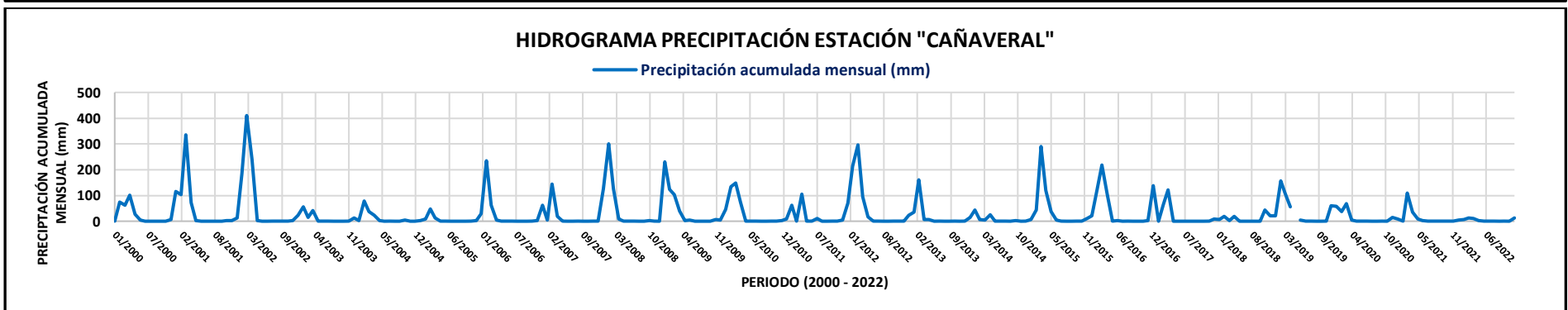
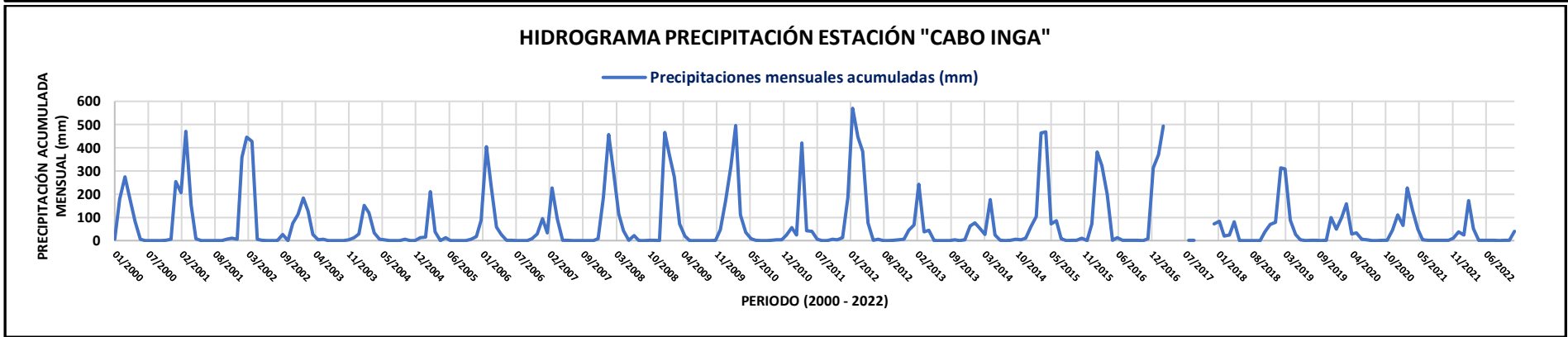
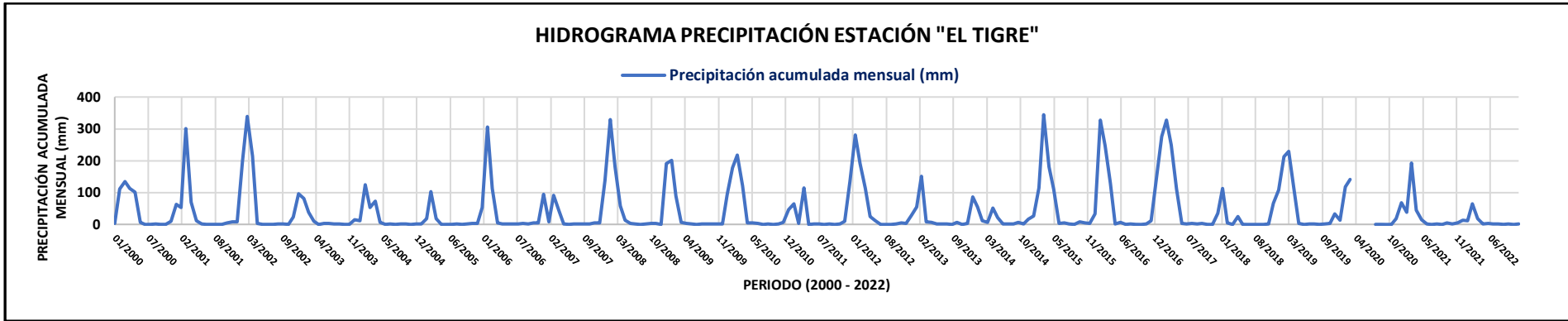
Estación Virtual V2: precipitación acumulada mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

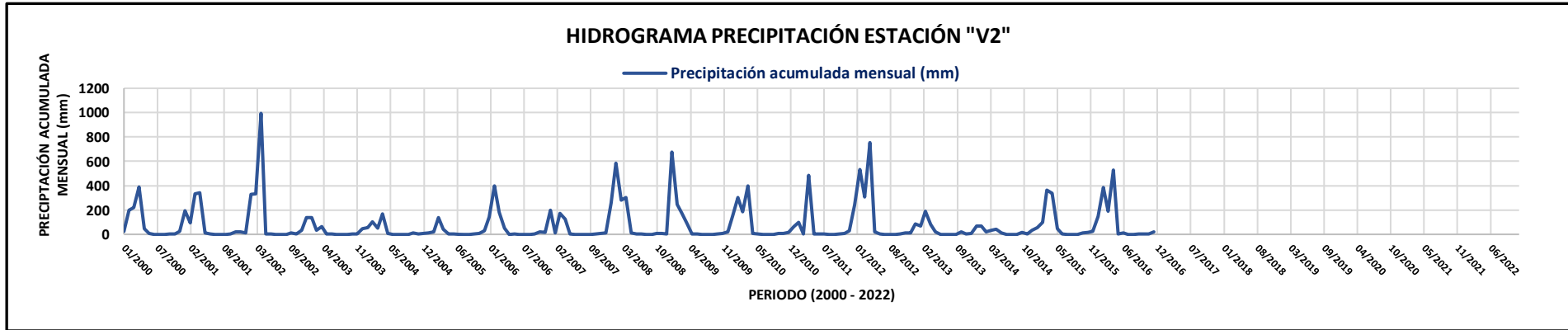
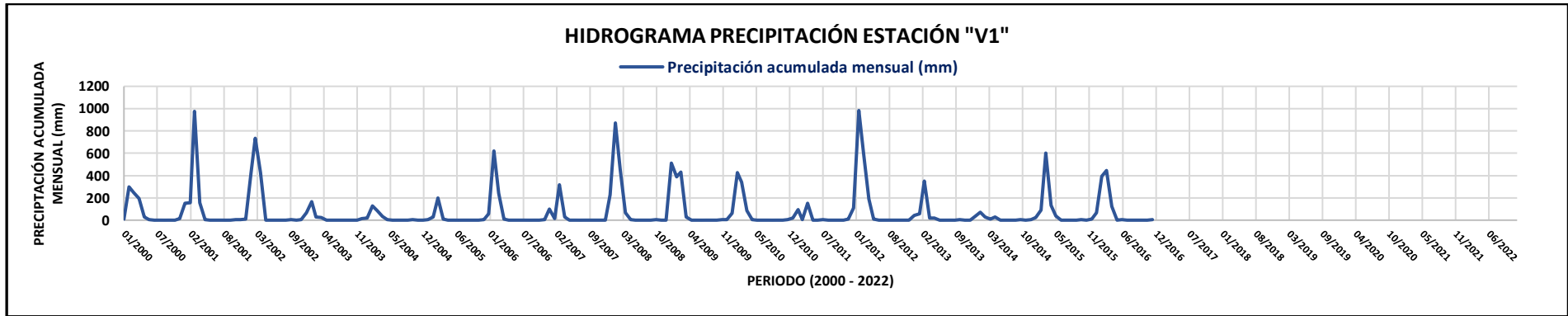
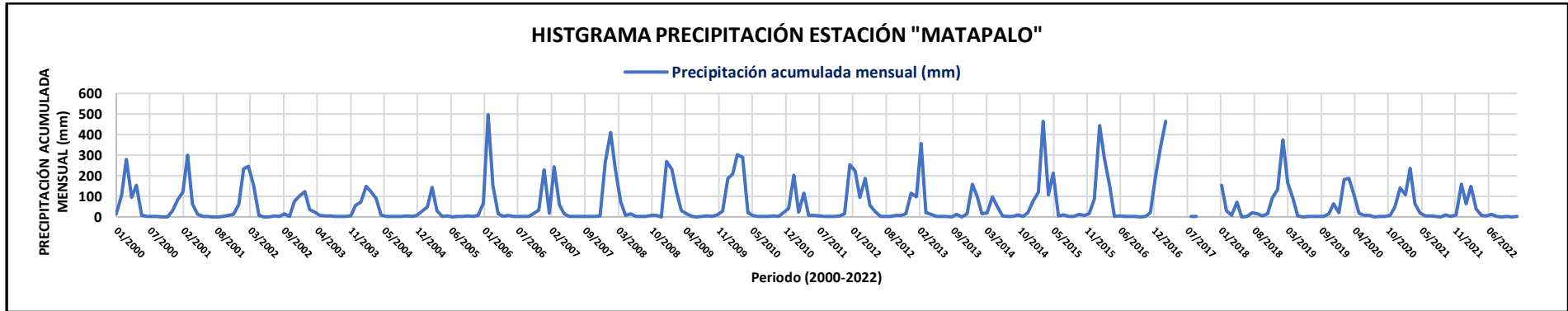
ESTACION:		VIRTUAL 02						LATITUD:		3°54'56.08" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS						LONGITUD:		80°14'26.12" W		PROV.		ZARUMILLA	
PERIODO:		2000-2022						ALTITUD:		527 m.s.n.m		DIST.		PAPAYAL	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL		
2000	24.39	199.32	220.47	387.83	47.91	9.31	0.05	0.44	0.59	1.34	2.07	25.34	919.05		
2001	193.43	93.33	331.38	340.96	9.68	1.18	0.53	0.47	0.58	1.96	20.66	19.20	1013.35		
2002	13.38	327.91	333.84	993.96	4.56	0.97	0.28	0.55	0.31	9.81	4.37	32.31	1722.25		
2003	137.07	136.73	32.56	61.96	2.64	4.53	0.52	0.47	0.54	2.36	3.30	47.01	429.68		
2004	56.10	103.54	48.86	166.51	8.30	0.65	0.41	0.35	0.85	12.30	3.55	8.76	410.19		
2005	11.26	20.74	137.42	41.85	0.99	1.98	0.00	0.42	0.14	3.78	7.52	28.63	254.72		
2006	140.52	398.62	180.12	52.43	0.76	1.91	0.63	0.57	0.31	1.88	18.62	17.58	813.95		
2007	196.55	13.33	171.26	122.63	3.21	0.84	0.07	0.68	0.20	4.93	5.28	11.42	530.40		
2008	259.04	586.81	279.94	304.50	10.17	3.06	0.95	0.65	0.37	7.99	8.04	2.40	1463.93		
2009	676.15	247.00	172.26	85.46	4.57	0.97	0.14	0.64	0.35	1.75	9.28	22.57	1221.15		
2010	152.33	303.11	186.92	396.49	6.15	1.71	0.43	0.47	0.64	5.88	6.56	16.87	1077.53		
2011	61.86	96.57	5.03	486.70	3.03	2.43	2.04	0.30	0.39	4.35	8.98	27.01	698.71		
2012	241.95	532.55	306.76	752.09	20.13	2.84	0.30	0.31	0.06	4.59	13.36	10.74	1885.67		
2013	84.16	68.36	188.96	80.73	20.90	0.89	0.23	0.55	0.35	19.13	2.66	9.00	475.92		
2014	70.29	67.34	19.16	31.54	42.00	10.50	0.43	0.48	0.52	16.36	3.73	33.98	296.34		
2015	55.76	98.61	363.32	337.85	47.06	4.40	0.56	0.36	0.27	10.19	18.08	22.59	959.03		
2016	148.00	383.95	188.04	530.20	1.63	10.21	0.24	0.41	0.97	2.35	2.83	20.07	1288.92		
2017															
2018															
2019															
2020															
2021															
2022															
PROMEDIO	148.4	216.3	186.3	304.3	13.8	3.4	0.5	0.5	0.4	6.5	8.2	20.9	672.2		
MÁXIMO	676.2	586.8	363.3	994.0	47.9	10.5	2.0	0.7	1.0	19.1	20.7	47.0	1885.7		
MÍNIMO	11.3	13.3	5.0	31.5	0.8	0.7	0.0	0.3	0.1	1.3	2.1	2.4	254.72		
DESVIACION	156.38	177.79	113.13	273.14	16.35	3.35	0.47	0.12	0.24	5.37	6.02	11.07	585.47		

Fuente: SENAMHI

Anexo 2: Hidrogramas de los registros de precipitación pre análisis estadístico (saltos y tendencias).

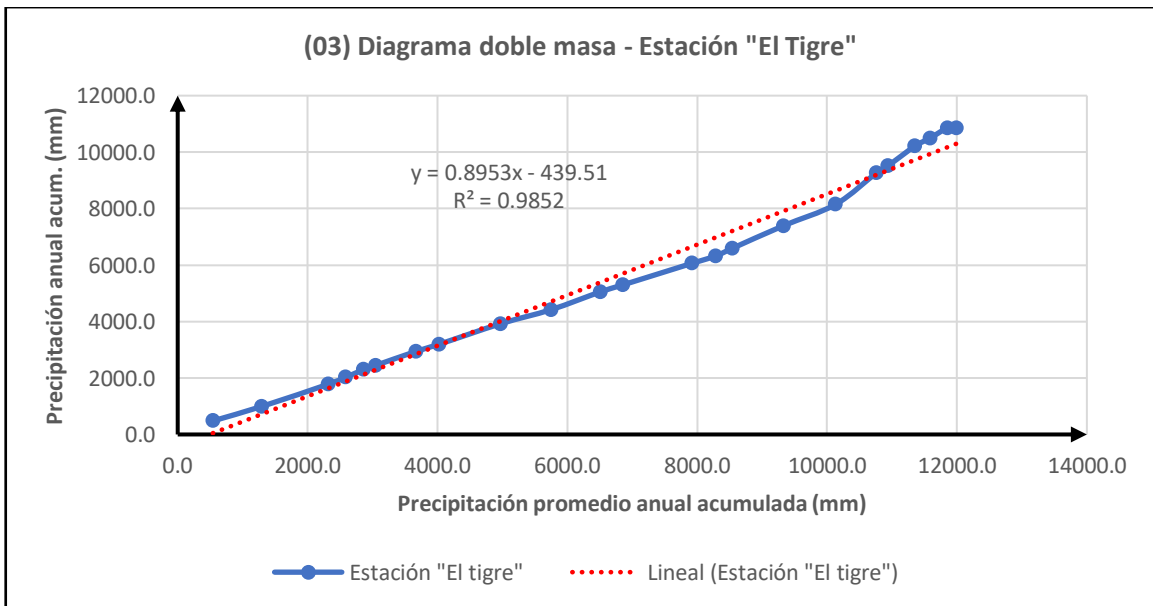
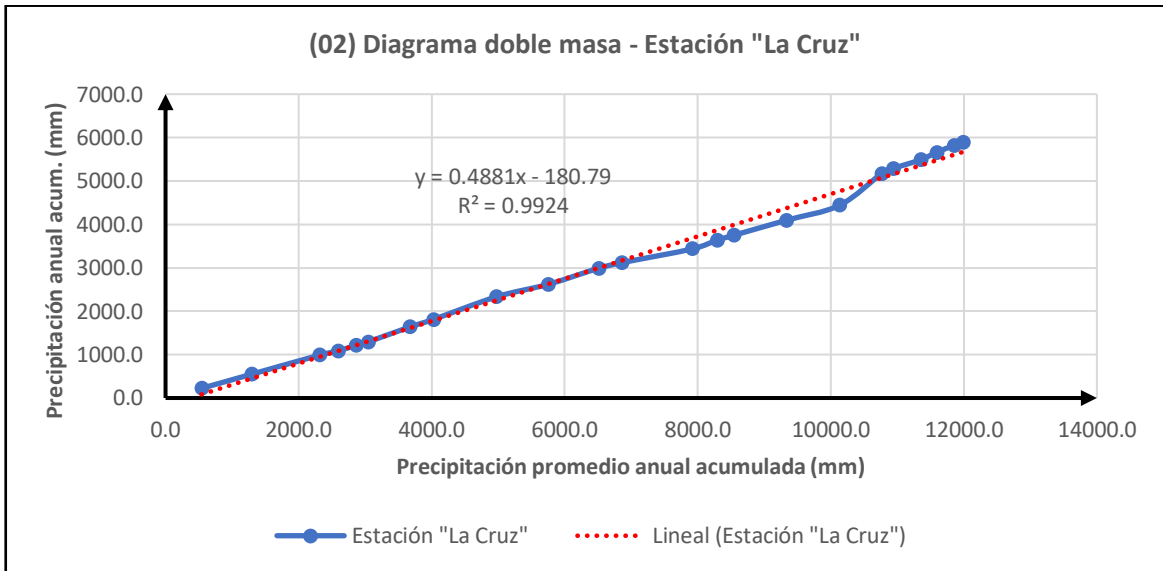
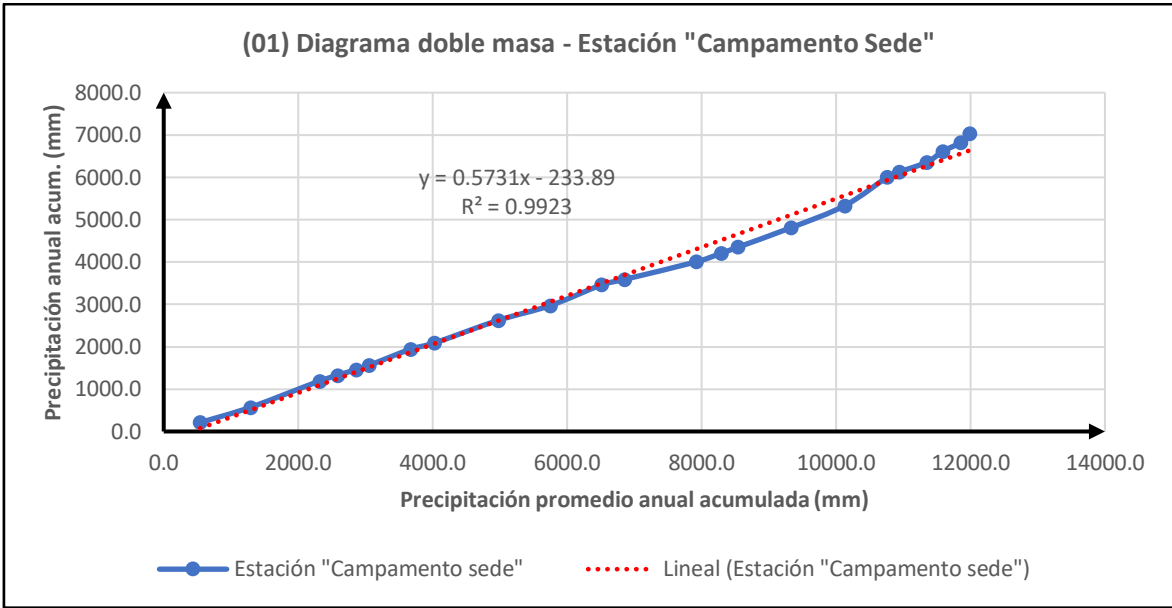


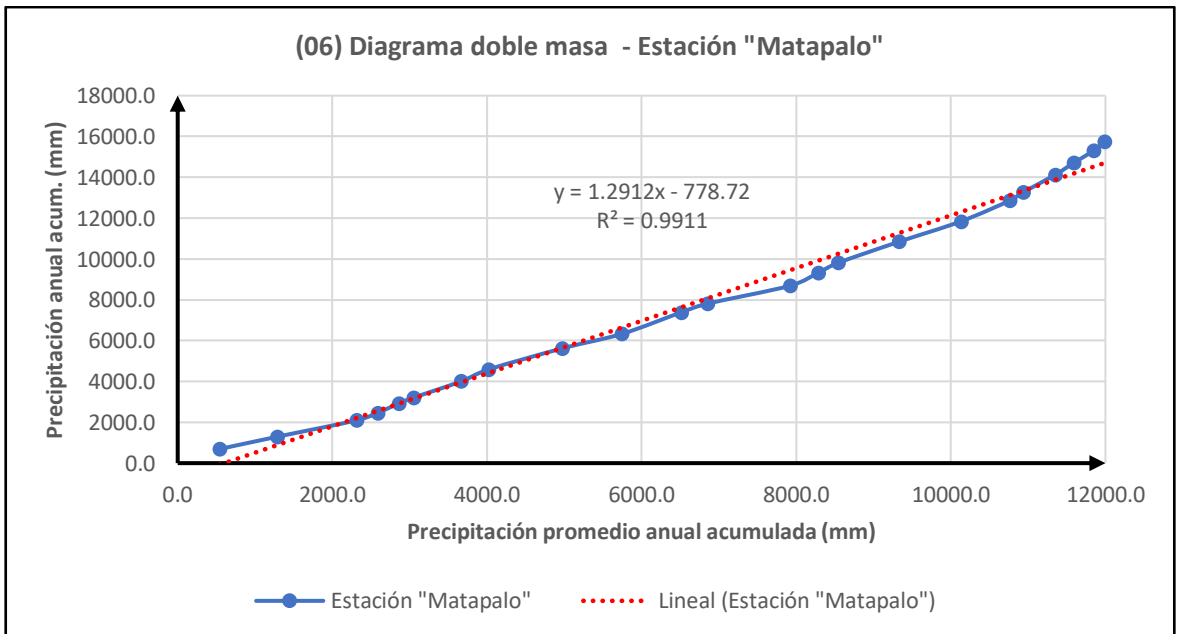
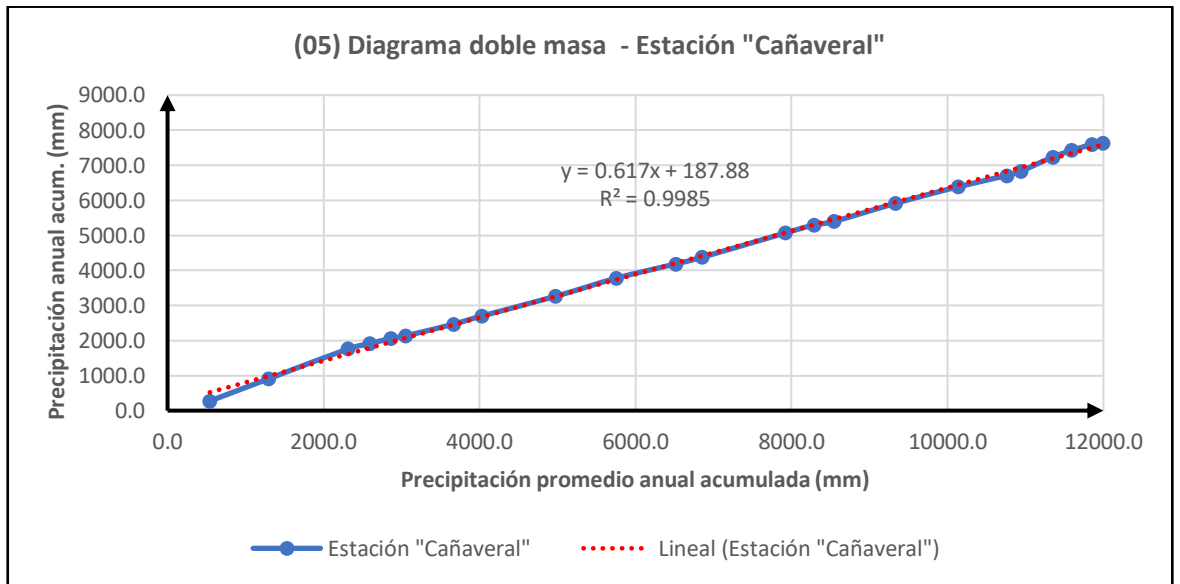
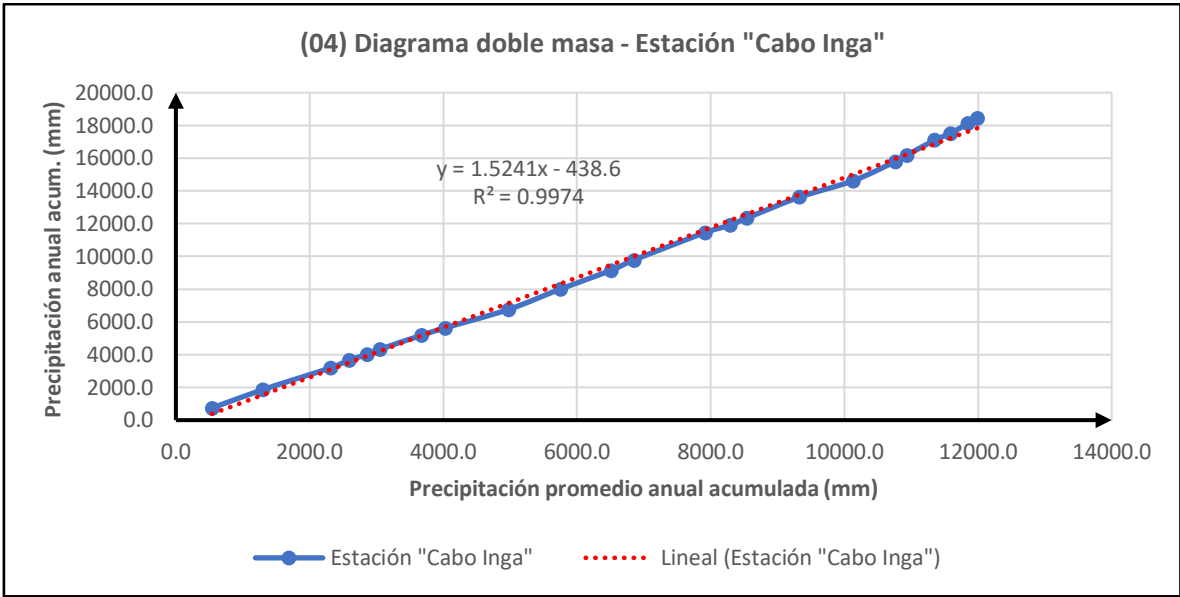




Anexo 3: Diagramas doble masa pre análisis estadístico (saltos y tendencias).

Análisis doble masa de 8 estaciones ubicadas en la zona de la cuenca del río Tumbes: Campamento sede, La cruz, El tigre, Cabo Inga, Cañaverl, Matapalo, V1 y V2																	
Año	Estación "Campamento sede"		Estación "La Cruz"		Estación "El tigre"		Estación "Cabo Inga"		Estación "Cañaverl"		Estación "Matapalo"		Estación "V1"		Estación "V2"		Precipitación promedio anual acumulada (mm)
	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	
2000	211.20	211.20	222.80	222.80	480.10	480.10	739.70	739.70	272.63	272.63	690.40	690.40	795.58	795.58	919.05	919.05	541.43
2001	361.30	572.50	325.40	548.20	511.30	991.40	1110.80	1850.50	634.16	906.79	607.70	1298.10	1453.78	2249.36	1013.35	1932.40	1293.66
2002	617.30	1189.80	439.90	988.10	785.90	1777.30	1344.40	3194.90	853.68	1760.47	800.50	2098.60	1606.29	3855.65	1722.25	3654.65	2314.93
2003	137.90	1327.70	95.90	1084.00	249.10	2026.40	472.30	3667.20	149.13	1909.60	367.10	2465.70	298.46	4154.11	429.68	4084.33	2589.88
2004	136.40	1464.10	131.00	1215.00	272.20	2298.60	347.20	4014.40	149.80	2059.40	469.00	2934.70	275.01	4429.12	410.19	4494.51	2863.73
2005	95.40	1559.50	81.10	1296.10	148.50	2447.10	311.50	4325.90	74.02	2133.42	272.00	3206.70	255.06	4684.18	254.72	4749.24	3050.27
2006	382.50	1942.00	340.10	1636.20	494.70	2941.80	847.40	5173.30	334.18	2467.60	802.70	4009.40	940.92	5625.10	813.95	5563.18	3669.82
2007	147.70	2089.70	173.70	1809.90	252.15	3193.95	458.10	5631.40	229.03	2696.63	582.90	4592.30	464.89	6089.99	530.40	6093.58	4024.68
2008	534.37	2624.07	522.00	2331.90	729.40	3923.35	1125.40	6756.80	564.17	3260.80	1028.90	5621.20	1636.46	7726.45	1463.93	7557.51	4975.26
2009	348.90	2972.97	285.80	2617.70	495.42	4418.77	1242.40	7999.20	514.20	3775.00	713.20	6334.40	1366.70	9093.15	1221.15	8778.67	5748.73
2010	488.10	3461.07	372.70	2990.40	634.70	5053.47	1149.40	9148.60	407.78	4182.79	1050.70	7385.10	928.34	10021.50	1077.53	9856.20	6512.39
2011	130.00	3591.07	125.50	3115.90	243.10	5296.57	632.70	9781.30	192.18	4374.96	426.80	7811.90	286.10	10307.59	698.71	10554.90	6854.27
2012	414.70	4005.77	319.90	3435.80	765.20	6061.77	1678.00	11459.30	693.10	5068.07	877.00	8688.90	1897.15	12204.74	1885.67	12440.57	7920.61
2013	199.80	4205.57	199.30	3635.10	260.42	6322.19	442.30	11901.60	229.52	5297.59	640.10	9329.00	495.08	12699.82	475.92	12916.50	8288.42
2014	148.16	4353.73	114.20	3749.30	273.02	6595.21	440.30	12341.90	98.90	5396.49	481.31	9810.31	187.64	12887.46	296.34	13212.84	8543.41
2015	457.10	4810.83	344.30	4093.60	798.50	7393.71	1276.70	13618.60	513.18	5909.67	1031.89	10842.20	902.59	13790.06	959.03	14171.87	9328.82
2016	523.00	5333.83	346.49	4440.09	757.30	8151.01	998.40	14617.00	473.30	6382.97	1000.83	11843.03	1039.11	14829.16	1288.92	15460.79	10132.23
2017	670.90	6004.73	728.90	5168.99	1120.31	9271.32	1178.50	15795.50	324.20	6707.17	1018.10	12861.13	0.00	14829.16	0.00	15460.79	10762.35
2018	121.20	6125.93	119.50	5288.49	245.20	9516.52	386.40	16181.90	118.70	6825.87	410.20	13271.33	0.00	14829.16	0.00	15460.79	10937.50
2019	232.50	6358.43	200.10	5488.59	693.70	10210.22	918.90	17100.80	408.80	7234.67	851.60	14122.93	0.00	14829.16	0.00	15460.79	11350.70
2020	256.80	6615.23	170.50	5659.09	291.20	10501.42	421.00	17521.80	187.00	7421.67	582.70	14705.63	0.00	14829.16	0.00	15460.79	11589.35
2021	206.10	6821.33	160.00	5819.09	350.00	10851.42	598.10	18119.90	167.60	7589.27	605.40	15311.03	0.00	14829.16	0.00	15460.79	11850.25
2022	214.10	7035.43	77.10	5896.19	0.00	10851.42	333.90	18453.80	47.10	7636.37	439.00	15750.03	0.00	14829.16	0.00	15460.79	11989.15





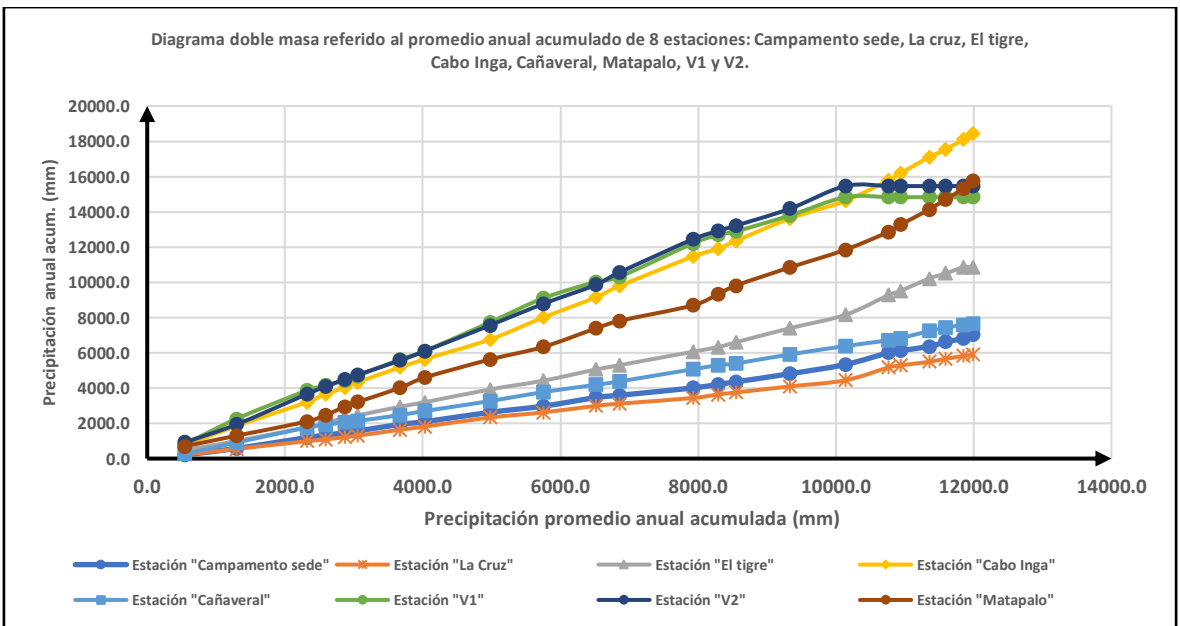
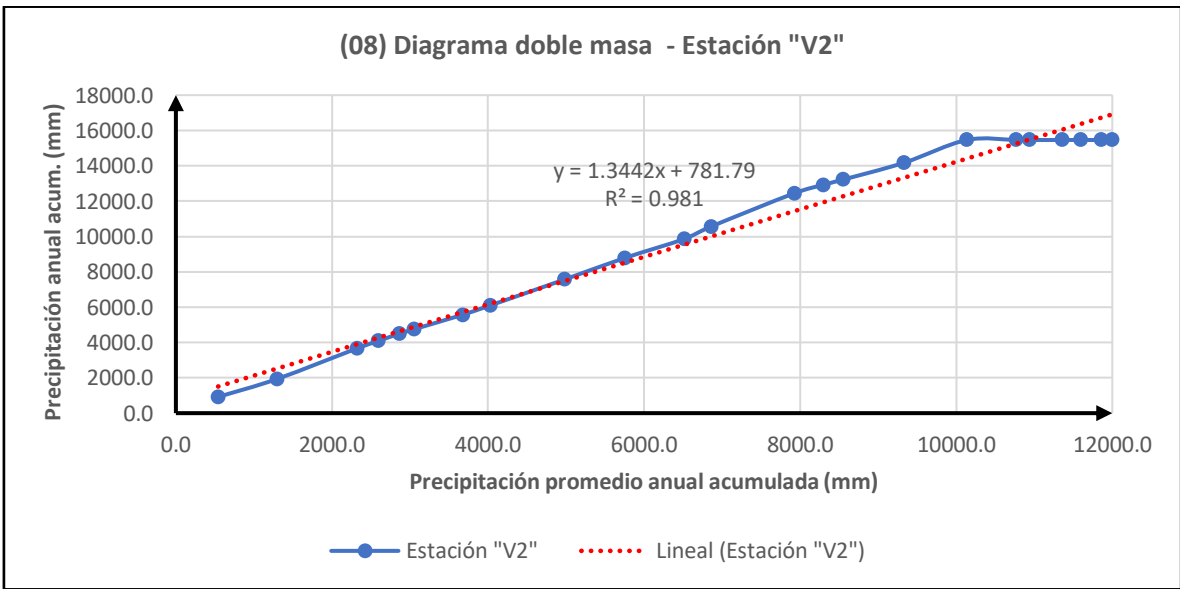
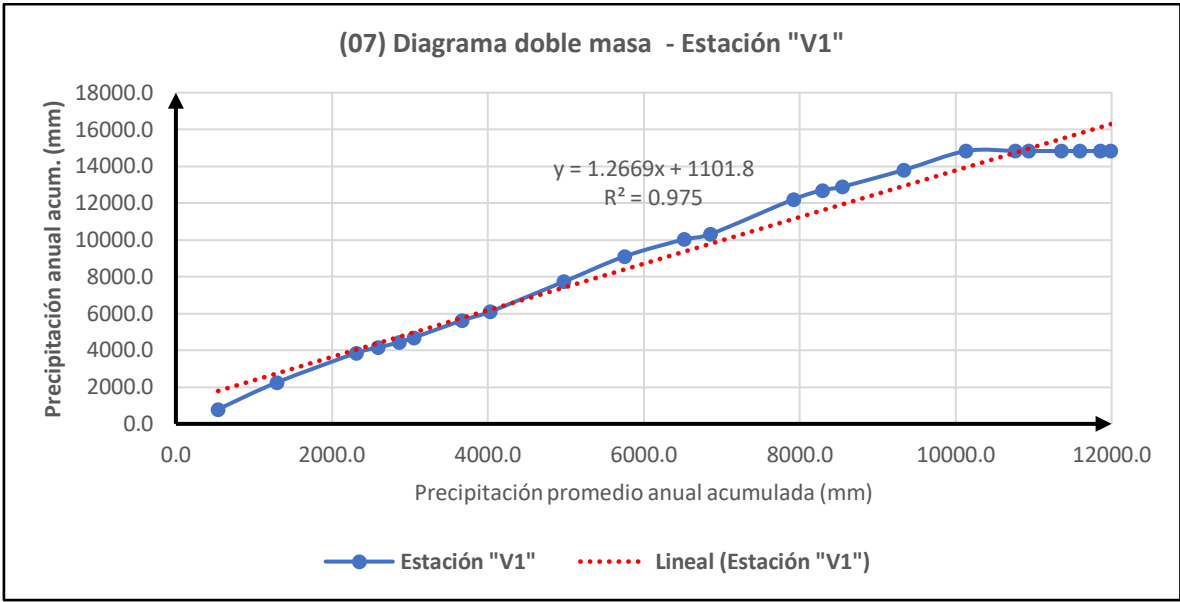
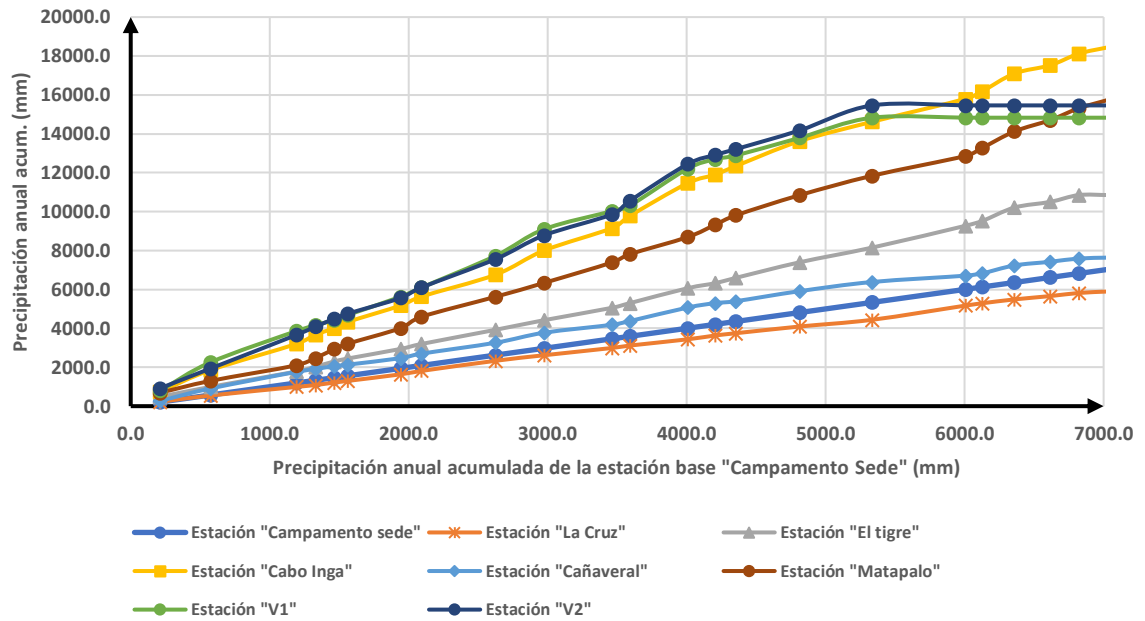
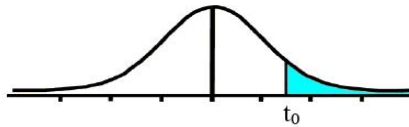


Diagrama doble masa referido a la estación base "Campamento Sede": Campamento sede, La cruz, El tigre, Cabo Inga, Cañaverl, Matapalo, V1 y V2.



Anexo 4: Tabla "t student" y "F de Fisher" utilizadas en el análisis estadístico (saltos y tendencias).

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Fuente: Hidrología Estadística (Villón, 2006)

Tabla t-Student Continuación...

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

Fuente: Hidrología Estadística (Villón, 2006)

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - a = 0.95

n_1 = grados de libertad del numerador

1 - a = P (F ≤ f_{1-a, n_1, n_2})

n_2 = grados de libertad del denominador

$n_2 \backslash n_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.958	236.767	238.604	240.543	241.682	242.961	243.905	244.690	245.303	245.949	246.466	246.917	247.324	247.658	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.126	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.867	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.355	6.206	6.103	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.855	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.605	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.676	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.967	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.906	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.316	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.476	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.026	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.055	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.542	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.048	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.026	2.795	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.008	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.196	2.163	2.135	2.110	2.088	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.180	2.147	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.164	2.131	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.150	2.117	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.326	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.136	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.124	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.065	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.036	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.985	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.756	2.523	2.366	2.252	2.165	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.975	3.126	2.732	2.500	2.342	2.228	2.141	2.073	2.016	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.717	2.485	2.327	2.213	2.126	2.058	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.315	2.201	2.113	2.045	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.035	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.988	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Fuente: Hidrología Estadística (Villón, 2006)

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - a = 0.95

1 - a = P (F ≤ f_{α, n1, n2})

n ₂ \ n ₁	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	40	50	60	70	80	90	100	200	500	1000
1	248.307	248.579	248.823	249.052	249.260	249.453	249.631	249.795	249.951	250.096	251.144	251.774	252.196	252.498	252.723	252.895	253.043	253.676	254.062	254.166
2	19.448	19.450	19.452	19.454	19.456	19.457	19.459	19.460	19.461	19.463	19.471	19.476	19.479	19.481	19.483	19.485	19.486	19.491	19.494	19.495
3	8.654	8.648	8.643	8.638	8.634	8.630	8.626	8.623	8.620	8.617	8.594	8.581	8.572	8.566	8.561	8.557	8.554	8.540	8.532	8.529
4	5.790	5.787	5.781	5.774	5.769	5.763	5.759	5.754	5.750	5.746	5.717	5.699	5.688	5.679	5.673	5.668	5.664	5.646	5.635	5.632
5	4.549	4.541	4.534	4.527	4.521	4.515	4.510	4.505	4.500	4.496	4.464	4.444	4.431	4.422	4.415	4.409	4.405	4.385	4.373	4.369
6	3.865	3.856	3.849	3.841	3.835	3.829	3.823	3.818	3.813	3.808	3.774	3.754	3.740	3.730	3.722	3.716	3.712	3.690	3.678	3.673
7	3.435	3.426	3.418	3.410	3.404	3.397	3.391	3.386	3.381	3.376	3.340	3.319	3.304	3.294	3.286	3.280	3.275	3.252	3.239	3.234
8	3.140	3.131	3.123	3.115	3.108	3.102	3.095	3.090	3.084	3.079	3.043	3.020	3.005	2.994	2.986	2.980	2.975	2.951	2.937	2.932
9	2.926	2.917	2.908	2.900	2.893	2.886	2.880	2.874	2.869	2.864	2.826	2.803	2.787	2.776	2.768	2.761	2.756	2.731	2.717	2.712
10	2.764	2.754	2.745	2.737	2.730	2.723	2.716	2.710	2.705	2.700	2.661	2.637	2.621	2.609	2.601	2.594	2.588	2.563	2.548	2.543
11	2.636	2.626	2.617	2.609	2.601	2.594	2.588	2.582	2.576	2.570	2.531	2.507	2.490	2.478	2.469	2.462	2.457	2.431	2.415	2.410
12	2.533	2.523	2.514	2.505	2.498	2.491	2.484	2.478	2.472	2.466	2.426	2.401	2.384	2.372	2.363	2.356	2.350	2.323	2.307	2.302
13	2.448	2.438	2.429	2.420	2.412	2.405	2.398	2.392	2.386	2.380	2.339	2.314	2.297	2.284	2.275	2.267	2.261	2.234	2.218	2.212
14	2.377	2.367	2.357	2.349	2.341	2.333	2.326	2.320	2.314	2.308	2.266	2.241	2.223	2.210	2.201	2.193	2.187	2.159	2.142	2.136
15	2.316	2.306	2.297	2.288	2.280	2.272	2.265	2.259	2.253	2.247	2.204	2.178	2.160	2.147	2.137	2.130	2.123	2.095	2.078	2.072
16	2.264	2.254	2.244	2.235	2.227	2.220	2.212	2.206	2.200	2.194	2.151	2.124	2.106	2.093	2.083	2.075	2.068	2.039	2.022	2.016
17	2.219	2.208	2.199	2.190	2.181	2.174	2.167	2.160	2.154	2.148	2.104	2.077	2.058	2.045	2.035	2.027	2.020	1.991	1.973	1.967
18	2.179	2.168	2.159	2.150	2.141	2.134	2.126	2.119	2.113	2.107	2.063	2.035	2.017	2.003	1.993	1.985	1.978	1.948	1.929	1.923
19	2.144	2.133	2.123	2.114	2.106	2.098	2.090	2.084	2.077	2.071	2.026	1.999	1.980	1.966	1.955	1.947	1.940	1.910	1.891	1.884
20	2.112	2.102	2.092	2.082	2.074	2.066	2.059	2.052	2.045	2.039	1.994	1.966	1.946	1.932	1.922	1.913	1.907	1.875	1.856	1.850
21	2.084	2.073	2.063	2.054	2.045	2.037	2.030	2.023	2.016	2.010	1.965	1.936	1.916	1.902	1.891	1.883	1.876	1.845	1.825	1.818
22	2.059	2.048	2.038	2.028	2.020	2.012	2.004	1.997	1.990	1.984	1.938	1.909	1.889	1.875	1.864	1.856	1.849	1.817	1.797	1.790
23	2.036	2.025	2.014	2.005	1.996	1.988	1.981	1.973	1.967	1.961	1.914	1.885	1.865	1.850	1.839	1.830	1.823	1.791	1.771	1.764
24	2.015	2.003	1.993	1.984	1.975	1.967	1.959	1.952	1.945	1.939	1.892	1.863	1.842	1.828	1.816	1.808	1.800	1.768	1.747	1.740
25	1.995	1.984	1.974	1.964	1.955	1.947	1.939	1.932	1.926	1.919	1.872	1.842	1.822	1.807	1.796	1.787	1.779	1.746	1.725	1.718
26	1.978	1.966	1.956	1.946	1.938	1.929	1.921	1.914	1.907	1.901	1.853	1.823	1.803	1.788	1.776	1.767	1.760	1.726	1.705	1.698
27	1.961	1.950	1.940	1.930	1.921	1.913	1.905	1.898	1.891	1.884	1.836	1.806	1.785	1.770	1.758	1.749	1.742	1.708	1.686	1.679
28	1.946	1.935	1.924	1.915	1.906	1.897	1.889	1.882	1.875	1.869	1.820	1.790	1.769	1.754	1.742	1.733	1.725	1.691	1.669	1.662
29	1.932	1.921	1.910	1.901	1.891	1.883	1.875	1.868	1.861	1.854	1.806	1.775	1.754	1.738	1.726	1.717	1.710	1.675	1.653	1.645
30	1.919	1.908	1.897	1.887	1.878	1.870	1.862	1.854	1.847	1.841	1.792	1.761	1.740	1.724	1.712	1.703	1.695	1.660	1.637	1.630
40	1.826	1.814	1.803	1.793	1.783	1.775	1.766	1.759	1.751	1.744	1.693	1.660	1.637	1.621	1.608	1.597	1.589	1.551	1.526	1.517
50	1.771	1.759	1.748	1.737	1.727	1.718	1.710	1.702	1.694	1.687	1.634	1.599	1.576	1.558	1.544	1.534	1.525	1.484	1.457	1.448
60	1.735	1.722	1.711	1.700	1.690	1.681	1.672	1.664	1.656	1.649	1.594	1.559	1.534	1.516	1.502	1.491	1.481	1.438	1.409	1.399
70	1.709	1.696	1.685	1.674	1.664	1.654	1.646	1.637	1.629	1.622	1.566	1.530	1.505	1.486	1.471	1.459	1.450	1.404	1.374	1.364
80	1.689	1.677	1.665	1.654	1.644	1.634	1.626	1.617	1.609	1.602	1.545	1.508	1.482	1.463	1.448	1.436	1.426	1.379	1.347	1.336
90	1.675	1.662	1.650	1.639	1.629	1.619	1.610	1.601	1.593	1.586	1.528	1.491	1.465	1.445	1.429	1.417	1.407	1.358	1.326	1.314
100	1.663	1.650	1.638	1.627	1.616	1.607	1.598	1.589	1.581	1.573	1.515	1.477	1.450	1.430	1.415	1.402	1.392	1.342	1.308	1.296
200	1.609	1.596	1.583	1.572	1.561	1.551	1.542	1.533	1.524	1.516	1.455	1.415	1.386	1.364	1.346	1.332	1.321	1.263	1.221	1.205
500	1.577	1.563	1.551	1.539	1.528	1.518	1.508	1.499	1.490	1.482	1.419	1.376	1.345	1.322	1.303	1.288	1.275	1.210	1.159	1.135
1000	1.566	1.553	1.540	1.528	1.517	1.507	1.497	1.488	1.479	1.471	1.406	1.363	1.332	1.308	1.289	1.273	1.260	1.190	1.134	1.110

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Fuente: Hidrología Estadística (Villón, 2006)

Anexo 5: Análisis estadístico de saltos y tendencias

ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i; S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2} \quad (20)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j; S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2} \quad (21)$$

b. Estadística T

Calculamos la desviación estándar de las diferencias de promedios.

$$S_d = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} \quad (22)$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} \quad (23)$$

Cálculo de Tc

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d} \quad (24)$$

Hallar el valor de Tt en las tablas con:

N.C. = 95% de probabilidades

$\alpha = 0.05$

G.L. = $n_1 + n_2 - 2$

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Se realiza con la prueba "F" de la forma que a continuación se describe

a. Cálculo de las varianzas de ambos periodos.

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{X}_1)^2 \quad (25)$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{X}_2)^2 \quad (26)$$

b. Cálculo del F calculado (Fc), como sigue:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \quad \text{si } S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad (27)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \quad \text{si } S_2^2(x) > S_1^2(x) \quad (28)$$

c. Cálculo del F tabular (Ft), con:

$$\alpha = 0.05$$

$$Nc = 95\%$$

$$G.L.N. = n_1 - 1$$

$$G.L.D. = n_2 - 1$$

d. Conclusiones

$$F_c \leq F_t (95\%) \quad \text{Aceptar HP (muestra consistente)}$$

$$F_c > F_t (95\%) \quad \text{Aceptar HA (muestra inconsistente)}$$

3. CORRECCIÓN DE LOS DATOS

Si la media y la desviación estándar resultan estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del periodo más confiable, dicha ecuación se expresa como:

a) Si el periodo 1 es el dudoso y el periodo 2 el confiable, entonces:

$$x'_1 = \left(\frac{x_1 - \bar{X}_1}{S_1} \right) S_2 + \bar{X}_2 \quad (29)$$

b) Si en cambio, el periodo 1 es el confiable y el periodo 2 el dudoso corregible, entonces la expresión (29) se convierte en la (30).

$$x'_1 = \left(\frac{x_1 - \bar{X}_2}{S_2} \right) S_1 + \bar{X}_1 \quad (30)$$

Donde:

x_1 = Dato a corregir

x'_1 = Dato corregido

S = Variancia

\bar{X} = Media

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

La tendencia en la media $Tm_{p,t}$ puede expresarse en forma general por el siguiente polinomio:

$$Tm_{p,t} = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots \quad (31)$$

Y en forma particular por la ecuación de regresión lineal simple:

$$Tm_{p,t} = A_m + B_m t \quad (32)$$

Donde:

$Tm_{p,t}$ = Proceso no estacionario, esto es, la información hidrometeorológica corregida por saltos.

t = Tiempo

p = 1, 2, 3, ..., = Número de años del registro

$\tau = 1, 2, 3, \dots$, w = Período básico e igual a 365, 52 o 12, según que la serie sea diario, semanal o anual, respectivamente.

A_m, B_m, C_m, \dots = coeficientes de los polinomios de regresión, que deben ser estimados con los datos.

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

$$A_m = \bar{T} - \bar{t}B_m \quad (33)$$

$$B_m = R \frac{S_{tm}}{S_t} \quad (34)$$

$$R = \frac{\bar{t}\bar{T}_m - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{tm}} \quad (35)$$

Donde:

$$T_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i} \quad (36)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (37)$$

$$\bar{t} \cdot \bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \cdot T_{mi} \quad (38)$$

$$S_{tm} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} - \bar{T}_m)^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (39)$$

$$S_t = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (40)$$

Donde:

\bar{T}_m = promedio de las tendencias T_m , o promedio de los datos corregidos de saltos $X'(t)$.

\bar{t} = promedio del tiempo t .

S_{tm} = desviación estándar de la tendencia de la media T_m

S_t = desviación estándar del tiempo.

b) Evaluación de la tendencia T_m

1. Cálculo del estadístico t según:

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (41)$$

Donde:

t_c = valor del estadístico t calculado.

n = número de datos

R = coeficiente de correlación

2. Cálculo de t tabular

El valor crítico de t, se obtiene de la tabla t de student, con 95% de probabilidad o con un nivel de significación del 5% es decir:

$$GL = n - 2$$

$$\alpha = 0.05$$

3. Los criterios de aceptación o de rechazo de la hipótesis planteada se establecen según las condiciones siguientes:

Si:

$|T_c| \leq T_t(\alpha = 95\%) \quad \text{Aceptar } H_0 \text{ (prueba no significativa)}$

$|T_c| > T_t(\alpha = 95\%) \quad \text{Aceptar } H_A \text{ (prueba significativa)}$

En el primer caso, la muestra es consistente, sin saltos ni tendencias; en cambio en el segundo caso, la tendencia es significativa y entonces se procede a eliminarla, tal como se explica a continuación.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La tendencia en la variancia generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, mas no en los anuales. Esta tendencia, al igual que la media, puede ser aproximada por la ecuación polinomial siguiente:

$$TS_{p,\tau} = A_s + B_s + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots \quad (42)$$

Donde:

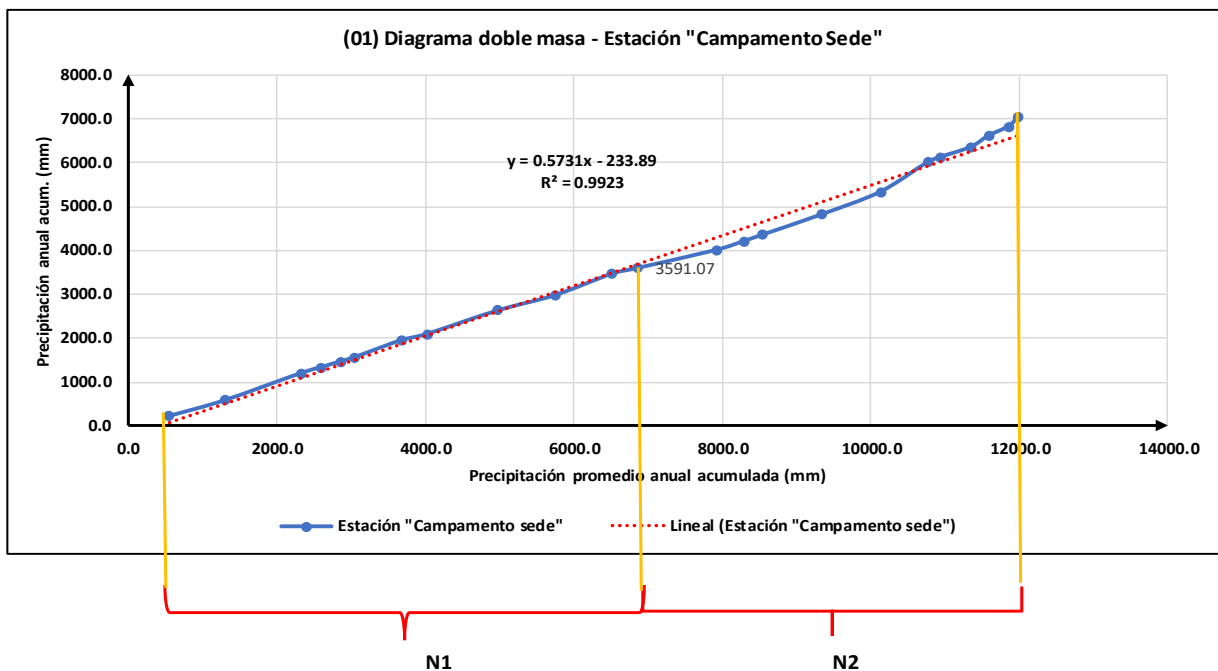
$TS_{p,\tau}$ = Tendencia en la variancia

$\tau = 1, 2, \dots, n$

n = Longitud del registro en años

A_s, B_s, C, D_s = Son coeficientes del polinomio de regresión y se estiman a partir de los datos de la muestra.

A. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "Campamento Sede".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2011		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2012 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	144	Tamaño de la muestra (n2)=	132
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	24.94	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	26.09
Desviación Stand.(S1) =	55.08	Desviación Stand(S2)=	54.94
Grados de libertad(GL1)=	143	Grados de libertad(GL2)=	131

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	55.02
Desviación de las diferencias de los promedios	6.63
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.17
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	274.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.17$	$\leq Tt = 1.97$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.01
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.33
Conclusión:	
$F_c = 1.01$	$\leq F_t = 1.33$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	\bar{T}_m	$Tm*t$
Prom	138.5	25.49	3428.50
DESEST	79.82	54.92	8361.00

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

$i =$	Número de meses	276.00
$\bar{T}_m =$	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	25.49
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	138.5
$S_{tm} =$	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	54.92
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\overline{t * T_m} =$	Promedio de tendencias y tiempo	3428.50

R	=	-0.0233
Bm	=	-0.0160
Am	=	27.7072

Ecuación de regresión lineal: $27.707 + -0.016.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.39
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	274.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.39$	$\leq Tt = 1.9687$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	25.118	25.12
2001	2	57.412	114.82
2002	3	99.463	298.39
2003	4	18.164	72.66
2004	5	18.114	90.57
2005	6	17.100	102.60
2006	7	76.114	532.80
2007	8	24.526	196.21
2008	9	84.104	756.94
2009	10	55.054	550.54
2010	11	72.168	793.84
2011	12	15.739	188.87
2012	13	52.891	687.58
2013	14	31.024	434.33
2014	15	18.542	278.14
2015	16	93.279	1492.46
2016	17	80.556	1369.46
2017	18	99.986	1799.74
2018	19	14.155	268.95
2019	20	29.567	591.34
2020	21	42.444	891.32
2021	22	25.679	564.93
2022	23	27.735	637.91

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	46.91	553.89
DESEST	6.78	29.93	474.73

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

$i =$	Número de meses	23.00
$\bar{S}_p =$	Desviación estándar del año p, es decir de los datos mensuales del año p.	46.91
$S_{SP} =$	Desviación estándar de la Desviación estándar del año p. Sp	29.93
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	12.00
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	6.78
$\overline{t * S_p} =$	Promedio de desviación estándar y tiempo	553.89

$$R = -0.0445$$

$$B_s = -0.1963$$

$$A_s = 49.2658$$

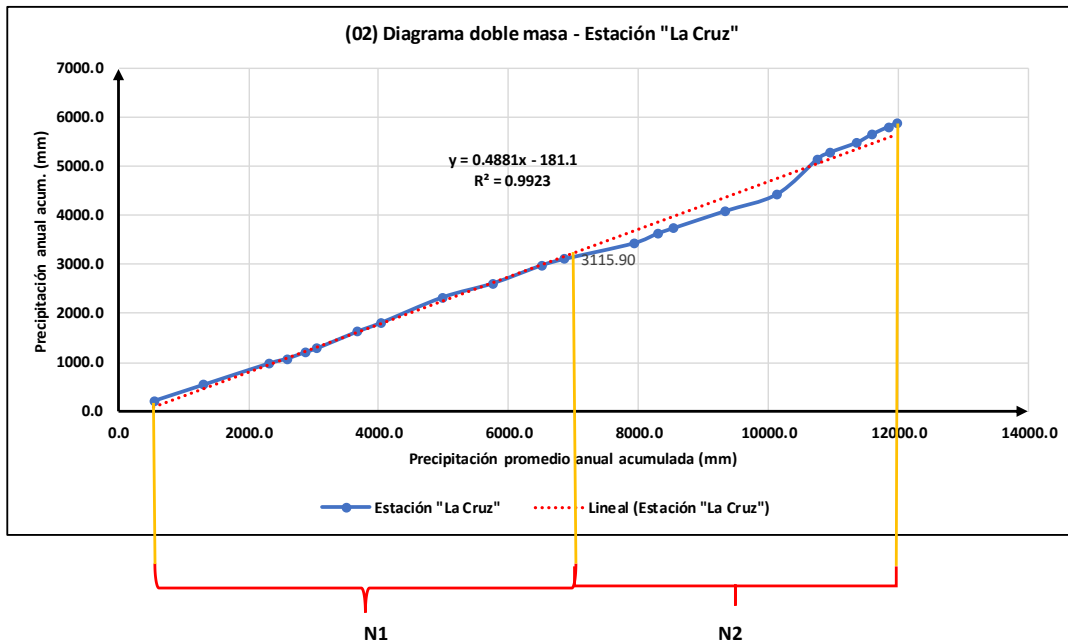
Ecuación de regresión lineal: $49.266 + -0.196.t$ $T_s = A_s + B_s * t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.20
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.20 \leq Tt = 2.0796$	HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

B. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "La Cruz".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2011		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2012 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	144	Tamaño de la muestra (n2)=	127
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	21.64	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	21.89
Desviación Stand.(S1) =	47.24	Desviación Stand(S2)=	49.60
Grados de libertad(GL1)=	143	Grados de libertad(GL2)=	126

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	48.36
Desviación de las diferencias de los promedios	5.89
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.04
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	269.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.04$	$\leq Tt = 1.9688$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.10
Calculo del F tabular(valor crítico de Ft) Ft	1.33
Conclusión:	
$F_c = 1.10$	$\leq F_t = 1.33$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	138.5	21.36	2805.62
DESEST	79.82	47.92	7465.01

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	271.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	21.36
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	138.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	47.92
S_t =	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\overline{t * T_m}$ =	Promedio de tendencias y tiempo	2805.62
R =	-0.0400	
Bm =	-0.0240	
Am =	24.6926	
Ecuación de regresión lineal: $24.693 + -0.024.t$		$Tm_{p,t} = A_m + B_m.t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.66
Calculo del valor crítico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	269.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.66$	$\leq Tt = 1.9688$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	24.458	24.46
2001	2	60.976	121.95
2002	3	67.902	203.71
2003	4	9.564	38.26
2004	5	16.993	84.97
2005	6	13.713	82.28
2006	7	59.925	419.47
2007	8	30.697	245.58
2008	9	84.403	759.63
2009	10	51.819	518.19
2010	11	54.341	597.75
2011	12	22.200	266.40
2012	13	41.317	537.12
2013	14	33.031	462.43
2014	15	12.293	184.39
2015	16	61.391	982.26
2016	17	54.879	932.95
2017	18	116.363	2094.53
2018	19	16.920	321.49
2019	20	30.217	604.33
2020	21	33.678	707.23
2021	22	21.682	477.00
2022	23	10.848	249.50

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	40.42	474.60
DESEST	6.78	26.89	448.18

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

$i =$	Número de meses	23.00
$\bar{T}_s =$	Promedio de las tendencias T_m , o promedio de los datos corregidos de saltos X^t	40.42
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	12.00
$S_{T_s} =$	Desviación estándar de la tendencia de la media T_m	26.89
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	6.78
$\bar{t * T}_s =$	Promedio de tendencias y tiempo	474.60

R	=	-0.0571
Bs	=	-0.2263
As	=	43.1337

Ecuación de regresión lineal: **43.134 + -0.226.t**

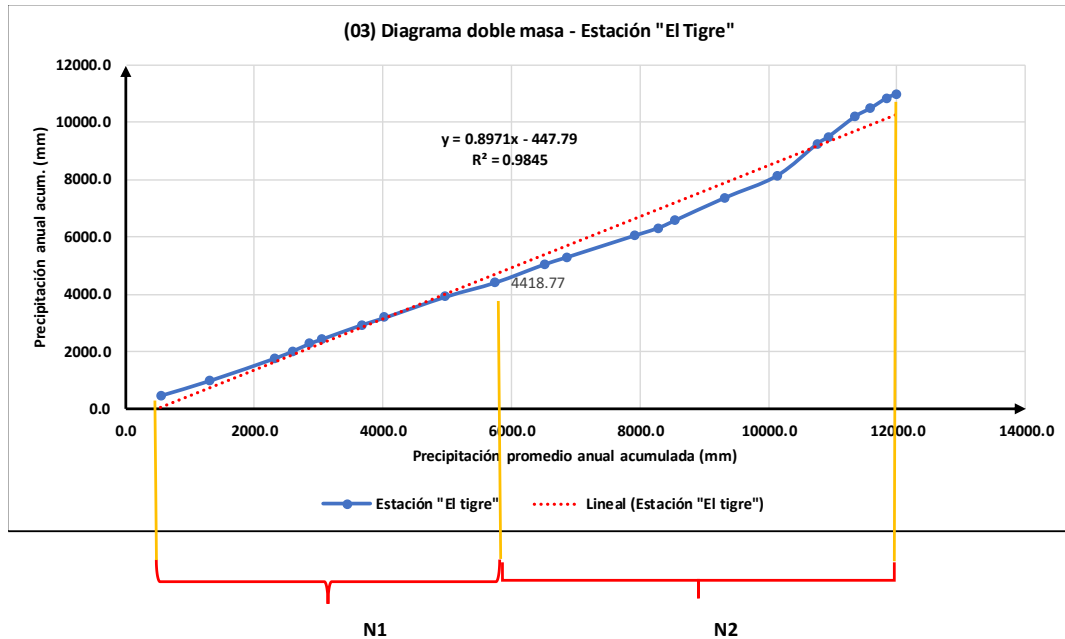
$$T_s = A_s + B_s t$$

b) Evaluación de la tendencia T_m

Cálculo del T, calculado (T_c) según:	0.26
Calculo del valor critico de t, tabular T_t :	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.26$	$\leq T_t = 2.0796$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

C. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "El Tigre".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales	
ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2009		ENTRE LOS AÑOS 2010 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	120	Tamaño de la muestra (n2)=	152
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	36.82	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	43.20
Desviación Stand.(S1) =	72.34	Desviación Stand(S2)=	79.40
Grados de libertad(GL1)=	119	Grados de libertad(GL2)=	151

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	76.37
Desviación de las diferencias de los promedios	9.33
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.68
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	270.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.68$	$\leq Tt = 1.9688$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.20
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.34
Conclusión:	
$F_C = 1.20$	$\leq F_t = 1.34$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	138.5	39.80	5423.27
DESEST	79.82	74.50	11956.79

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	272.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	39.80
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	138.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	74.50
S_t =	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\bar{t} * \bar{T}_m$ =	Promedio de tendencias y tiempo	5423.27

R	=	-0.0150
Bm	=	-0.0140
Am	=	41.7445

Ecuación de regresión lineal: $41.744 + -0.014.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.25
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	270.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.25$	$\leq Tt = 1.9688$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	55.939	55.94
2001	2	85.515	171.03
2002	3	116.204	348.61
2003	4	33.900	135.60
2004	5	39.866	199.33
2005	6	29.231	175.38
2006	7	89.980	629.86
2007	8	35.560	284.48
2008	9	104.078	936.70
2009	10	76.464	764.64
2010	11	79.558	875.14
2011	12	36.372	436.46
2012	13	94.362	1226.70
2013	14	43.734	612.28
2014	15	27.368	410.53
2015	16	106.171	1698.74
2016	17	112.276	1908.69
2017	18	125.893	2266.07
2018	19	35.648	677.32
2019	20	86.022	1720.44
2020	21	58.197	1222.13
2021	22	55.346	1217.61
2022	23	18.150	417.44

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	67.21	799.61
DESEST	6.78	33.08	629.37

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i =	Número de meses	23.00
$\bar{T}_s =$	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	67.21
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	12.00
$S_{Ts} =$	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	33.08
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	6.78
$\overline{t * T_s} =$	Promedio de tendencias y tiempo	799.61
R	=	-0.0308
Bs	=	-0.1502
As	=	69.0121

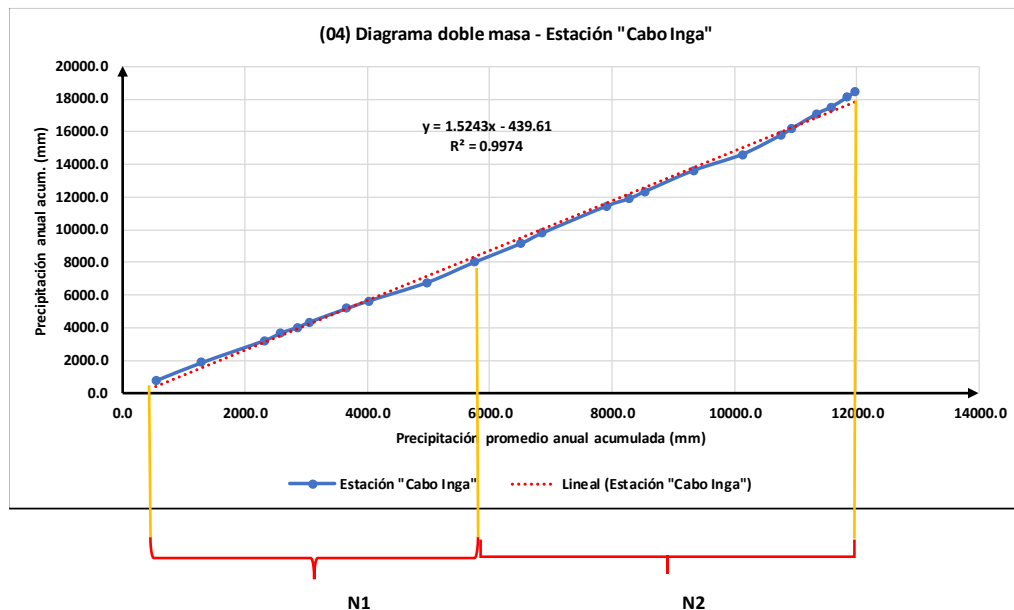
Ecuación de regresión lineal: $69.012 + -0.15.t$ $T_t = A_t + B_t t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.14
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.14 \leq Tt = 2.0796$	HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

D. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "Cabo Inga".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2011		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2012 - 2022	
Tamaño de la muestra (n1)=	144	Tamaño de la muestra (n2)=	125
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	67.93	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	69.38
Desviación Stand.(S1) =	122.91	Desviación Stand.(S2)=	122.63
Grados de libertad(GL1)=	143	Grados de libertad(GL2)=	124

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	122.78
Desviación de las diferencias de los promedios	15.01
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.10
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	267.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.10$	$\leq Tt = 1.9689$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.00
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.33
Conclusión:	
$F_C = 1.00$	$\leq F_t = 1.33$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	138.5	66.86	8685.90
DESEST	79.82	121.46	17954.62

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	269.00
\bar{T}_m	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	66.86
\bar{t}	Promedio del tiempo t	138.5
S_{tm}	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	121.46
S_t	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\bar{t} * \bar{T}_m$	Promedio de tendencias y tiempo	8685.90
R	=	-0.0593
Bm	=	-0.0902
Am	=	79.3491

Ecuación de regresión lineal: $79.349 + -0.09.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.97
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	267.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.97$	$\leq Tt = 1.9689$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	96.373	96.37
2001	2	150.615	301.23
2002	3	182.294	546.88
2003	4	63.641	254.56
2004	5	51.488	257.44
2005	6	59.255	355.53
2006	7	124.656	872.59
2007	8	69.425	555.40
2008	9	148.566	1337.10
2009	10	166.347	1663.47
2010	11	159.914	1759.06
2011	12	117.472	1409.66
2012	13	207.760	2700.88
2013	14	69.214	969.00
2014	15	51.292	769.38
2015	16	172.488	2759.80
2016	17	138.792	2359.47
2017	18	223.441	4021.94
2018	19	34.899	663.07
2019	20	115.475	2309.49
2020	21	49.028	1029.60
2021	22	72.206	1588.54
2022	23	49.244	1132.61

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	111.91	1291.87
DESEST	6.78	56.80	995.50

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i = Número de meses
 \bar{T}_s = Promedio de las tendencias T_m , o promedio de los datos corregidos de saltos $X't$
 \bar{t} = Promedio del tiempo t
 S_{T_s} = Desviación estándar de la tendencia de la media T_m
 S_t = desviación estándar del tiempo t
 $\overline{t * T_s}$ = Promedio de tendencias y tiempo

23.00
111.91
12.00
56.80
6.78
1291.87

R = -0.1325
 B_s = -1.1092
 A_s = 125.2186

Ecuación de regresión lineal: $125.219 + -1.109.t$

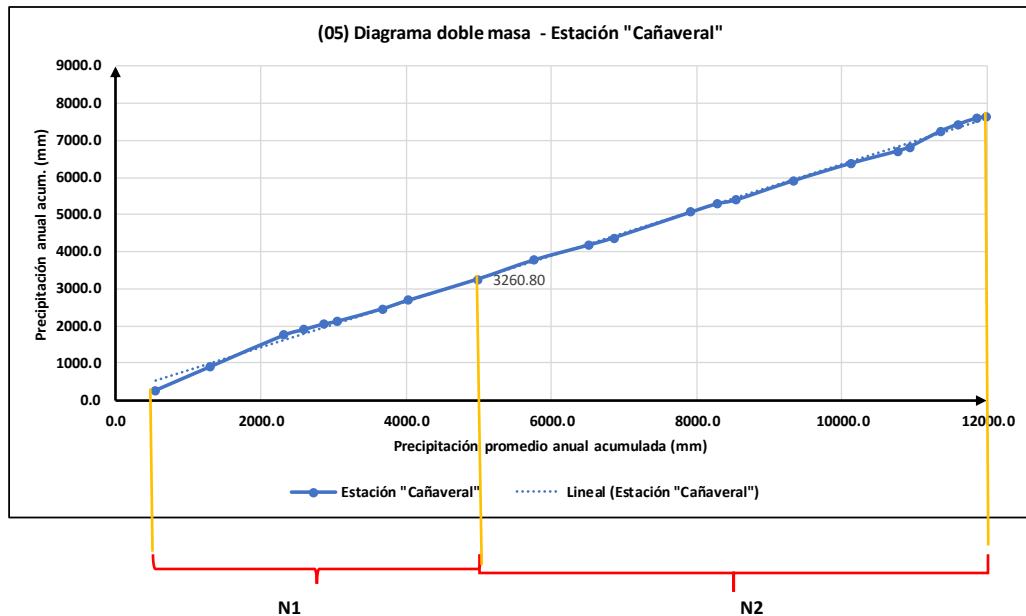
$$T_t = A_s + B_s t$$

b) Evaluación de la tendencia T_m

Cálculo del T, calculado (T_c) según:	0.61
Calculo del valor critico de t, tabular T_t :	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.61$	$\leq T_t = 2.0796$
HOMOGENEIDAD OK	

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir

E. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "Cañaverál".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2008		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2009 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	108	Tamaño de la muestra (n2)=	167
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	30.19	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	26.20
Desviación Stand.(S1) =	71.55	Desviación Stand(S2)=	54.45
Grados de libertad(GL1)=	107	Grados de libertad(GL2)=	166

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	61.72
Desviación de las diferencias de los promedios	7.62
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.52
Calculo del valor crítico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	273.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.52$	$\leq Tt = 1.9687$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.73
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.33
Conclusión:	
$F_C = 1.73 > F_t = 1.33$	NO HOMOGENEIDAD (CORREGIR LA PRECIPITACION)

En este caso, siendo las medias estadísticamente diferentes, se debe corregir la información

CORRECCIÓN DE SALTOS:

PERIODO 1			
AÑO	MES	PP (mm)	Xt' (mm)
2000	Ene	1.14	4.09
	Feb	74.73	60.09
	Mar	61.05	49.68
	Abr	100.44	79.66
	May	26.22	23.17
	Jun	3.52	5.90
	Jul	0.00	0.00
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	0.00	0.00
	Dic	5.53	7.44
2001	Ene	115.57	91.18
	Feb	104.09	82.44
	Mar	335.28	258.39
	Abr	72.90	58.70
	May	1.53	4.39
	Jun	0.00	0.00
	Jul	0.00	0.00
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	2.08	4.81
	Dic	2.72	5.29
2002	Ene	12.47	12.72
	Feb	184.98	144.00
	Mar	410.33	315.50
	Abr	240.20	186.03
	May	1.68	4.50
	Jun	0.00	0.00
	Jul	0.00	0.00
	Ago	1.18	4.12
	Set	0.51	3.61
	Oct	0.48	3.59
	Nov	0.01	3.23
	Dic	1.83	4.61
2003	Ene	22.62	20.43
	Feb	56.64	46.33
	Mar	14.15	13.99
	Abr	42.29	35.41
	May	0.66	3.72
	Jun	0.19	3.37
	Jul	0.05	3.26
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	0.01	3.23
	Dic	12.54	12.77
2004	Ene	3.22	5.67
	Feb	78.22	62.75
	Mar	37.93	32.09
	Abr	23.55	21.14
	May	1.81	4.60
	Jun	0.00	0.00
	Jul	0.07	3.28
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	5.00	7.03
	Nov	0.00	0.00
	Dic	0.00	0.00

2005	Ene	2.11	4.83
	Feb	9.36	10.34
	Mar	48.07	39.80
	Abr	12.23	12.53
	May	0.01	3.23
	Jun	0.03	3.25
	Jul	0.00	0.00
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	0.20	3.37
	Dic	2.01	4.75
2006	Ene	29.04	25.33
	Feb	235.47	182.42
	Mar	61.36	49.92
	Abr	4.79	6.87
	May	0.03	3.25
	Jun	1.19	4.13
	Jul	0.06	3.27
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	0.35	3.49
	Dic	1.89	4.66
2007	Ene	61.96	50.38
	Feb	3.50	5.89
	Mar	143.66	112.56
	Abr	19.56	18.11
	May	0.02	3.24
	Jun	0.00	0.00
	Jul	0.00	0.00
	Ago	0.00	3.23
	Set	0.00	0.00
	Oct	0.00	0.00
	Nov	0.08	3.28
	Dic	0.24	3.40
2008	Ene	124.74	98.16
	Feb	301.04	232.33
	Mar	126.37	99.39
	Abr	8.18	9.45
	May	0.51	3.61
	Jun	0.11	3.31
	Jul	0.92	3.93
	Ago	0.00	0.00
	Set	0.00	0.00
	Oct	2.22	4.91
	Nov	0.08	3.28
	Dic	0.00	0.00

ANÁLISIS DE SALTOS (CON AL INFORMACIÓN CORREGIDA):

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

- a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2008		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2009 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	108	Tamaño de la muestra (n2)=	167
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	25.19	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	26.20
Desviación Stand.(S1) =	54.91	Desviación Stand(S2)=	54.45
Grados de libertad(GL1)=	107	Grados de libertad(GL2)=	166

- b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	54.63
Desviación de las diferencias de los promedios	6.75
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.15
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	273.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.15$	$\leq T_t = 1.9687$
HOMOGENEIDAD OK	

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.02
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.33
Conclusión:	
$F_C = 1.02$	$\leq F_t = 1.33$
HOMOGENEIDAD OK	

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	138.5	25.80	3390.89
DESEST	79.82	54.53	8031.34

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	274.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	25.80
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	138.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	54.53
S_t =	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\overline{t * T_m}$ =	Promedio de tendencias y tiempo	3390.89

R	=	-0.0420
Bm	=	-0.0287
Am	=	29.7755

Ecuación de regresión lineal: $29.776 + -0.029.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.69
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	272.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.69$	$\leq Tt = 1.9687$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	28.058	28.06
2001	2	76.349	152.70
2002	3	102.864	308.59
2003	4	15.166	60.66
2004	5	19.007	95.03
2005	6	11.139	66.83
2006	7	52.085	364.60
2007	8	33.408	267.26
2008	9	71.443	642.99
2009	10	73.046	730.46
2010	11	55.572	611.29
2011	12	33.365	400.38
2012	13	98.948	1286.32
2013	14	45.597	638.36
2014	15	13.707	205.60
2015	16	85.372	1365.95
2016	17	71.182	1210.09
2017	18	53.217	957.91
2018	19	13.237	251.51
2019	20	53.475	1069.49
2020	21	25.118	527.47
2021	22	31.898	701.75
2022	23	5.019	115.43

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	46.45	524.29
DESEST	6.78	29.17	417.94

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i =	Número de meses	23.00
$\bar{T}_s =$	Promedio de las tendencias T_m , o promedio de los datos corregidos de saltos X^t	46.45
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	12.00
$S_{T_s} =$	Desviación estándar de la tendencia de la media T_m	29.17
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	6.78
$\overline{t * T_s} =$	Promedio de tendencias y tiempo	524.29

R	=	-0.1671
Bs	=	-0.7188
As	=	55.0721

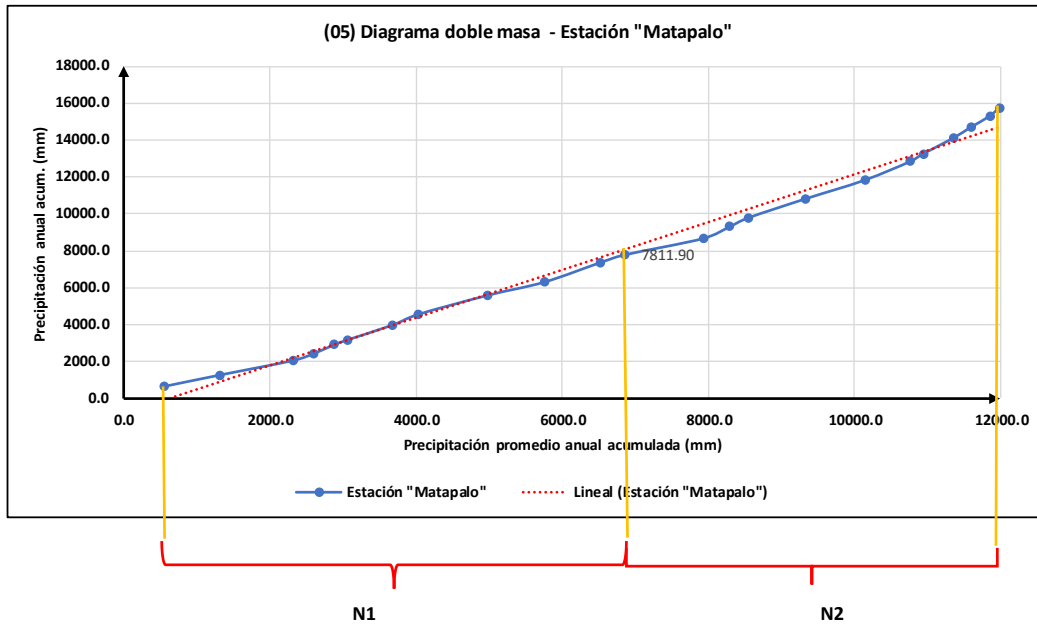
Ecuación de regresión lineal: $55.072 + -0.719.t$ $T_t = A_s + B_s.t$

b) Evaluación de la tendencia T_m

Cálculo del T, calculado (T_c) según:	0.78
Calculo del valor critico de t, tabular T_t :	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.78$	$\leq T_t = 2.0796$
HOMOGENEIDAD OK	

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir

F. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "Matapalo".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2011		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2012 - 2022	
Tamaño de la muestra(n1)=	144	Tamaño de la muestra (n2)=	132
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	54.25	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	60.14
Desviación Stand.(S1) =	92.08	Desviación Stand(S2)=	100.54
Grados de libertad(GL1)=	143	Grados de libertad(GL2)=	131

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	96.22
Desviación de las diferencias de los promedios	11.59
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.51
Calculo del valor crítico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	274.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.51$	$\leq Tt = 1.9687$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.19
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.32
Conclusión:	
$F_c = 1.19 \leq F_t = 1.32$ HOMOGENEIDAD OK	

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	138.5	57.07	7885.24
DESEST	79.82	96.09	15744.08

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	268.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	57.07
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	138.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	96.09
S_t =	desviación estándar del tiempo t	79.82
$\overline{t * T_m}$ =	Promedio de tendencias y tiempo	7885.24

R	=	-0.0024
Bm	=	-0.0029
Am	=	57.4632

Ecuación de regresión lineal: $57.463 + -0.003.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.04
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	266.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.04 \leq Tt = 1.9689$ HOMOGENEIDAD OK	

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	87.075	87.07
2001	2	87.587	175.17
2002	3	92.882	278.64
2003	4	41.567	166.27
2004	5	54.091	270.45
2005	6	41.033	246.20
2006	7	142.351	996.46
2007	8	89.148	713.19
2008	9	138.433	1245.90
2009	10	94.947	949.47
2010	11	121.575	1337.33
2011	12	61.458	737.50
2012	13	94.610	1229.92
2013	14	102.914	1440.79
2014	15	51.082	766.24
2015	16	135.912	2174.59
2016	17	143.087	2432.49
2017	18	206.344	3714.19
2018	19	48.399	919.58
2019	20	111.381	2227.62
2020	21	69.581	1461.20
2021	22	74.890	1647.57
2022	23	57.764	1328.58

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	12.00	93.40	1154.19
DESEST	6.78	40.87	878.14

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	23.00
\bar{T}_s =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	93.40
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	12.00
S_{T_s} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	40.87
S_t =	desviación estándar del tiempo t	6.78
$\bar{t} * \bar{T}_s$ =	Promedio de tendencias y tiempo	1154.19

R	=	0.1206
Bs	=	0.7269
As	=	84.6730

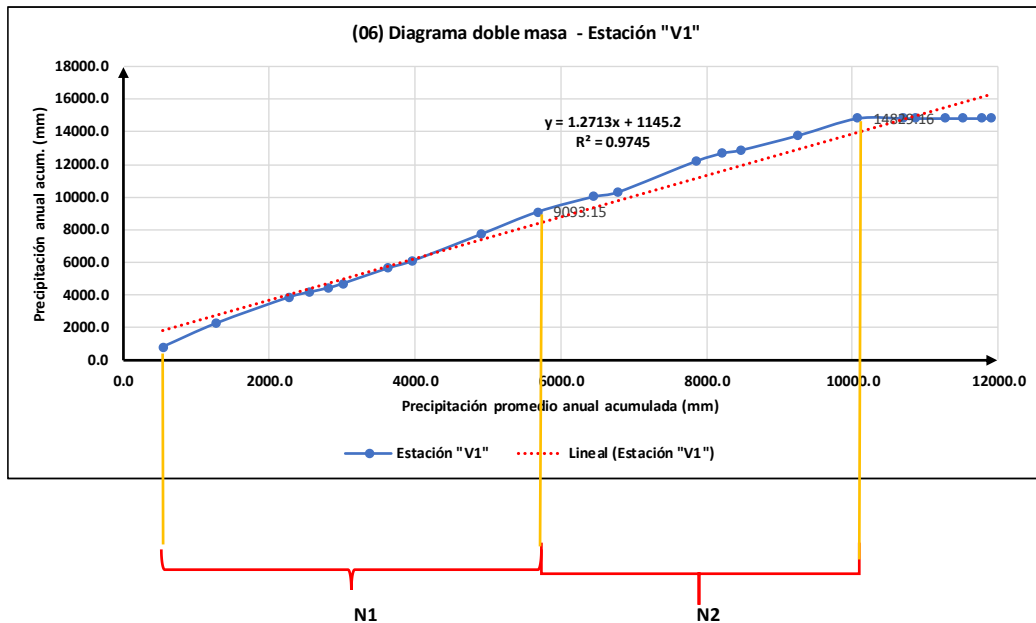
Ecuación de regresión lineal: $84.673 + 0.727 \cdot t$ $T_s = A_s + B_s \cdot t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.56
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	2.08
Grados de libertad	21.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.56$	$\leq Tt = 2.0796$
HOMOGENEIDAD OK	

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir

G. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "V1".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales	DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales
ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2009	ENTRE LOS AÑOS 2010 - 2016
Tamaño de la muestra (n1)= 120	Tamaño de la muestra (n2)= 84
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$ 75.78	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$ 68.29
Desviación Stand. (S1) = 176.45	Desviación Stand. (S2)= 163.77
Grados de libertad (GL1)= 119	Grados de libertad (GL2)= 83

b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	171.35
Desviación de las diferencias de los promedios	24.38
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.31
Calculo del valor crítico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	202.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.31$	$\leq T_t = 1.9718$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.16
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.41
Conclusión:	
$F_C = 1.16$	$\leq F_t = 1.41$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	102.5	72.69	7055.61
DESEST	59.03	170.97	19448.82

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	204.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	72.69
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	102.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	170.97
S_t =	desviación estándar del tiempo t	59.03
$\bar{t} * \bar{T}_m$ =	Promedio de tendencias y tiempo	7055.61
R	=	-0.0392
Bm	=	-0.1134
Am	=	84.3190

Ecuación de regresión lineal: **84.319 + -0.113.t** $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.56
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	202.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.56$	$\leq Tt = 1.9718$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	111.198	111.20
2001	2	277.747	555.49
2002	3	249.501	748.50
2003	4	48.307	193.23
2004	5	40.944	204.72
2005	6	56.560	339.36
2006	7	184.078	1288.55
2007	8	92.202	737.62
2008	9	270.444	2433.99
2009	10	200.229	2002.29
2010	11	147.875	1626.62
2011	12	47.896	574.75
2012	13	311.951	4055.37
2013	14	99.515	1393.21
2014	15	22.079	331.18
2015	16	171.658	2746.53
2016	17	160.490	2728.34
2017			
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	9.00	146.63	1298.29
DESEST	5.05	92.26	1146.17

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i =	Número de meses	17.00
$\bar{T}_s =$	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	146.63
$\bar{t} =$	Promedio del tiempo t	9.00
$S_{Ts} =$	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	92.26
$S_t =$	desviación estándar del tiempo t	5.05
$\overline{t * T_s} =$	Promedio de tendencias y tiempo	1298.29

R	=	-0.0458
Bs	=	-0.8376
As	=	154.1668

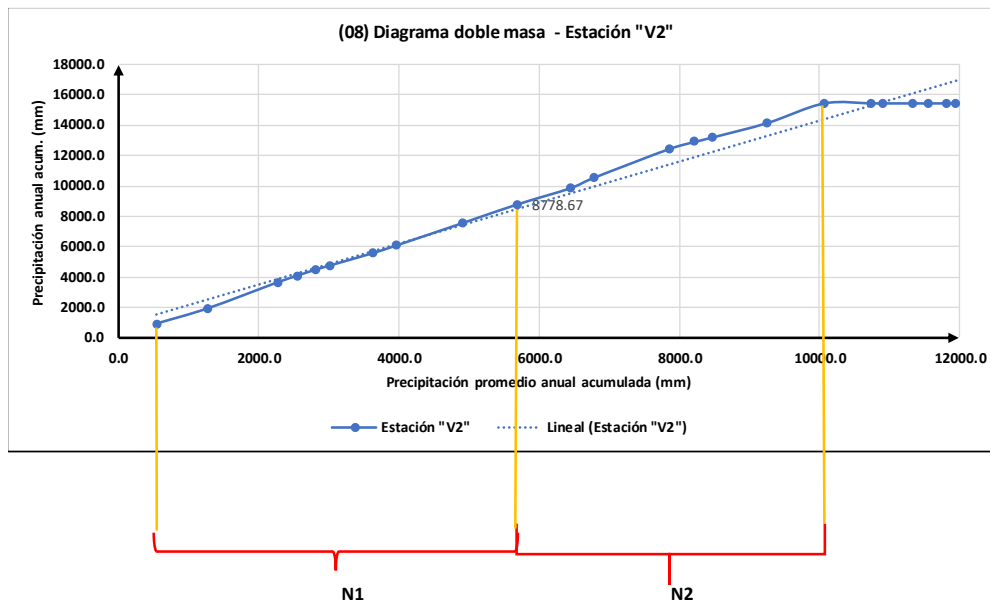
Ecuación de regresión lineal: $154.167 + -0.838.t$ $T_t = A_t + B_t t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.18
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	2.13
Grados de libertad	15.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.18$	$\leq Tt = 2.1314$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir

H. Análisis estadístico de saltos y tendencias a los registros pluviométricos de la estación "V2".



ANÁLISIS DE SALTOS:

1. CONSISTENCIA DE LA MEDIA

- a. Cálculo de la media y desviación estándar para cada periodo, según la figura anterior.

DATOS CONFIABLES Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2000 - 2009		DATOS DUDOSOS Periodos Muestrales ENTRE LOS AÑOS 2010 - 2016	
Tamaño de la muestra(n1)=	120	Tamaño de la muestra (n2)=	84
Media de la muestra $\bar{X}_1 =$	73.16	Media de la muestra $\bar{X}_2 =$	79.55
Desviación Stand.(S1) =	148.64	Desviación Stand(S2)=	149.18
Grados de libertad(GL1)=	119	Grados de libertad(GL2)=	83

- b. Estadística T

PRUEBA "T" DE STUDENT	
Desviación estándar ponderada	148.86
Desviación de las diferencias de los promedios	21.18
Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.30
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	202.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.30$	$\leq Tt = 1.9718$ HOMOGENEIDAD OK

En este caso, siendo las medias estadísticamente iguales, no se debe realizar proceso de corrección.

2. CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

PRUEBA "F" DE FISHER	
Cálculo de F calculado (Fc)según :	1.01
Calculo del F tabular(valor critico de Ft) Ft	1.39
Conclusión:	
$F_c = 1.01$	$\leq F_t = 1.39$ HOMOGENEIDAD OK

No se debe realizar el proceso de corrección

ANÁLISIS DE TENDENCIAS:

1. TENDENCIA EN LA MEDIA

	t	Tmpz	Tm*t
Prom	102.5	75.79	7673.48
DESEST	59.03	148.52	17684.43

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	204.00
\bar{T}_m =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	75.79
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	102.5
S_{tm} =	Desviación estándar de la tendencia de la media M	148.52
S_t =	desviación estándar del tiempo t	59.03
$\overline{t * T_m}$ =	Promedio de tendencias y tiempo	7673.48
R	=	-0.0108
Bm	=	-0.0272
Am	=	78.5765

Ecuación de regresión lineal: $78.577 + -0.027.t$ $Tm_{p,t} = A_m + B_m t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.15
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	1.97
Grados de libertad	202.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.15$	$\leq Tt = 1.9718$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

2. TENDENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Año	Periodo (t)	Sp	t*Sp
2000	1	125.042	125.04
2001	2	130.561	261.12
2002	3	295.592	886.78
2003	4	51.568	206.27
2004	5	52.461	262.30
2005	6	38.940	233.64
2006	7	120.337	842.36
2007	8	73.811	590.49
2008	9	191.690	1725.21
2009	10	198.063	1980.63
2010	11	138.455	1523.01
2011	12	138.244	1658.93
2012	13	253.396	3294.14
2013	14	57.205	800.88
2014	15	24.919	373.79
2015	16	129.862	2077.79
2016	17	177.833	3023.17
2017			
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			

	Periodo (t)	Sp	t*Sp
Prom	9.00	129.29	1168.56
DESEST	5.05	76.48	998.13

a) Cálculo de los parámetros de la ecuación de simple regresión lineal.

i=	Número de meses	17.00
\bar{T}_s =	Promedio de las tendencias Tm, o promedio de los datos corregidos de saltos X't	129.29
\bar{t} =	Promedio del tiempo t	9.00
S_{Ts} =	Desviación estándar de la tendencia de la media Tm	76.48
S_t =	desviación estándar del tiempo t	5.05
$\overline{t * T_s}$ =	Promedio de tendencias y tiempo	1168.56

R	=	0.0128
Bs	=	0.1932
As	=	127.5545

Ecuación de regresión lineal: $127.555 + 0.193.t$ $T_t = A_s + B_s t$

b) Evaluación de la tendencia Tm

Cálculo del T, calculado (Tc) según:	0.05
Calculo del valor critico de t, tabular Tt:	2.13
Grados de libertad	15.00
Conclusión:	
$ t_c = 0.05$	$\leq Tt = 2.1314$ HOMOGENEIDAD OK

R no es significativo, en este caso, la tendencia no es significativa y no hay que corregir

Anexo 6: Completación y extensión de datos

1. Modelo de regresión lineal simple

$$Y_t = a + bx \quad (43)$$

Dónde:

y_t = Variable hidrológica dependiente.

x_t = Variable hidrológica independiente

a y b = Parámetros de la ecuación.

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (44)$$

$$a = \bar{y}_1 - b \bar{x}_1 \quad (45)$$

Dónde:

N_1 = Tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto.

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_i}{N_1} \quad \bar{x}_1 = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (46)$$

$$S_{t(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - \bar{y}_1)^2 \right)} \quad (47)$$

$$S_{t(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right)} \quad (48)$$

Dónde:

\bar{y}_1 y \bar{x}_1 = Son los estimados de las medias de los periodos comunes, de tamaño N1 de las variables y_t , x_t .

$S_{t(y)}$, $S_{t(x)}$ = Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar, de y_t y x_t de los períodos comunes de tamaño N1.

r = Coeficiente de correlación.

La ecuación de completación o extensión resulta:

$$y_t = \bar{y}_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - \bar{x}_1) \quad (49)$$

Dónde:

x_t = Serie de registro "largo" de tamaño $N = N_1 + N_2$

N_1 = Tamaño del registro común.

N_2 = Tamaño del registro no común.

2. Criterios de confiabilidad

a. Cálculo del estadístico T_c , según

$$T_c = \frac{r \sqrt{(N_1 - 2)}}{\sqrt{(1 - r^2)}} \quad (50)$$

b. Cálculo de T_t

$\alpha = 0.05$ y G.L. = $N_1 - 2$.

c. Criterios de decisión

Si $|T_c| \leq T_t \rightarrow r$ no es significativo, por lo tanto, no hay correlación significativa.

Si $|T_c| > T_t \rightarrow r$ es significativo, por lo que sí existe correlación significativa entre las variables y_t y x_t , y se puede usar la expresión (50).

3. Datos de salida. Completación y extensión con Software HEC – 4

1

PRECIPITACION (MM)
 CUENCA: RIO TUMBES (formato para completar datos)
 CAMSEDE(101) CRUZ(102) ELTIGRE(103) CABOINGA(104) CAÑAVER(105) MATAPA(106) V1(107) V2(108)

UNIFORM RANDOM NUMBER GENERATOR REPEATABLE INITIAL STATE = 0

IYRA IMNTH IANAL MXRCS NYRG NYMXG NPASS IPCHQ IPCHS NSTA NCOMB NTNDM NCSTY IGNRL NPROJ IYRPJ MTHPJ LYRPJ
 2000 1 1 23 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

MAXIMUM VOLUMES OF RECORDED FLOWS

STA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-MO	6-MO	54-MO	AV MO
101	14390	27050	33740	9950	5300	790	750	150	130	650	370	6080	33740	67210	199540	2549
102	12130	27150	40500	9010	5810	740	350	170	250	820	470	4300	40500	72580	173100	2176
103	19150	32870	34440	24970	11140	2210	400	240	240	740	510	6550	34440	112010	359950	4039
104	46560	57000	49560	46920	17560	8580	2090	140	190	2650	3750	9870	57000	167280	581760	6860
105	23090	23230	31550	18600	3750	590	1140	410	360	700	4260	5940	31550	69600	226800	2658
106	27030	49660	46520	28900	21150	5060	1220	1910	1540	1400	1740	9110	49660	103670	419720	5877
107	51120	98320	97590	42710	3680	370	350	70	20	500	270	1370	98320	189820	611070	7269
108	67610	58680	36330	99400	4790	1050	200	70	100	1910	2070	4700	99400	188060	632630	7579

MINIMUM VOLUMES

STA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-MO	6-MO	54-MO	AV MO
101	160	400	190	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	75160	
102	390	60	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	64710	
103	110	850	340	50	20	0	0	0	0	0	0	0	0	140	118100	
104	540	1570	1920	2410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	197650	
105	410	110	10	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65880	
106	1410	1880	1490	740	170	20	60	30	40	40	10	70	10	1200	193000	
107	650	1400	610	980	20	0	0	20	0	40	0	40	0	150	177350	
108	1130	1330	500	3150	80	70	0	30	10	130	210	240	0	610	192550	

FREQUENCY STATISTICS

STA	ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
101	MEAN	3.462	3.756	3.778	3.343	2.509	1.631	1.203	0.973	0.700	1.570	1.372	2.452
101	STD DEV	0.464	0.509	0.552	0.528	0.801	0.892	1.013	1.091	1.142	1.020	1.010	0.718
101	SKEW	-0.567	-0.424	-0.835	-1.109	-0.138	-0.844	-0.228	-0.343	0.063	-0.254	-0.405	-0.471
101	INCRMT	44.89	95.90	104.32	35.76	11.01	1.33	0.87	0.47	0.37	1.80	1.03	8.13
101	YEARS	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
102	MEAN	3.299	3.690	3.711	3.294	2.350	1.187	1.058	1.117	0.961	1.498	1.558	2.240
102	STD DEV	0.405	0.516	0.603	0.579	0.866	1.067	1.002	0.893	1.057	0.921	0.898	0.735
102	SKEW	0.382	-1.209	-0.866	-1.093	-0.096	0.088	-0.266	-0.764	-0.305	-0.343	-0.826	-0.441
102	INCRMT	30.52	78.07	96.27	34.00	9.30	1.11	0.57	0.42	0.46	1.30	1.13	5.18
102	YEARS	23	23	23	22	22	22	22	23	22	23	23	23
103	MEAN	3.598	3.997	4.009	3.607	2.789	2.001	1.616	1.439	1.233	1.870	1.789	2.698
103	STD DEV	0.535	0.440	0.523	0.618	0.761	0.899	0.853	0.896	1.010	0.764	0.861	0.640
103	SKEW	-0.984	-0.850	-1.461	-0.784	0.230	-0.745	-1.039	-1.107	-0.672	-0.998	-0.897	-0.801
103	INCRMT	64.85	142.37	154.96	77.50	22.39	3.38	1.10	0.73	0.63	1.84	1.72	10.70
103	YEARS	23	23	23	22	22	22	22	23	23	23	23	23
104	MEAN	3.839	4.168	4.320	3.967	3.211	2.374	1.312	-0.293	-0.266	1.436	1.966	2.962
104	STD DEV	0.475	0.428	0.377	0.422	0.739	0.871	1.076	1.084	1.067	1.037	0.905	0.775
104	SKEW	-0.521	-0.537	-1.513	0.313	-0.877	-0.275	0.522	1.568	1.359	0.324	-0.328	-0.999
104	INCRMT	110.16	212.46	265.39	143.99	37.92	10.01	2.26	0.14	0.13	2.42	4.04	23.14
104	YEARS	23	23	23	22	22	22	22	23	23	22	22	22
105	MEAN	3.354	3.708	3.807	3.465	2.457	1.479	0.947	0.082	-0.546	0.694	1.576	2.388
105	STD DEV	0.500	0.574	0.586	0.548	0.780	1.073	1.002	0.804	0.804	1.085	1.025	0.810
105	SKEW	0.350	-0.974	-1.246	-0.386	-0.727	-0.200	0.747	1.633	3.000	0.946	0.284	-0.566
105	INCRMT	42.43	88.29	112.08	52.49	7.82	1.66	1.17	0.34	0.17	0.82	3.28	7.62
105	YEARS	23	23	23	23	22	23	23	23	23	23	23	23
106	MEAN	3.992	4.200	4.183	3.777	3.167	2.618	2.452	2.327	2.294	2.539	2.579	3.242
106	STD DEV	0.354	0.327	0.399	0.393	0.558	0.535	0.342	0.318	0.326	0.410	0.494	0.465
106	SKEW	-0.791	-0.728	-1.162	-0.429	0.574	-0.564	-0.253	0.386	0.453	-0.289	-1.172	-0.809
106	INCRMT	125.65	197.89	202.06	83.02	34.35	7.75	3.70	2.87	2.66	4.98	5.80	26.75
106	YEARS	22	23	23	22	22	22	22	23	23	22	22	22
107	MEAN	3.689	4.269	4.356	3.760	2.496	1.403	0.732	1.490	-0.157	2.153	1.392	2.647
107	STD DEV	0.494	0.500	0.549	0.498	0.663	0.933	0.984	0.114	1.041	0.362	0.932	0.355
107	SKEW	0.193	-0.428	-1.350	0.006	0.190	-0.610	-0.146	1.669	0.410	0.109	-0.730	-1.293
107	INCRMT	89.49	306.41	358.51	99.56	8.36	0.92	0.34	0.32	0.10	1.92	0.83	5.59
107	YEARS	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
108	MEAN	3.981	4.163	4.119	4.294	2.848	2.374	1.354	1.673	1.570	2.686	2.812	3.250
108	STD DEV	0.454	0.452	0.483	0.457	0.542	0.383	0.715	0.119	0.276	0.355	0.311	0.296
108	SKEW	-0.425	-0.666	-1.594	-0.213	0.122	0.479	-1.655	-0.275	-0.618	0.157	0.233	-1.380
108	INCRMT	148.37	216.33	186.26	304.33	13.75	3.44	0.45	0.48	0.44	6.54	8.18	20.91
108	YEARS	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

Continuación...

RECORDED AND RECONSTITUTED FLOWS														
STA	YEAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
101	2000	1030	3640	6420	6640	2600	180	20	150	70	0	0	370	21120
101	2001	3300	7030	19460	5680	100	40	130	0	70	10	240	70	36130
101	2002	160	21190	29280	9950	10	80	0	80	130	230	50	570	61730
101	2003	2290	2800	1210	650	310	90	310	50	0	0	0	6080	13790
101	2004	940	2360	3100	5920	570	70	80	0	90	330	0	180	13640
101	2005	460	510	5930	1920	0	0	0	30	0	40	0	650	9540
101	2006	3360	26720	5660	840	110	0	90	140	0	120	150	1060	38250
101	2007	7070	400	5810	400	300	20	40	110	0	30	350	240	14770
101	2008	12870	27050	10590	2550	60	200	20	0	80	10	10	0	53440
101	2009	11750	16870	2730	2050	550	140	0	80	100	0	320	300	34890
101	2010	1780	18740	18080	9490	120	140	20	0	0	0	240	200	48810
101	2011	2180	4390	380	3850	1330	0	750	0	0	0	20	100	13000
101	2012	8010	15500	9510	7480	300	0	40	0	0	290	190	150	41470
101	2013	1530	4390	10510	2600	220	160	100	0	0	470	0	0	19980
101	2014	4240	2970	190	460	5300	790	0	0	0	500	0	370	14820
101	2015	1140	3800	33060	2540	3940	130	0	0	30	650	120	300	45710
101	2016	2710	24100	17440	7000	10	200	0	80	130	0	0	630	52300
101	2017	14390	9090	33740	5860	3500	20	0	30	90	290	10	70	67090
101	2018	1280	3000	880	30	3340	0	0	20	0	30	120	3420	12120
101	2019	6630	8770	3430	1780	30	30	20	90	0	110	40	2320	23250
101	2020	3430	14160	6320	760	50	90	190	20	40	0	100	520	25680
101	2021	6570	1280	7610	1290	1340	240	110	90	10	630	370	1070	20610
101	2022	6130	1810	8590	2500	1240	450	90	110	10	400	50	30	21410
102	2000	1470	3840	5180	5440	5810	190	10	90	70	0	0	180	22280
102	2001	2470	3520	21550	3730	520	0	90	80	80	0	280	220	32540
102	2002	470	15960	18710	7940	70	0	0	0	60	160	30	590	43990
102	2003	2530	2240	1390	1370	70	70	220	30	70	0	40	1560	9590
102	2004	1320	5060	1640	3880	980	10	90	0	60	10	0	50	13100
102	2005	990	860	4900	220	30	70	0	10	0	230	470	330	8110
102	2006	2110	18680	11720	290	0	0	130	60	10	0	380	630	34010
102	2007	5490	60	9880	900	220	0	10	170	0	160	310	170	17370
102	2008	11600	27150	11710	1360	60	60	10	0	150	10	90	0	52200
102	2009	8760	16860	1260	810	280	0	0	20	250	20	200	120	28580
102	2010	1000	12310	14380	9010	60	180	20	0	0	20	140	150	37270
102	2011	520	7270	230	3740	110	20	350	170	0	10	70	60	12550
102	2012	3490	12790	7950	5690	1160	580	0	10	10	100	150	60	31990
102	2013	1940	4040	11440	1360	260	220	90	0	10	190	0	380	19930
102	2014	3770	1710	680	440	2940	740	40	50	60	560	0	430	11420
102	2015	390	3740	21520	5560	2120	0	130	20	0	820	130	0	34430
102	2016	1740	9590	17570	5240	0	190	30	10	30	10	0	220	34630
102	2017	12130	7740	40500	8540	3450	100	10	80	50	120	70	100	72890
102	2018	1210	4550	100	20	1650	0	30	20	0	30	40	4300	11950
102	2019	1860	10340	2580	3990	0	0	0	110	0	210	30	890	20010
102	2020	1160	8210	6230	1346E	32E	2E	7E	20	45E	0	10	1420	18482
102	2021	3010	1290	6720	4090	640	10	0	10	0	120	100	10	16000
102	2022	770	1750	3580	1170	20	0	0	10	110	200	50	50	7710
103	2000	320	11180	13400	11290	10140	600	30	0	60	0	0	990	48010
103	2001	6320	5330	30070	6890	1190	120	0	0	0	0	400	810	51130
103	2002	780	19830	33830	21360	330	0	0	0	80	60	0	2320	78590
103	2003	9690	8180	3720	1050	40	250	320	100	80	0	0	1480	24910
103	2004	1090	12410	5330	7250	560	0	220	0	100	150	40	70	27220
103	2005	110	1740	10290	1790	20	0	0	90	0	190	310	310	14850
103	2006	5350	30650	11210	500	70	130	150	150	240	70	400	550	49470
103	2007	9460	850	9090	4340	120	0	140	80	110	100	510	420	25220
103	2008	13820	32870	18110	5800	1270	290	70	50	130	270	260	0	72940
103	2009	19150	20030	8900	580	230	80	20	160	150	80	80	80	49540
103	2010	9470	17810	21810	12180	510	500	270	30	90	30	110	660	63470
103	2011	4570	6400	340	11480	40	140	130	10	60	40	120	980	24310
103	2012	13590	28050	19030	11230	2480	1070	40	30	10	200	440	350	76520
103	2013	2830	5440	15090	870	620	80	130	100	30	580	10	260	26040
103	2014	8550	5480	1210	720	5100	2210	170	200	120	610	110	1580	26060
103	2015	2570	11470	34440	18060	10940	380	400	70	0	740	400	380	79850
103	2016	3300	32730	24770	12930	60	680	0	60	0	40	60	1100	75730
103	2017	14490	27630	32680	24970	11140	350	70	240	120	310	0	30	112030
103	2018	3410	11360	440	50	2470	0	30	50	50	30	80	6550	24520
103	2019	10860	21230	22960	10880	310	50	120	140	0	90	350	3230	70220
103	2020	1380	11850	14060	2445E	570E	1292E	459E	0	0	30	50	1750	33886
103	2021	6720	3730	19230	4410	1390	150	10	70	20	480	210	550	36970
103	2022	1330	1210	6400	1860	220	350	90	60	0	130	10	160	11820

Continuación...

STA	YEAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
104	2000	660	17790	27430	18360	8390	600	0	0	0	0	80	660	73970
104	2001	25380	20700	47020	15420	880	0	0	0	0	0	630	1050	111080
104	2002	540	35990	44440	42780	620	100	0	0	0	2650	0	7320	134440
104	2003	11230	18390	12600	2520	420	530	0	0	0	0	350	1190	47230
104	2004	2840	15140	11940	3400	530	400	0	0	0	470	0	0	34720
104	2005	1340	1570	21080	3740	0	1250	0	0	0	0	560	1610	31150
104	2006	8750	40490	23300	5720	2590	30	60	0	0	0	860	2940	84740
104	2007	9460	3380	22720	9340	40	30	0	0	0	0	0	840	45810
104	2008	18550	45620	30050	11510	4260	130	2090	0	0	190	140	0	112540
104	2009	46560	36490	27490	7110	1910	0	0	0	0	0	110	4570	124240
104	2010	17110	32090	49560	11020	3570	910	50	0	0	30	290	310	114940
104	2011	2410	5480	2300	42120	4170	4050	640	0	0	470	280	1350	63270
104	2012	18490	57000	44470	38290	7680	220	550	0	0	80	400	620	167800
104	2013	4450	6720	24330	3660	4410	0	0	0	0	420	0	240	44230
104	2014	6310	7750	5300	2730	17560	2380	30	0	20	680	290	980	44030
104	2015	5940	10390	46460	46920	7230	8580	920	0	60	170	1000	0	127670
104	2016	7130	38190	32280	19890	50	1260	30	10	20	70	0	910	99840
104	2017	31260	36920	49340	64154E	8341E	3425E	156E	140	190	51E	36E	224E	194237
104	2018	7160	8350	1920	2410	8070	0	0	0	0	0	3750	6980	38640
104	2019	7950	31280	30780	8750	2680	460	0	70	10	0	40	9870	91890
104	2020	4980	9950	15810	2760	3320	490	340	0	0	10	40	4400	42100
104	2021	11050	6530	22590	13110	4840	440	50	40	10	80	40	1030	59810
104	2022	3810	2440	17190	5220	200	160	220	70	0	10	30	4040	33390
STA	YEAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
105	2000	410	6010	4970	7970	2320	590	0	0	0	0	0	740	23010
105	2001	9120	8240	25840	5870	440	0	0	0	0	0	480	530	50520
105	2002	1270	14400	31550	18600	450	0	0	410	360	360	320	460	68180
105	2003	2040	4630	1400	3540	370	340	330	0	0	0	320	1280	14250
105	2004	570	6280	3210	2110	460	0	330	0	0	700	0	0	13660
105	2005	480	1030	3980	1250	320	320	0	0	0	0	340	480	8200
105	2006	2530	18240	4990	690	320	410	330	0	0	0	350	470	28330
105	2007	5040	590	11260	1810	320	0	0	320	0	0	330	340	20010
105	2008	9820	23230	9940	950	360	330	390	0	0	490	330	0	45840
105	2009	23090	12300	10360	3850	330	360	0	0	0	0	630	500	51420
105	2010	4650	13480	14780	7520	20	0	60	0	0	0	0	270	40780
105	2011	790	6280	10	10570	20	0	1140	0	0	0	10	400	19220
105	2012	7120	21340	29670	9410	1660	30	0	0	0	0	80	10	69320
105	2013	2220	3450	15970	560	630	0	0	0	0	100	0	10	22940
105	2014	1490	4400	740	500	2540	50	0	0	0	160	0	20	9900
105	2015	720	4450	29040	11940	3750	340	10	0	0	30	60	970	51310
105	2016	2140	12430	21740	10600	0	260	0	20	0	0	0	140	47330
105	2017	13770	21420	6500	12120	0	0	0	0	0	0	0	30	53840
105	2018	940	610	1870	170	1950	0	0	0	0	0	4260	2070	11870
105	2019	2130	15710	10920	5640	46E	440	60	20	0	0	20	5940	40926
105	2020	5880	3830	6830	450	20	100	10	0	0	20	0	1560	18700
105	2021	940	110	11020	3510	780	230	10	10	20	10	10	110	16760
105	2022	430	610	1190	1100	140	20	10	10	0	10	0	1190	4710
STA	YEAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
106	2000	1410	10450	27990	9460	15460	620	240	350	280	40	10	2730	69040
106	2001	8130	12110	29890	6430	1310	280	220	30	40	270	840	1220	60770
106	2002	6150	23380	24620	15290	730	20	60	360	320	1400	250	7470	80050
106	2003	10140	12160	3680	2350	740	470	540	170	350	160	360	5590	36710
106	2004	7260	14850	12270	8900	900	350	310	200	310	390	300	860	46900
106	2005	2730	4720	14390	2990	180	370	60	140	170	540	150	760	27200
106	2006	6700	49660	15410	1410	250	660	290	300	320	110	1740	3420	80270
106	2007	22770	1880	24460	5860	1460	170	260	210	130	240	350	500	58290
106	2008	26900	40970	22960	7530	790	1560	350	220	180	630	730	70	102890
106	2009	27030	22940	11760	2960	1620	210	90	340	550	150	900	2770	71320
106	2010	18760	20750	30310	28900	1920	830	330	150	210	440	330	2140	105070
106	2011	4100	20240	2190	11490	620	730	490	240	160	340	550	1530	42680
106	2012	25370	22420	9430	18700	5540	2560	350	210	150	800	760	1410	87700
106	2013	11580	9710	35610	2100	1290	330	260	270	80	1260	70	1450	64010
106	2014	15810	9990	1490	2010	9660	5060	360	260	260	980	300	1950	48130
106	2015	7640	11960	46370	10720	21150	440	900	270	240	1170	840	1490	103190
106	2016	8580	44290	28560	15210	170	510	150	100	180	90	270	1960	100070
106	2017	20040	34790	46520	17153E	4288E	1865E	240E	260	200	444E	5E	945E	126750
106	2018	12020E	15300	3150	740	7160	20	200	1910	1540	420	1470	9110	53040
106	2019	13280	37320	16690	8920	520	70	110	140	110	280	1460	6260	85160
106	2020	1960	18120	18600	10490	1710	670	850	80	190	110	730	4760	58270
106	2021	14190	10820	23630	6280	1780	600	490	290	80	960	310	1110	60540
106	2022	15890	6310	14760	3900	610	520	1220	110	60	180	50	290	43900

Continuación...

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 7

STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.298	0.378	0.131	0.582	0.520	0.333	0.439	
102	0.298	1.000	0.418	0.066	0.375	0.330	0.515	0.491	
103	0.378	0.418	1.000	0.337	0.546	0.667	0.292	0.298	
104	0.131	0.066	0.337	1.000	0.345	0.634	0.720	0.578	
105	0.582	0.375	0.546	0.345	1.000	0.419	0.580	0.561	
106	0.520	0.330	0.667	0.634	0.419	1.000	0.547	0.449	
107	0.333	0.515	0.292	0.720	0.580	0.547	1.000	0.784	
108	0.439	0.491	0.298	0.578	0.561	0.449	0.784	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	-0.089	-0.042	0.110	-0.140	-0.115	0.094	-0.006	-0.090	
102	-0.068	0.126	0.115	0.127	-0.232	0.147	-0.076	0.045	
103	0.129	0.008	0.308	0.263	0.003	0.287	0.092	0.119	
104	0.046	0.174	0.623	0.487	0.142	0.621	0.480	0.461	
105	-0.070	-0.104	0.040	0.247	0.150	0.093	0.131	0.032	
106	0.285	-0.004	0.530	0.291	0.031	0.422	0.333	0.349	
107	-0.074	0.206	0.464	0.403	-0.073	0.551	0.293	0.304	
108	-0.183	-0.028	0.183	0.265	-0.316	0.233	0.037	0.027	

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 8

STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.326	0.167	0.435	0.543	0.150	0.123	0.245	
102	0.326	1.000	0.192	0.167	0.025	-0.092	0.026	-0.167	
103	0.167	0.192	1.000	0.354	0.000	0.290	0.494	0.140	
104	0.435	0.167	0.354	1.000	0.462	-0.138	0.302	-0.244	
105	0.543	0.025	0.000	0.462	1.000	-0.053	0.422	0.298	
106	0.150	-0.092	0.290	-0.138	-0.053	1.000	-0.077	0.009	
107	0.123	0.026	0.494	0.302	0.422	-0.077	1.000	0.326	
108	0.245	-0.167	0.140	-0.244	0.298	0.009	0.326	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	-0.144	-0.450	-0.273	-0.332	-0.184	-0.260	-0.563	-0.434	
102	0.108	0.140	0.062	-0.029	-0.089	0.070	0.052	0.123	
103	-0.314	-0.080	0.149	0.119	-0.041	-0.041	-0.019	-0.106	
104	-0.076	-0.399	-0.159	0.166	-0.032	0.077	-0.027	-0.086	
105	-0.091	-0.458	-0.324	-0.198	-0.181	-0.210	-0.380	-0.201	
106	-0.357	-0.027	0.125	-0.071	-0.054	-0.143	-0.185	-0.022	
107	-0.178	-0.270	-0.240	0.182	-0.097	-0.138	0.053	0.151	
108	-0.016	-0.103	-0.052	-0.144	-0.036	-0.076	-0.249	-0.178	

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 9

STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.598	-0.122	0.175	0.257	-0.036	0.249	0.488	
102	0.598	1.000	0.172	-0.159	-0.038	0.014	0.452	0.283	
103	-0.122	0.172	1.000	-0.219	0.112	0.507	0.163	0.247	
104	0.175	-0.159	-0.219	1.000	0.079	-0.072	0.283	0.418	
105	0.257	-0.038	0.112	0.079	1.000	-0.038	0.232	0.086	
106	-0.036	0.014	0.507	-0.072	-0.038	1.000	0.357	0.007	
107	0.249	0.452	0.163	0.283	0.232	0.357	1.000	0.255	
108	0.488	0.283	0.247	0.418	0.086	0.007	0.255	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	0.112	-0.216	-0.435	0.189	0.100	-0.216	-0.263	0.026	
102	0.048	-0.188	-0.218	-0.040	-0.153	-0.235	-0.272	0.207	
103	-0.032	-0.095	0.146	-0.331	-0.174	0.591	-0.207	0.285	
104	0.048	0.243	0.456	0.616	0.170	0.025	0.268	-0.306	
105	0.275	-0.310	-0.244	0.154	0.558	0.196	0.335	0.226	
106	0.149	-0.070	0.088	-0.377	-0.258	0.723	-0.232	-0.021	
107	0.155	-0.122	0.087	0.230	0.157	0.142	0.059	-0.241	
108	-0.057	-0.065	-0.112	0.315	-0.060	-0.090	-0.287	-0.191	

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 10

STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.707	0.745	0.407	0.477	0.666	0.567	0.639	
102	0.707	1.000	0.787	0.379	0.284	0.707	0.570	0.648	
103	0.745	0.787	1.000	0.552	0.519	0.705	0.740	0.749	
104	0.407	0.379	0.552	1.000	0.717	0.664	0.840	0.797	
105	0.477	0.284	0.519	0.717	1.000	0.538	0.831	0.764	
106	0.666	0.707	0.705	0.664	0.538	1.000	0.774	0.853	
107	0.567	0.570	0.740	0.840	0.831	0.774	1.000	0.955	
108	0.639	0.648	0.749	0.797	0.764	0.853	0.955	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	-0.088	-0.129	-0.044	0.380	0.305	-0.220	0.136	-0.118	
102	-0.211	-0.378	-0.162	0.477	0.217	-0.132	0.107	-0.293	
103	-0.079	-0.215	0.013	0.489	0.120	-0.099	0.037	-0.122	
104	0.204	0.093	0.165	0.251	0.393	-0.049	0.258	0.263	
105	0.328	0.310	0.091	0.043	0.354	-0.043	0.118	0.085	
106	-0.163	-0.285	0.068	0.230	0.433	-0.103	0.067	-0.150	
107	0.078	-0.061	0.116	0.213	0.256	-0.092	0.054	0.084	
108	-0.117	-0.155	0.163	0.214	0.271	-0.094	0.069	0.022	

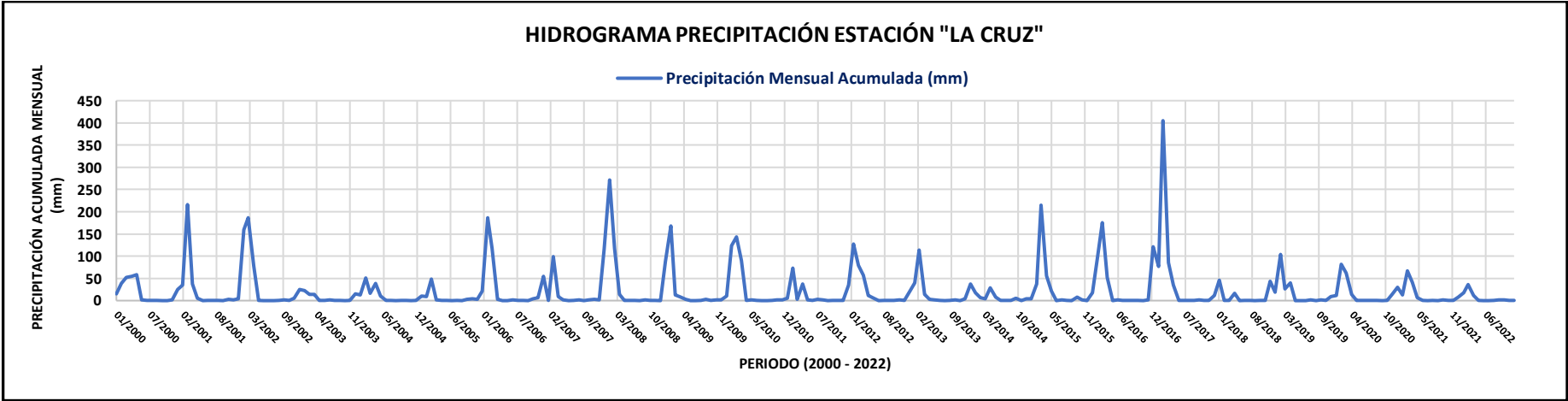
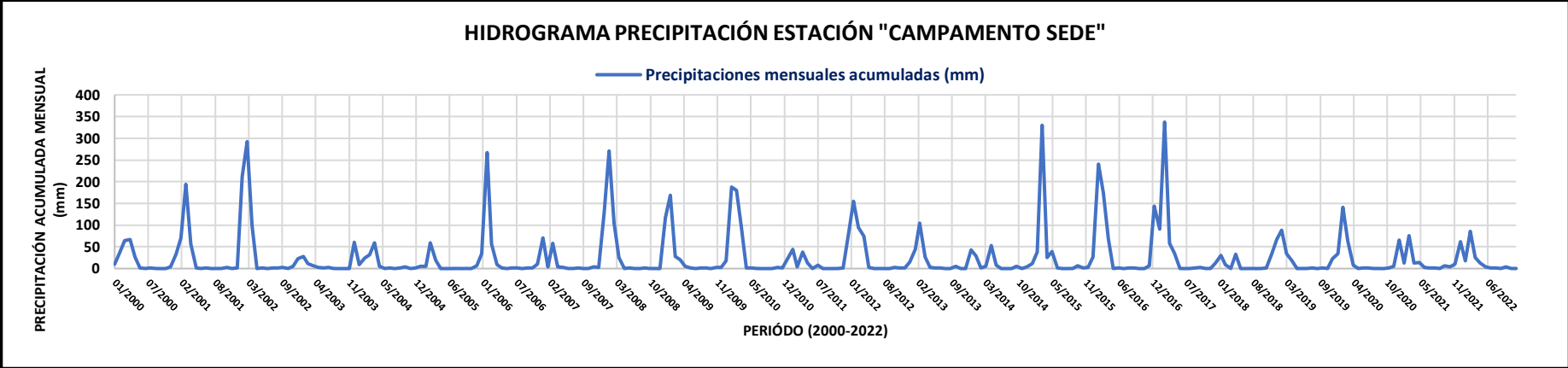
CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 11

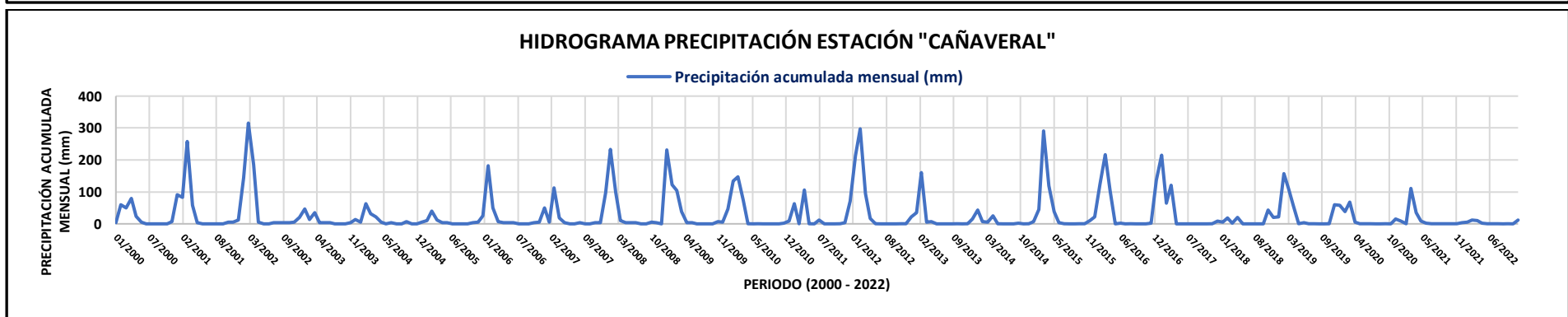
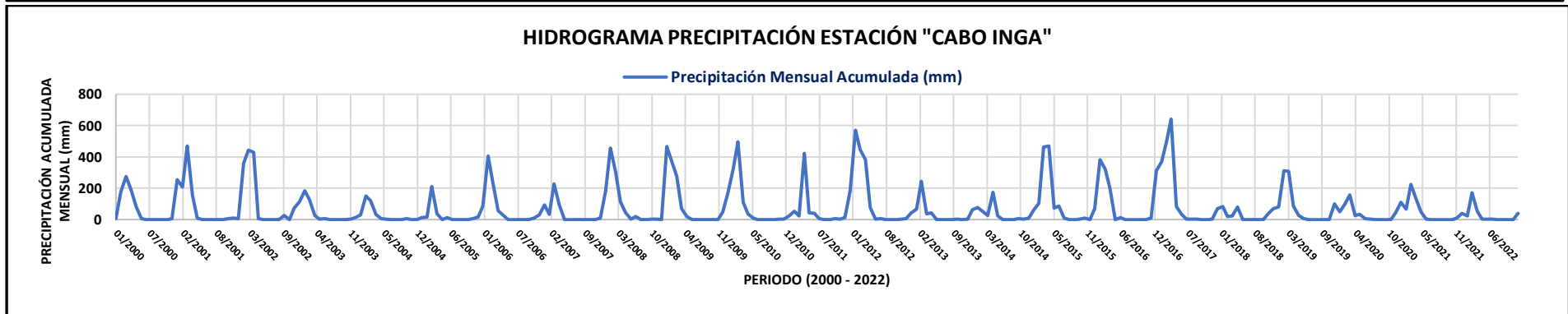
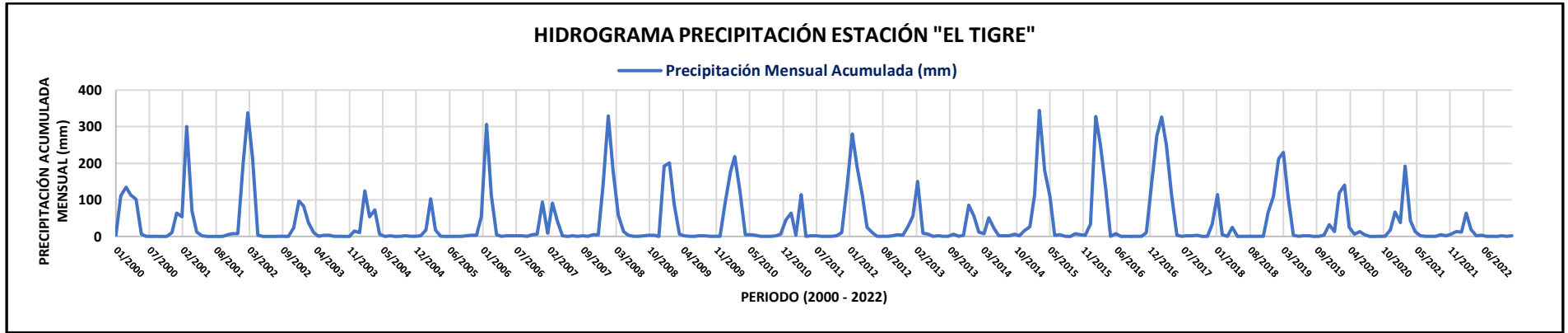
STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.664	0.486	0.247	0.387	0.514	0.664	0.693	
102	0.664	1.000	0.542	0.472	0.647	0.380	0.747	0.690	
103	0.486	0.542	1.000	0.364	0.354	0.664	0.572	0.768	
104	0.247	0.472	0.364	1.000	0.476	0.483	0.609	0.671	
105	0.387	0.647	0.354	0.476	1.000	0.583	0.782	0.631	
106	0.514	0.380	0.664	0.483	0.583	1.000	0.784	0.830	
107	0.664	0.747	0.572	0.609	0.782	0.784	1.000	0.912	
108	0.693	0.690	0.768	0.671	0.631	0.830	0.912	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	0.033	0.038	-0.014	-0.239	-0.242	0.061	-0.195	-0.186	
102	-0.027	0.045	-0.024	-0.421	-0.440	0.070	-0.319	-0.273	
103	0.101	0.160	0.260	-0.175	-0.163	0.155	0.055	0.030	
104	-0.128	-0.142	-0.147	-0.361	-0.374	0.012	-0.319	-0.285	
105	-0.102	-0.090	-0.209	-0.416	-0.246	0.079	-0.346	-0.253	
106	-0.097	-0.184	-0.084	-0.248	-0.136	-0.016	-0.194	-0.172	
107	-0.118	-0.160	-0.167	-0.343	-0.287	0.048	-0.302	-0.287	
108	0.040	-0.032	0.014	-0.256	-0.222	0.156	-0.166	-0.163	

CONSISTENT CORRELATION MATRIX FOR MONTH 12

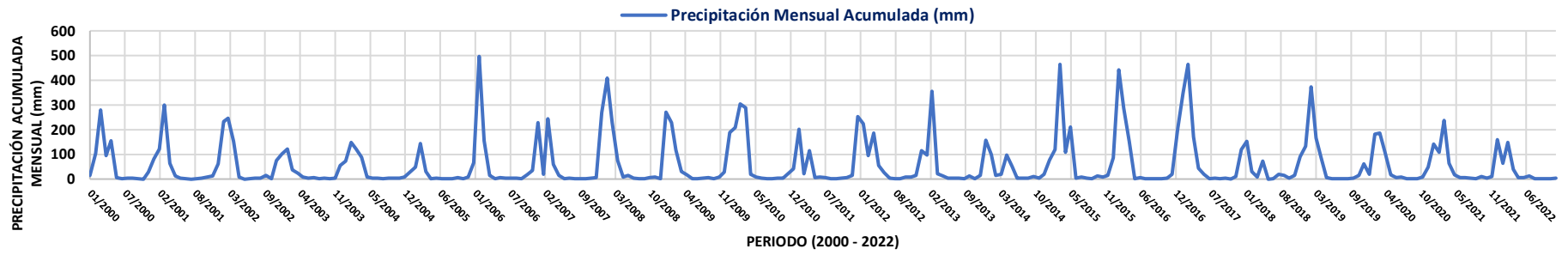
STA	101	102	103	104	105	106	107	108	
		WITH CURRENT MONTH							
101	1.000	0.599	0.704	0.526	0.607	0.744	0.686	0.823	
102	0.599	1.000	0.740	0.683	0.489	0.781	0.460	0.679	
103	0.704	0.740	1.000	0.652	0.636	0.828	0.723	0.816	
104	0.526	0.683	0.652	1.000	0.697	0.652	0.584	0.637	
105	0.607	0.489	0.636	0.697	1.000	0.587	0.835	0.717	
106	0.744	0.781	0.828	0.652	0.587	1.000	0.665	0.789	
107	0.686	0.460	0.723	0.584	0.835	0.665	1.000	0.827	
108	0.823	0.679	0.816	0.637	0.717	0.789	0.827	1.000	
		WITH PRECEDING MONTH AT ABOVE STATION							
101	0.049	0.052	-0.014	0.293	0.322	0.380	0.205	0.148	
102	-0.119	-0.171	-0.254	0.126	0.209	0.218	0.010	-0.059	
103	0.079	-0.192	-0.037	0.237	0.154	0.348	0.088	0.156	
104	0.291	0.125	-0.076	0.072	0.277	0.308	0.228	0.171	
105	0.304	0.237	0.009	0.293	0.276	0.331	0.339	0.291	
106	0.082	-0.180	-0.262	0.193	0.212	0.369	0.173	0.106	
107	0.020	-0.131	-0.100	0.270	0.050	0.234	0.104	0.118	
108	-0.089	-0.081	-0.207	0.346	0.220	0.222	0.115	0.059	

Anexo 7: Hidrogramas de los registros de precipitación post análisis estadístico (saltos y tendencias).

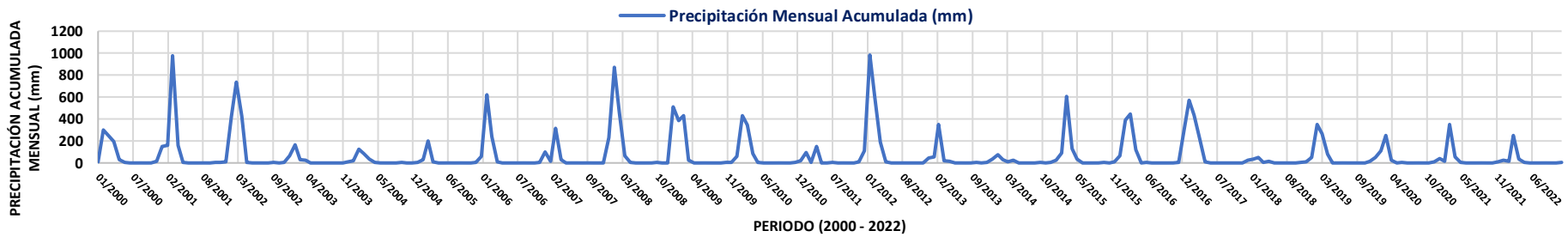




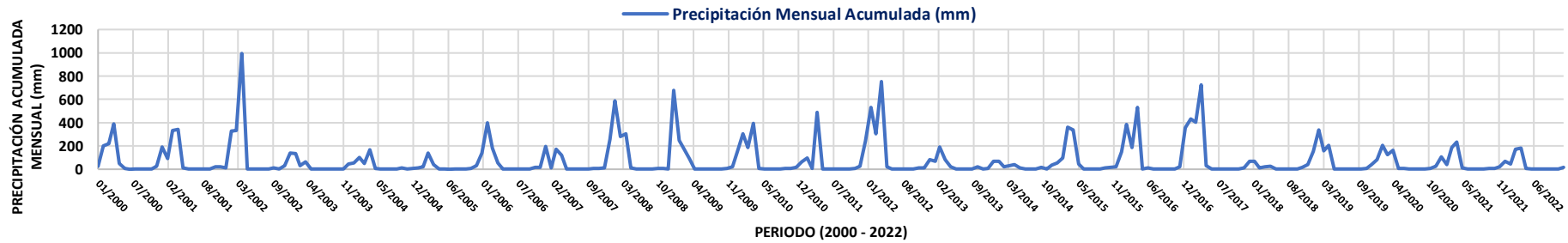
HIDROGRAMA PRECIPITACIÓN ESTACIÓN "MATAPALO"



HIDROGRAMA PRECIPITACIÓN ESTACIÓN "V1"

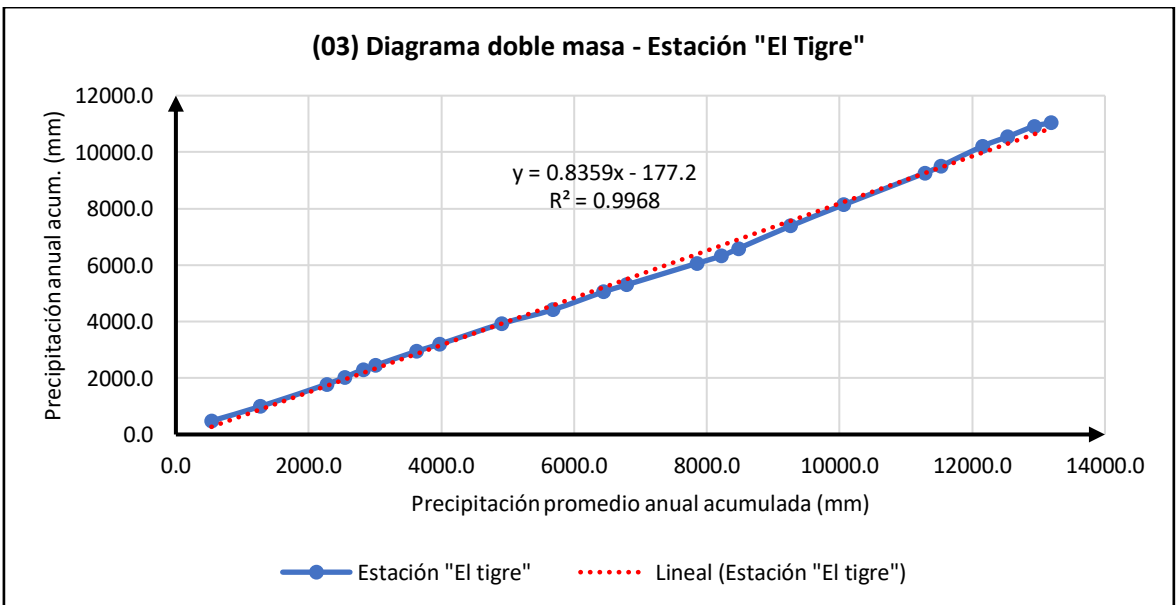
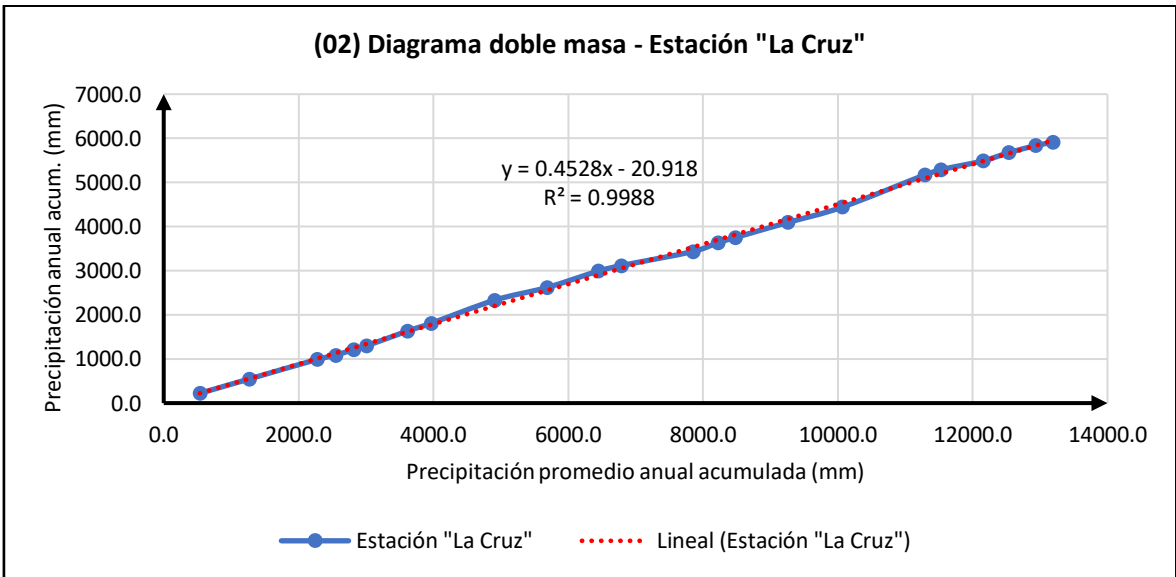
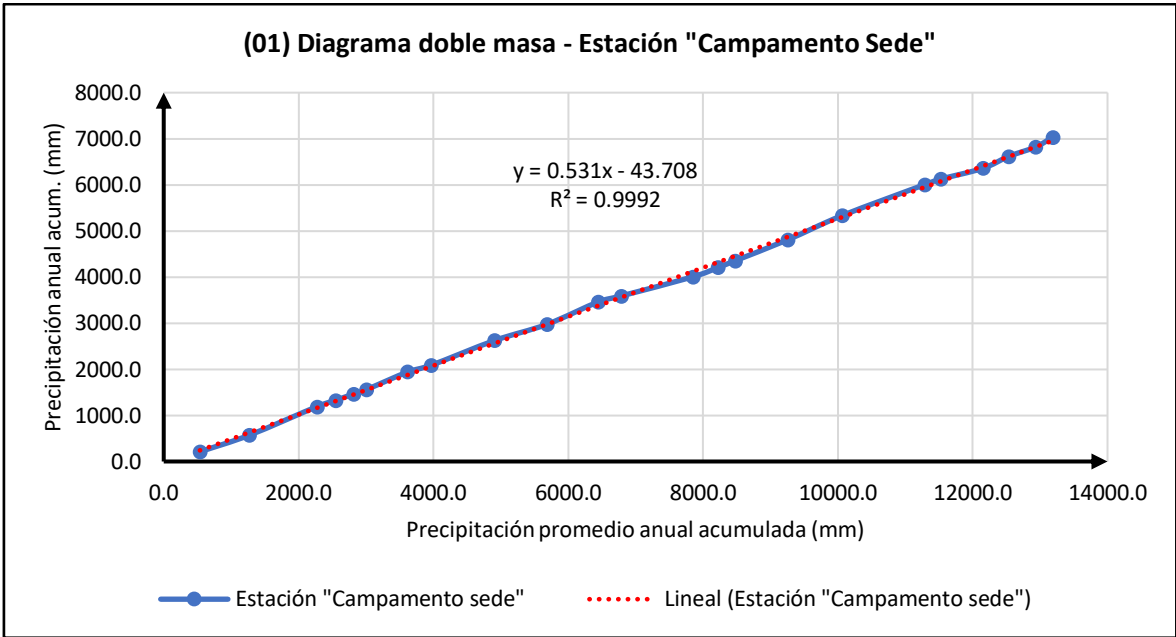


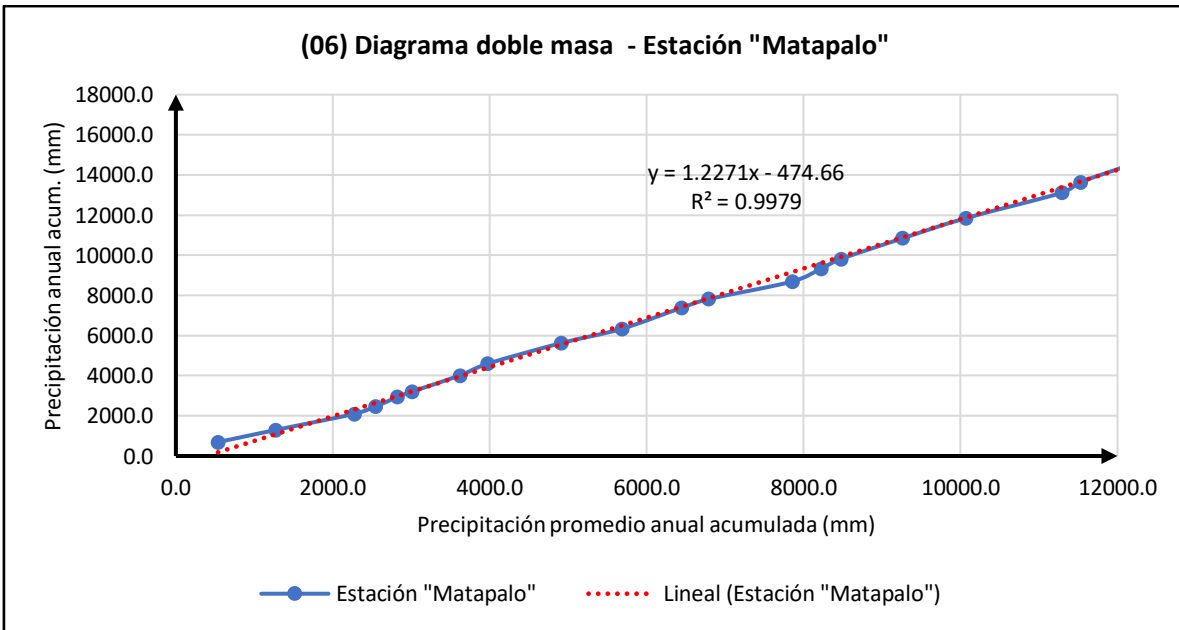
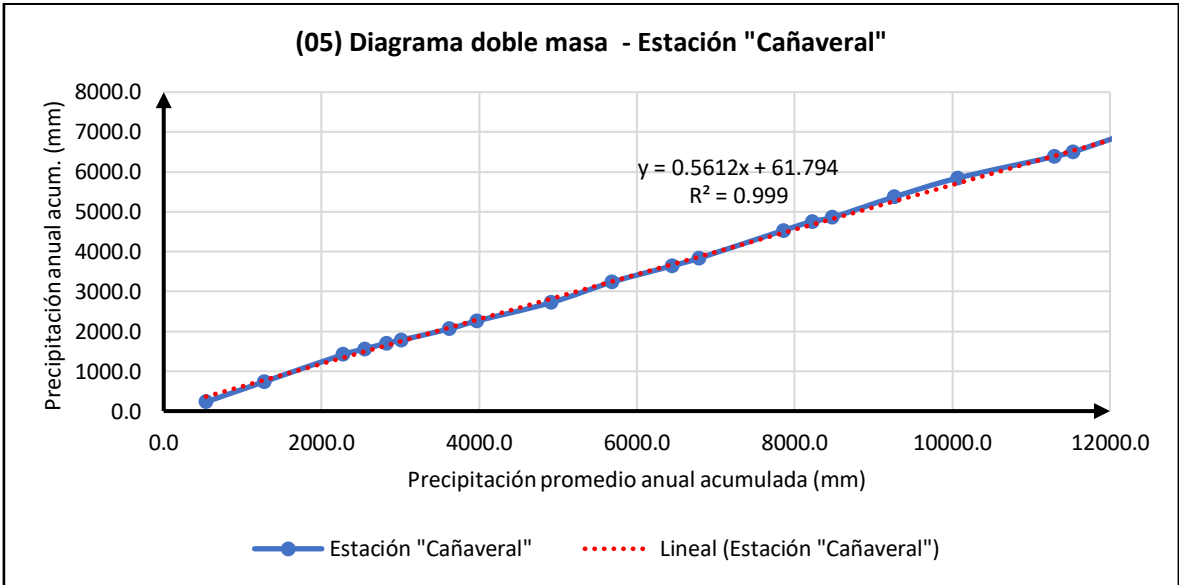
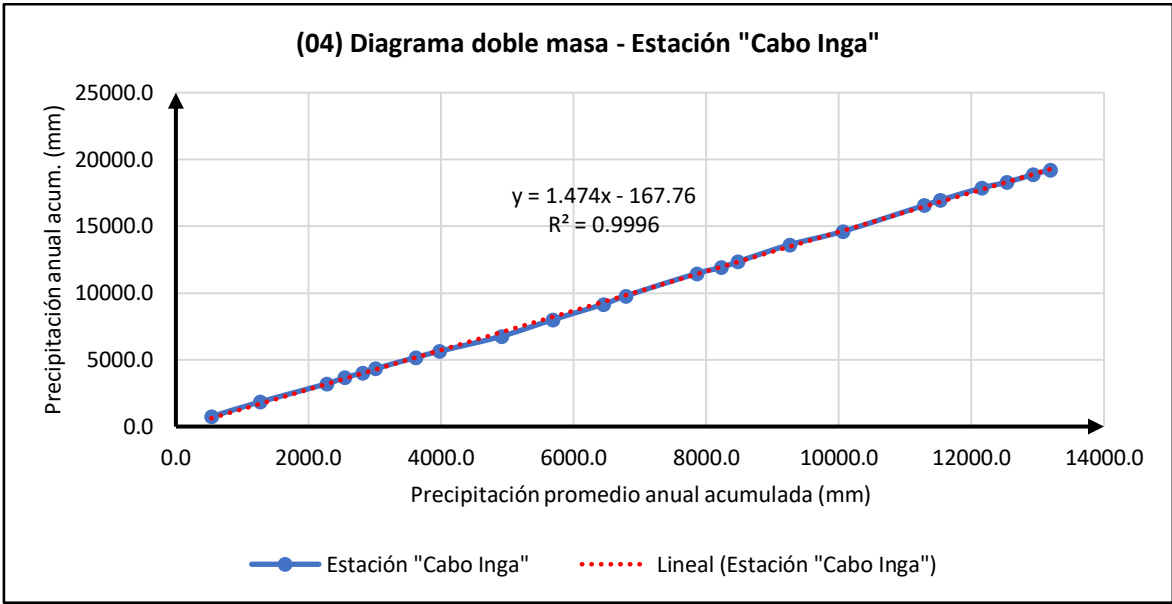
HIDROGRAMA PRECIPITACIÓN ESTACIÓN "V2"

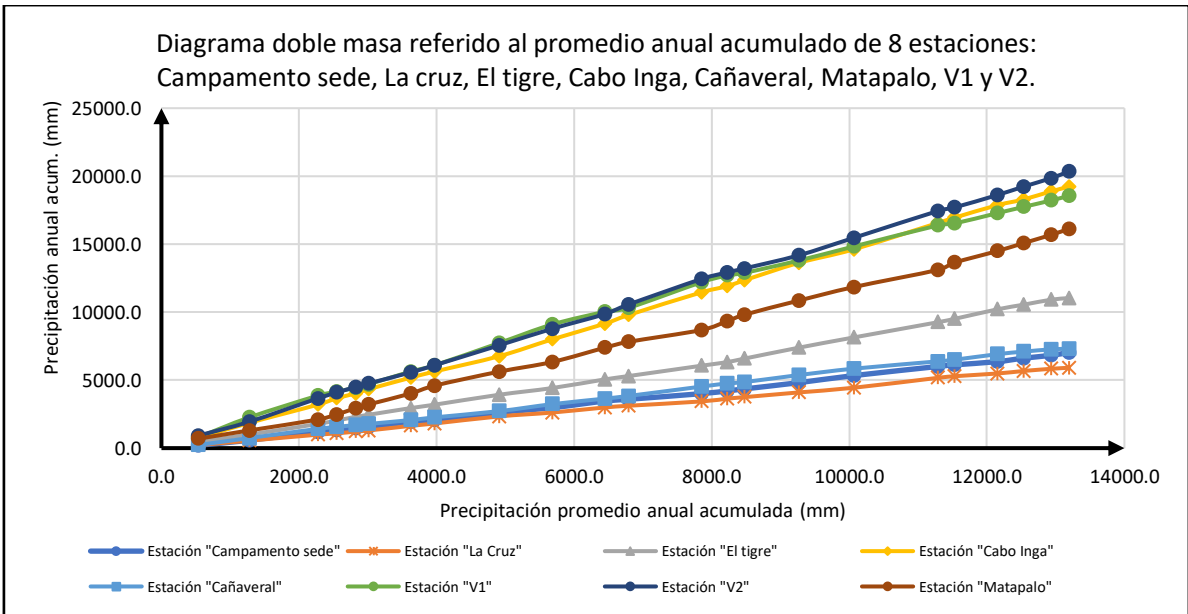
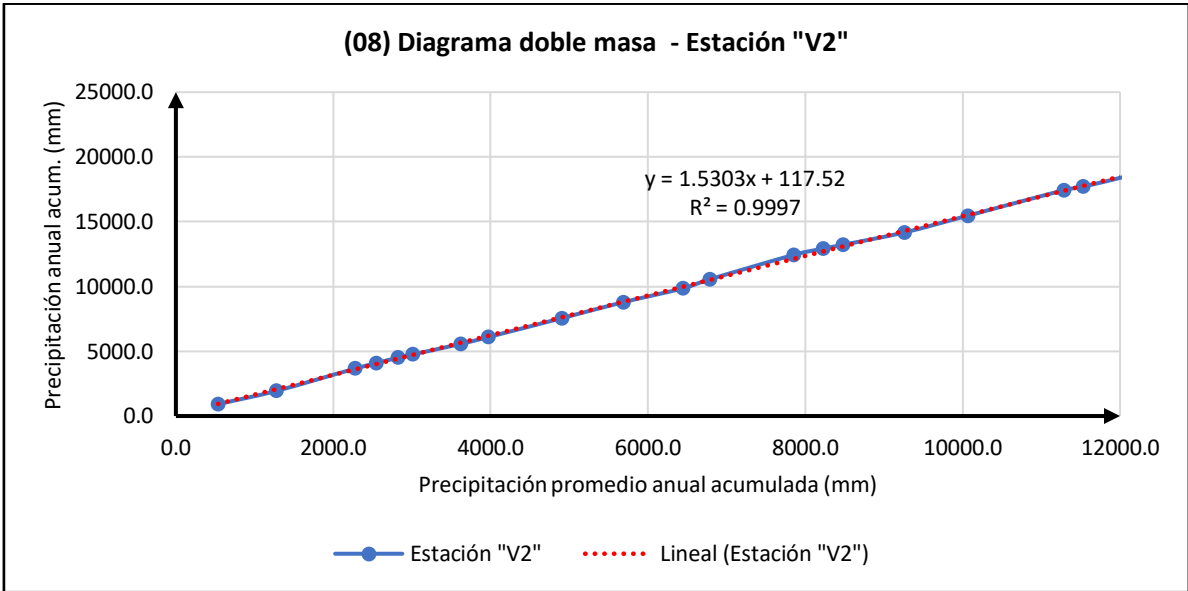
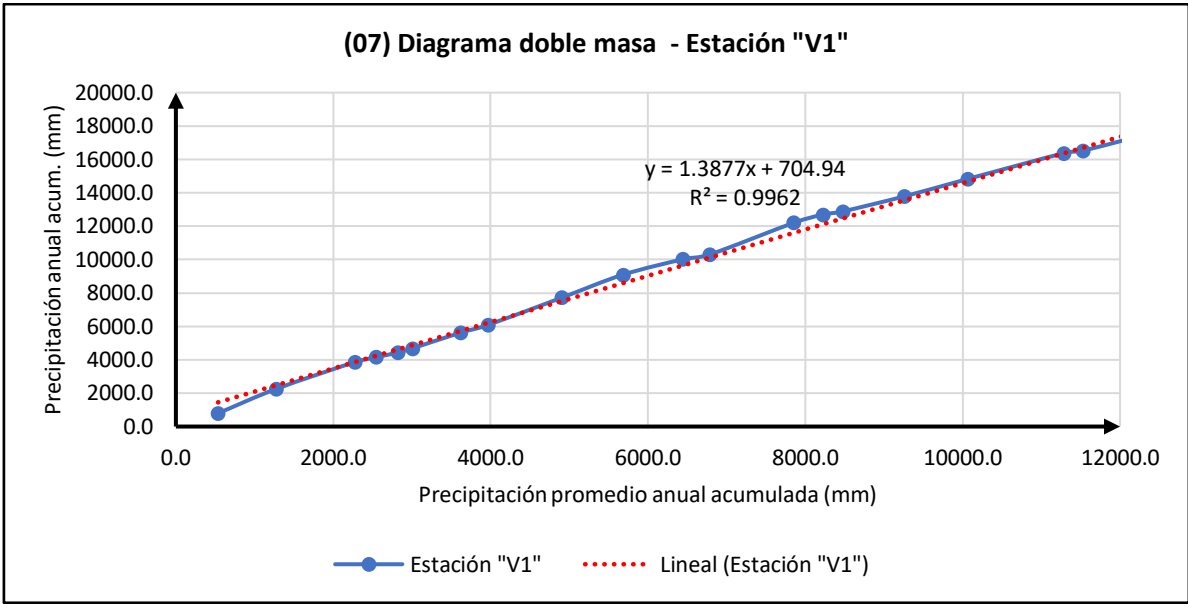


Anexo 8: Diagramas doble masa de los registros de precipitación post análisis estadístico (saltos y tendencias).

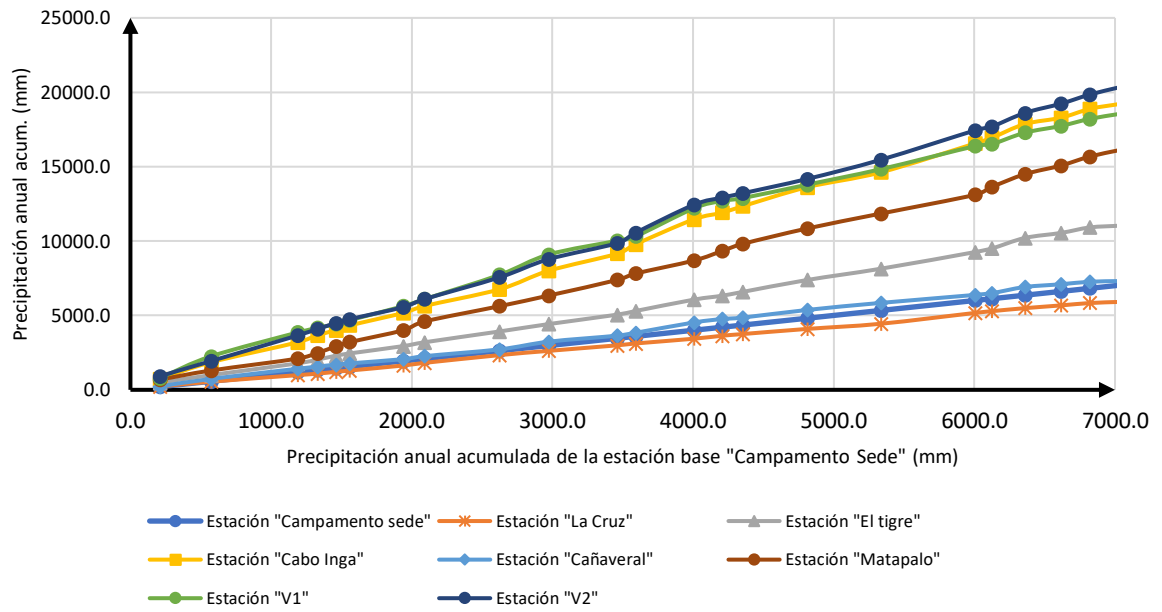
Análisis doble masa de 8 estaciones ubicadas en la zona de la cuenca del río Tumbes: Campamento sede, La cruz, El tigre, Cabo Inga, Cañaverall, Matapalo, V1 y V2																	
Año	Estación "Campamento sede"		Estación "La Cruz"		Estación "El tigre"		Estación "Cabo Inga"		Estación "Cañaverall"		Estación "Matapalo"		Estación "V1"		Estación "V2"		Precipitación promedio anual acumulada (mm)
	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	P. Anual (mm)	P. Acum (mm)	
2000	211.20	211.20	222.80	222.80	480.10	480.10	739.70	739.70	230.10	230.10	690.40	690.40	795.40	795.40	918.90	918.90	536.08
2001	361.30	572.50	325.40	548.20	511.30	991.40	1110.80	1850.50	505.20	735.30	607.70	1298.10	1453.70	2249.10	1013.50	1932.40	1272.19
2002	617.30	1189.80	439.90	988.10	785.90	1777.30	1344.40	3194.90	681.80	1417.10	800.50	2098.60	1606.19	3855.29	1722.40	3654.80	2271.99
2003	137.90	1327.70	95.90	1084.00	249.10	2026.40	472.30	3667.20	142.50	1559.60	367.10	2465.70	298.60	4153.89	429.70	4084.50	2546.12
2004	136.40	1464.10	131.00	1215.00	272.20	2298.60	347.20	4014.40	136.60	1696.20	469.00	2934.70	275.10	4428.99	410.20	4494.70	2818.34
2005	95.40	1559.50	81.10	1296.10	148.50	2447.10	311.50	4325.90	82.00	1778.20	272.00	3206.70	255.20	4684.19	254.60	4749.30	3005.87
2006	382.50	1942.00	340.10	1636.20	494.70	2941.80	847.40	5173.30	283.30	2061.50	802.70	4009.40	940.60	5624.79	813.90	5563.20	3619.02
2007	147.70	2089.70	173.70	1809.90	252.20	3194.00	458.10	5631.40	200.10	2261.60	582.90	4592.30	464.90	6089.69	530.30	6093.50	3970.26
2008	534.40	2624.10	522.00	2331.90	729.40	3923.40	1125.40	6756.80	458.40	2720.00	1028.90	5621.20	1636.50	7726.19	1464.00	7557.50	4907.64
2009	348.90	2973.00	285.80	2617.70	495.40	4418.80	1242.40	7999.20	514.20	3234.20	713.20	6334.40	1366.70	9092.89	1221.20	8778.70	5681.11
2010	488.10	3461.10	372.70	2990.40	634.70	5053.50	1149.40	9148.60	407.80	3642.00	1050.70	7385.10	928.40	10021.29	1077.50	9856.20	6444.77
2011	130.00	3591.10	125.50	3115.90	243.10	5296.60	632.70	9781.30	192.20	3834.20	426.80	7811.90	286.10	10307.39	698.60	10554.80	6786.65
2012	414.70	4005.80	319.90	3435.80	765.20	6061.80	1678.00	11459.30	693.20	4527.40	877.00	8688.90	1897.20	12204.59	1885.80	12440.60	7853.02
2013	199.80	4205.60	199.30	3635.10	260.40	6322.20	442.30	11901.60	229.40	4756.80	640.10	9329.00	495.10	12699.69	475.90	12916.50	8220.81
2014	148.20	4353.80	114.20	3749.30	260.60	6582.80	440.30	12341.90	99.00	4855.80	481.30	9810.30	187.70	12887.39	296.30	13212.80	8474.26
2015	457.10	4810.90	344.30	4093.60	798.50	7381.30	1276.70	13618.60	513.10	5368.90	1031.90	10842.20	902.50	13789.89	959.20	14172.00	9259.67
2016	523.00	5333.90	346.30	4439.90	757.30	8138.60	998.40	14617.00	473.30	5842.20	1000.70	11842.90	1039.20	14829.09	1288.80	15460.80	10063.05
2017	670.90	6004.80	728.90	5168.80	1120.30	9258.90	1942.37	16559.37	538.40	6380.60	1267.50	13110.40	1549.56	16378.65	1976.67	17437.47	11287.37
2018	121.20	6126.00	119.50	5288.30	245.20	9504.10	386.40	16945.77	118.70	6499.30	530.40	13640.80	142.03	16520.68	262.22	17699.69	11528.08
2019	232.50	6358.50	200.10	5488.40	702.20	10206.30	918.90	17864.67	409.26	6908.56	851.60	14492.40	759.97	17280.65	910.67	18610.36	12151.23
2020	256.80	6615.30	184.82	5673.22	338.86	10545.16	421.00	18285.67	187.00	7095.56	582.70	15075.10	457.10	17737.75	620.19	19230.55	12532.29
2021	206.10	6821.40	160.00	5833.22	369.70	10914.86	598.10	18883.77	167.60	7263.16	605.40	15680.50	474.76	18212.51	617.28	19847.83	12932.16
2022	214.10	7035.50	77.10	5910.32	118.20	11033.06	333.90	19217.67	47.10	7310.26	439.00	16119.50	338.43	18550.94	497.70	20345.53	13190.35







**Diagrama doble masa referido a la estación base "Campamento Sede":
Campamento sede, La cruz, El tigre, Cabo Inga, Cañaveral, Matapalo, V1 y V2.**



Anexo 9: Cálculo del Factor R acumulado mensual – anual

Estación meteorológica Campamento Sede: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		CAMPAMENTO SEDE					LATITUD:		3°33'4.14" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°25'46.64" W		PROV.		TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		17 m.s.n.m		DIST.		TUMBES	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.hrs.Año)	
2000	0.51	22.58	123.88	137.05	8.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	292.27	
2001	7.52	72.69	1541.86	38.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1660.42	
2002	0.00	891.39	2351.73	92.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	3335.43	
2003	10.66	19.48	1.57	0.24	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	199.43	231.43	
2004	0.75	11.86	26.87	187.14	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	226.82	
2005	0.15	0.20	321.56	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	333.25	
2006	7.29	3664.22	34.83	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	3706.68	
2007	282.88	0.05	156.99	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	440.05	
2008	247.95	2302.09	138.14	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2690.10	
2009	357.67	1058.55	4.49	1.90	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	1422.66	
2010	0.75	876.93	787.50	113.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1779.07	
2011	10.04	82.02	0.05	55.32	2.28	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.12	
2012	87.44	633.60	146.34	71.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	938.60	
2013	1.82	43.04	590.66	8.94	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	644.53	
2014	60.71	20.86	0.01	0.08	118.57	0.39	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.04	200.76	
2015	0.22	8.07	5312.65	2.41	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	5332.38	
2016	2.39	1681.58	637.24	41.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	2362.46	
2017	246.39	62.10	3175.91	16.64	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3504.59	
2018	2.26	29.08	0.73	0.00	40.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.08	115.27	
2019	118.12	273.39	16.36	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.06	415.21	
2020	14.09	991.33	88.14	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1093.76	
2021	137.72	1.02	214.02	1.04	1.17	0.01	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.59	355.72	
2022	105.65	2.72	290.72	7.17	0.87	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	407.20	
PROMEDIO	74.0	554.3	694.0	34.4	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	1375.6	
MÁXIMO	357.7	3664.2	5312.7	187.1	118.6	0.4	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	199.4	5332.4	
MÍNIMO	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.3	
DESVIACION	108.71	920.73	1294.04	52.21	25.55	0.08	0.09	0.00	0.00	0.03	0.01	42.08	1451.51	

Fuente: PEBPT

Estación meteorológica La Cruz: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: LA CRUZ		LATITUD: 3°37'41.85" S		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°34'9.36" W		PROV. TUMBES									
PERIODO: 2000-2022		ALTITUD: 6 msnm		DIST. LA CRUZ									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)
2000	1.37	24.46	60.05	69.56	84.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	240.19
2001	3.69	10.68	2449.82	12.70	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2476.94
2002	0.02	633.12	1020.02	77.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1731.15
2003	24.78	17.20	4.11	3.93	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	5.81	55.84
2004	2.20	124.15	4.23	55.98	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	187.47
2005	1.91	1.25	231.46	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.20	0.07	234.94
2006	2.15	1493.28	368.80	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	1864.31
2007	103.86	0.00	605.33	0.46	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	709.68
2008	188.06	2411.14	193.46	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2792.96
2009	199.91	1425.28	0.59	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1625.95
2010	0.20	372.52	593.82	146.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1112.62
2011	0.14	392.70	0.01	53.46	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	446.37
2012	10.68	525.42	126.18	46.26	0.39	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	708.99
2013	3.73	33.67	764.60	1.28	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	803.34
2014	63.09	5.89	0.37	0.10	29.92	0.48	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.09	100.14
2015	0.01	11.77	2241.51	38.66	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	2294.22
2016	1.17	196.65	1209.36	32.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1439.27
2017	130.32	33.86	4850.46	45.48	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5063.11
2018	1.95	103.61	0.00	0.00	4.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.45	197.95
2019	3.27	561.19	8.72	32.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	605.78
2020	0.89	316.46	138.28	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	458.67
2021	19.36	1.52	215.45	48.57	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	285.10
2022	0.97	11.38	97.38	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	113.15
PROMEDIO	33.2	378.6	660.2	29.1	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	1110.8
MÁXIMO	199.9	2411.1	4850.5	146.1	84.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	87.5	5063.1
MÍNIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.8
DESVIACION	61.38	611.70	1141.31	36.33	18.37	0.10	0.01	0.00	0.00	0.05	0.04	18.20	1198.56

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica El Tigre: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: EL TIGRE		LATITUD: 3°48'8.4" S		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°27'24" W		PROV. TUMBES									
PERIODO: 2000-2022		ALTITUD: 45 msnm		DIST. SAN JACINTO									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)
2000	0.00	190.87	328.65	196.56	142.41	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	858.67
2001	31.37	18.82	3379.14	40.65	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	3470.26
2002	0.03	508.55	2525.08	635.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	3670.06
2003	332.53	200.04	18.81	0.42	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	553.01
2004	0.41	611.51	48.45	121.93	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	782.36
2005	0.00	4.18	865.12	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	873.91
2006	20.00	3760.09	183.96	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	3964.09
2007	303.72	0.22	269.46	29.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	602.81
2008	192.53	2590.42	433.24	14.23	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3230.57
2009	915.15	1047.20	91.87	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2054.24
2010	76.32	507.64	932.25	162.37	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1678.63
2011	36.18	99.38	0.01	573.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	709.48
2012	170.38	1498.15	467.81	96.14	1.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2233.61
2013	7.75	55.05	1174.97	0.23	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	1238.15
2014	213.48	56.21	0.61	0.13	45.31	3.69	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	1.35	320.84
2015	1.08	96.09	2601.34	375.11	83.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	3157.04
2016	2.48	2417.44	1047.84	149.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	3616.92
2017	116.58	808.28	1337.41	596.59	52.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2911.83
2018	14.84	548.62	0.03	0.00	5.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105.16	674.30
2019	98.90	738.89	934.64	99.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	1874.49
2020	0.61	383.30	640.24	3.37	0.04	0.50	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	1029.32
2021	61.34	10.49	1437.42	17.34	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	1527.19
2022	2.63	1.98	293.11	7.20	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	304.99
PROMEDIO	113.0	702.3	826.6	135.8	14.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	1797.3
MÁXIMO	915.2	3760.1	3379.1	635.6	142.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	105.2	3964.1
MÍNIMO	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	305.0
DESVIACION	201.63	984.62	924.40	205.56	35.25	0.77	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	21.86	1230.29

Fuente: PEBPT

Estación meteorológica Cabo Inga: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		CABO INGA					LATITUD:		3°58'33.39" S			DPTO.	TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS					LONGITUD:		80°24'6.54" W			PROV.	TUMBES	
PERIODO:		2000-2022					ALTITUD:		231 m.s.n.m			DIST.	SAN JACINTO	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)	
2000	0.02	402.13	1474.05	442.03	42.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2360.45	
2001	634.51	344.25	4034.72	142.30	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	5155.87	
2002	0.00	1358.85	2558.28	2282.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	11.43	6211.30	
2003	198.26	870.64	280.03	2.24	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24	1351.44	
2004	5.09	770.77	378.06	8.73	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	1162.72	
2005	0.63	1.01	2448.18	13.67	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.09	2465.14	
2006	39.02	3866.61	736.81	10.90	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	1.48	4655.87	
2007	124.07	5.66	1718.72	119.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1967.93	
2008	242.94	3613.47	1032.74	58.03	2.94	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4950.48	
2009	3311.82	1594.22	681.63	11.79	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	5602.83	
2010	184.70	1218.49	4488.56	49.35	1.68	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5942.80	
2011	1.26	14.86	1.10	6746.64	6.55	6.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.22	6776.67	
2012	132.14	3871.29	1838.37	1173.51	9.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7024.80	
2013	13.61	46.88	2224.69	7.57	13.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	2306.02	
2014	39.07	72.39	23.15	3.16	842.11	2.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.15	982.19	
2015	6.60	35.33	3158.81	3253.57	11.90	19.90	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	6486.17	
2016	16.51	2536.95	1532.02	358.40	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	4444.00	
2017	512.73	844.71	2016.13	4431.93	9.74	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7815.91	
2018	69.44	110.13	1.34	2.65	99.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.98	64.33	357.29	
2019	25.92	1578.76	1504.26	34.56	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.60	3194.10	
2020	20.54	163.86	657.34	3.50	6.09	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	865.52	
2021	132.54	27.35	1132.42	221.34	11.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1524.91	
2022	13.02	3.42	1196.25	33.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.53	1261.73	
PROMEDIO	248.9	1015.3	1526.9	844.0	46.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	7.0	3689.8	
MÁXIMO	3311.8	3871.3	4488.6	6746.6	842.1	19.9	0.4	0.0	0.0	0.5	10.0	64.3	7815.9	
MÍNIMO	0.0	1.0	1.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	357.3	
DESVIACION	687.60	1287.72	1222.79	1736.83	174.88	4.26	0.07	0.00	0.00	0.11	2.08	16.58	2365.20	

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica Cañaverál: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: CAÑAVERAL		LATITUD: 3°56'20.75"		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°39'2.1" W		PROV. C.M.V.Z									
PERIODO: 2000 - 2022		ALTITUD: 133 m.s.n.m		DIST. CASITAS									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)
2000	0.03	89.37	50.54	208.41	5.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	353.73
2001	95.99	70.80	2183.24	25.59	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	2375.66
2002	0.17	241.00	2534.73	519.37	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	3295.30
2003	7.17	83.84	2.32	37.47	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	1.77	132.70
2004	0.17	222.91	29.77	8.45	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	261.72
2005	0.21	2.11	122.00	3.78	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.21	128.52
2006	4.88	1828.62	37.44	0.10	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	1871.13
2007	64.99	0.10	724.71	3.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	792.88
2008	138.64	1835.27	143.78	0.13	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	2117.86
2009	1517.03	229.32	137.03	7.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	1890.46
2010	17.54	427.38	563.34	74.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1082.47
2011	0.27	133.56	0.00	636.82	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	771.47
2012	28.42	765.09	2056.29	65.60	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2915.76
2013	4.52	16.98	1684.40	0.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1706.08
2014	4.83	124.26	0.59	0.18	23.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	153.77
2015	0.05	10.89	3027.65	210.44	6.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	3255.67
2016	1.37	268.00	1433.82	166.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1869.38
2017	300.31	1130.37	31.59	204.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1667.03
2018	0.92	0.25	7.27	0.01	8.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.90	9.85	112.44
2019	1.68	672.90	225.99	31.14	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.37	968.09
2020	114.23	31.57	179.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	327.01
2021	0.55	0.00	886.24	28.64	0.31	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	915.76
2022	0.35	1.01	7.49	5.92	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.49	22.27
PROMEDIO	100.2	355.9	698.7	97.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	2.5	1260.3
MÁXIMO	1517.0	1835.3	3027.7	636.8	23.9	0.1	0.8	0.0	0.0	0.3	85.9	36.4	3295.3
MÍNIMO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3
DESVIACION	316.78	547.07	954.03	169.05	5.31	0.02	0.17	0.00	0.00	0.06	17.91	7.79	1052.23

Fuente: SENAMHI

Estación meteorológica Matapalo: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: MATAPALO		LATITUD: 3°40'57.94" S		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°11'54.64" W		PROV. ZARUMILLA									
PERIODO: 2000-2022		ALTITUD: 62 m.s.n.m		DIST. MATAPALO									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)
2000	0.22	90.39	1736.91	67.06	292.68	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	2188.90
2001	51.54	170.34	2561.32	25.50	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.17	2809.15
2002	14.76	810.79	946.76	226.78	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	26.44	2025.74
2003	212.99	367.32	10.18	2.65	0.08	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	35.68	628.98
2004	54.13	463.28	261.33	99.73	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.09	878.69
2005	6.52	33.68	954.44	8.56	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.14	1003.41
2006	19.00	7737.66	231.21	0.18	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	2.53	7990.93
2007	1205.36	0.68	1494.16	20.55	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	2721.09
2008	847.45	2994.04	526.96	18.59	0.02	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	4387.26
2009	1489.84	910.72	122.69	1.96	0.32	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	1.60	2527.21
2010	278.55	376.93	1174.79	1018.34	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	2849.35
2011	11.23	1351.18	1.71	247.20	0.04	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.58	1612.07
2012	903.40	623.49	46.39	361.78	9.41	0.93	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.16	1945.61
2013	137.78	81.23	4006.49	0.82	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.27	4226.96
2014	537.76	135.67	0.45	1.11	122.67	17.63	0.01	0.00	0.00	0.13	0.00	1.01	816.44
2015	19.33	74.16	4321.90	53.40	410.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.07	0.03	0.14	4879.16
2016	28.67	3943.49	1057.40	159.72	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	5189.62
2017	256.27	1340.79	3205.65	160.70	2.51	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	4966.16
2018	204.28	421.30	3.68	0.05	43.18	0.00	0.00	0.82	0.43	0.01	0.37	88.93	763.05
2019	135.41	3005.32	268.80	41.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	14.18	3464.95
2020	0.77	607.75	657.34	117.92	0.51	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04	11.02	1395.44
2021	275.62	122.19	1272.76	23.89	0.54	0.02	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.13	1695.26
2022	626.75	39.25	502.32	9.27	0.04	0.02	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1177.93
PROMEDIO	318.2	1117.5	1102.9	116.0	38.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.1	2701.9
MÁXIMO	1489.8	7737.7	4321.9	1018.3	410.1	17.6	0.3	0.8	0.4	0.2	0.4	88.9	7990.9
MÍNIMO	0.2	0.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	629.0
DESVIACION	421.68	1800.52	1278.15	219.26	103.78	3.67	0.06	0.17	0.09	0.06	0.10	19.91	1848.65

Fuente: SENAMHI

Estación Virtual V1: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION: VIRTUAL 01		LATITUD: 4°8'40.96" S		DPTO. TUMBES									
N° DE REGISTROS: 23 AÑOS		LONGITUD: 80°34'12.21" W		PROV. C.M.V.Z									
PERIODO: 2000-2022		ALTITUD: 17 m.s.n.m		DIST. CASITAS									
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)
2000	0.05	1701.91	940.82	486.73	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	3131.14
2001	86.80	101.87	24094.80	102.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24385.52
2002	0.03	1673.92	8841.42	1738.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12254.31
2003	84.88	1241.86	6.65	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	1337.01
2004	2.48	637.46	194.08	11.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	845.09
2005	0.10	9.90	2764.98	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	2775.53
2006	9.42	11859.51	710.31	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	12579.33
2007	136.57	0.39	4583.54	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4724.42
2008	262.01	14386.18	2096.12	6.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16750.39
2009	3799.11	1657.28	2248.48	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	7705.43
2010	11.99	3988.01	2051.54	32.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6084.53
2011	2.56	245.05	0.07	1018.23	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	1266.04
2012	22.39	16526.29	3683.05	120.78	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20352.54
2013	11.73	22.78	5664.43	0.92	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	5700.52
2014	23.55	213.81	16.49	0.53	10.52	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.09	265.05
2015	0.73	39.28	11660.37	121.06	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	11824.13
2016	12.84	2581.65	3846.28	77.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	6518.28
2017	666.51	4337.02	1960.33	274.34	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7238.23
2018	14.43	33.69	90.98	0.30	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	142.66
2019	7.66	2955.45	1272.86	32.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	4268.29
2020	20.80	207.67	2368.63	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	2599.01
2021	9.52	0.29	6080.84	20.56	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	6111.29
2022	2.80	1.14	3589.24	11.64	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	3604.90
PROMEDIO	225.6	2801.0	3859.4	176.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7063.6
MÁXIMO	3799.1	16526.3	24094.8	1738.9	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	24385.5
MÍNIMO	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.7
DESVIACION	792.33	4771.85	5296.80	410.25	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.19	6512.92

Fuente: SENAMHI

Estación Virtual V2: Factor R acumulado mensual - anual, enero de 2000 a diciembre de 2022.

ESTACION:		VIRTUAL 02						LATITUD:		3°54'56.08" S		DPTO.		TUMBES	
N° DE REGISTROS:		23 AÑOS						LONGITUD:		80°14'26.12" W		PROV.		ZARUMILLA	
PERIODO:		2000-2022						ALTITUD:		527 m.s.n.m		DIST.		PAPAYAL	
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	FACTOR R (MJ.mm/Ha.Año)		
2000	0.75	408.36	553.02	3008.43	5.67	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	3977.11		
2001	322.15	36.17	1620.84	1765.82	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.32	3745.73		
2002	0.05	708.67	747.61	19741.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.68	21198.41		
2003	415.70	412.08	5.59	38.45	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	16.75	888.59		
2004	30.54	191.76	20.22	798.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.01	0.12	1041.37		
2005	0.51	3.14	917.47	25.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	8.27	955.40		
2006	171.63	3919.00	361.50	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.34	4461.76		
2007	892.74	0.28	591.44	216.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.17	1701.49		
2008	445.66	5182.96	562.49	724.22	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	6915.39		
2009	10405.72	507.38	172.22	21.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.39	11106.78		
2010	143.51	1131.23	265.23	2532.35	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.20	4072.55		
2011	18.46	70.15	0.01	8971.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	1.53	9061.62		
2012	248.67	2650.82	506.69	7464.54	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	10870.92		
2013	82.62	44.29	934.40	72.74	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.10	1136.38		
2014	97.88	85.88	1.99	8.81	20.87	0.33	0.00	0.00	0.00	1.24	0.01	11.07	228.08		
2015	8.40	46.36	2319.27	1864.38	5.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.29	0.56	4244.38		
2016	100.68	1757.10	206.35	4628.71	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	6693.13		
2017	753.96	1331.76	1093.96	6263.18	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	9443.35		
2018	119.74	112.23	0.77	4.38	4.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.29	23.10	266.06		
2019	180.52	2041.62	209.14	449.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	2.83	2883.75		
2020	49.28	789.11	173.33	406.99	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.98	1420.74		
2021	118.81	5.87	605.71	1167.06	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.69	1898.41		
2022	44.69	10.01	641.76	771.32	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.55	1468.36		
PROMEDIO	637.1	932.4	544.0	2650.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	3.1	4768.7		
MÁXIMO	10405.7	5183.0	2319.3	19741.4	20.9	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	1.3	23.1	21198.4		
MÍNIMO	0.1	0.3	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	228.1		
DESVIACION	2142.54	1370.90	565.13	4525.87	4.53	0.07	0.00	0.00	0.00	0.32	0.28	6.05	4951.30		

Fuente: SENAMHI

Anexo 10: Script para extraer datos del producto Pisco – Senamhi

```
#Scrip para extraer datos del producto pisco

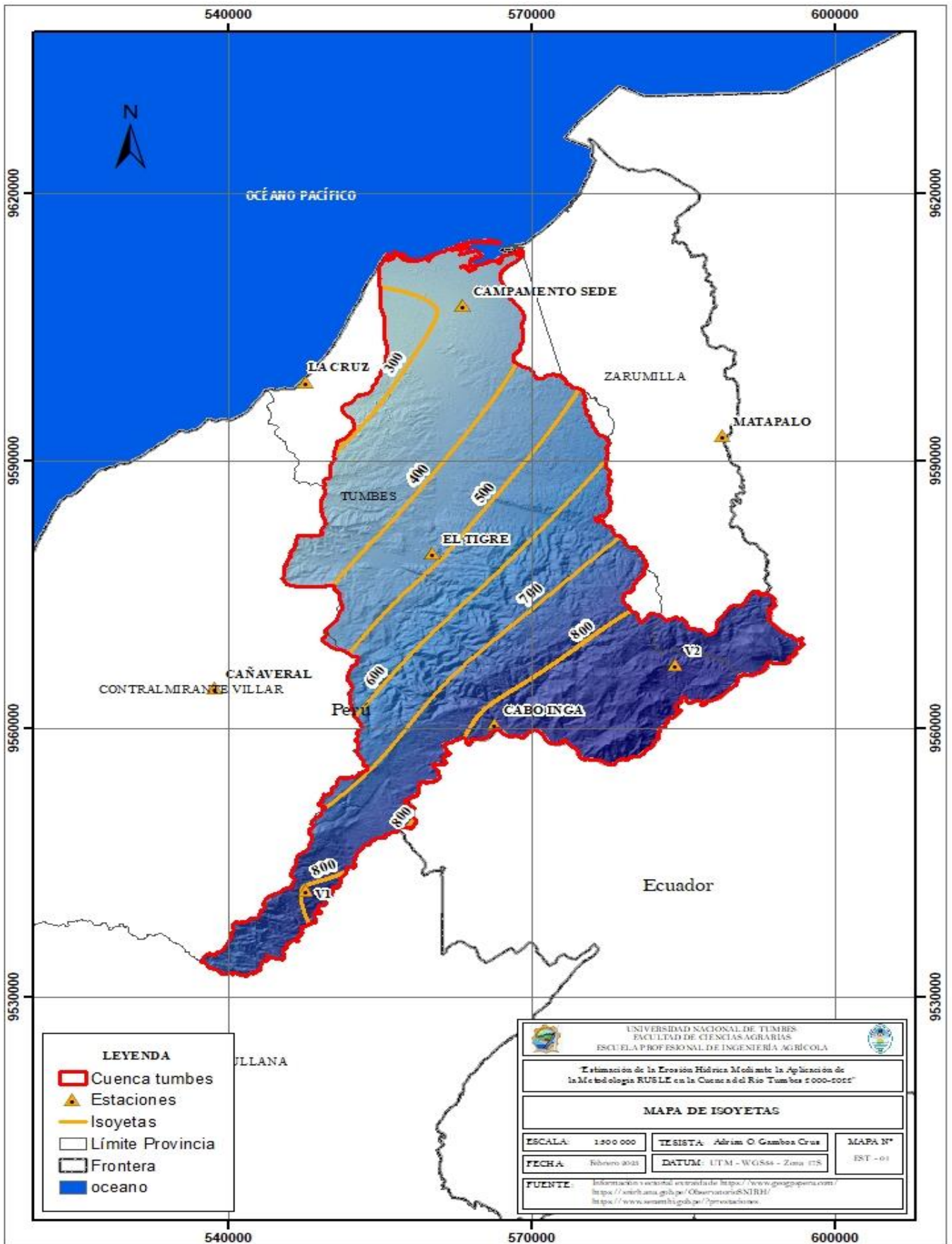
#Definir la carpeta de trabajo
setwd("D:/FACTOR_R")
rm(list = ls())

#llamar la librerías necesarias
library(sp)
library(raster)
library(ncdf4)

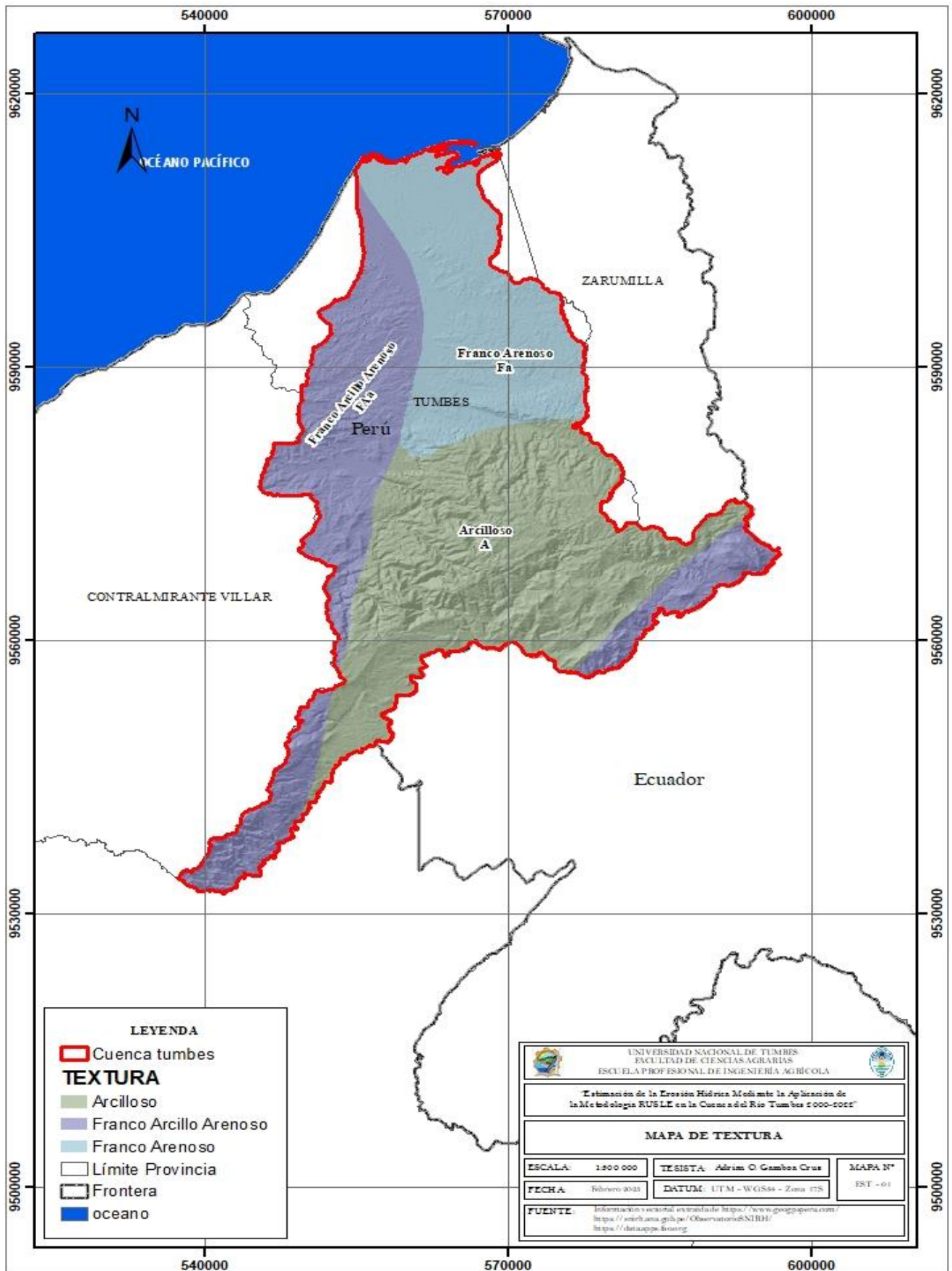
#Procedimiento
long_lat <- read.csv("long_lat.csv", header = T)
raster_pp <- raster::brick("data.nc")
sp::coordinates(long_lat) <- ~XX+YY
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp)
points_long_lat <- raster::extract(raster_pp[[1]], long_lat,
cellnumbers = T)[,1]
data_long_lat <- t(raster_pp[points_long_lat])
colnames(data_long_lat) <- as.character(long_lat$NN)

#Salida
write.csv(data_long_lat, "data_long_lat.csv", quote = F)
```

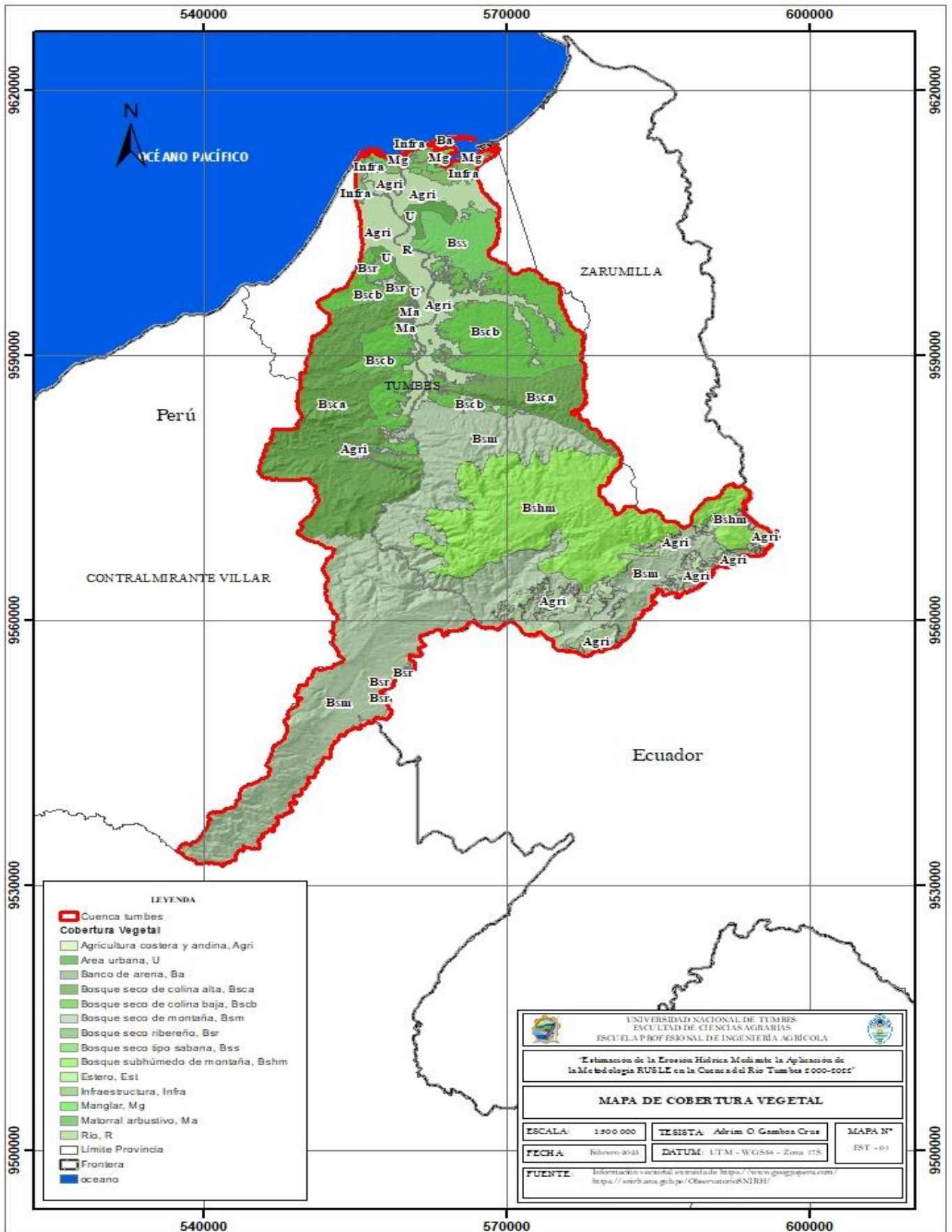
Anexo 11: Mapa de Isoyetas



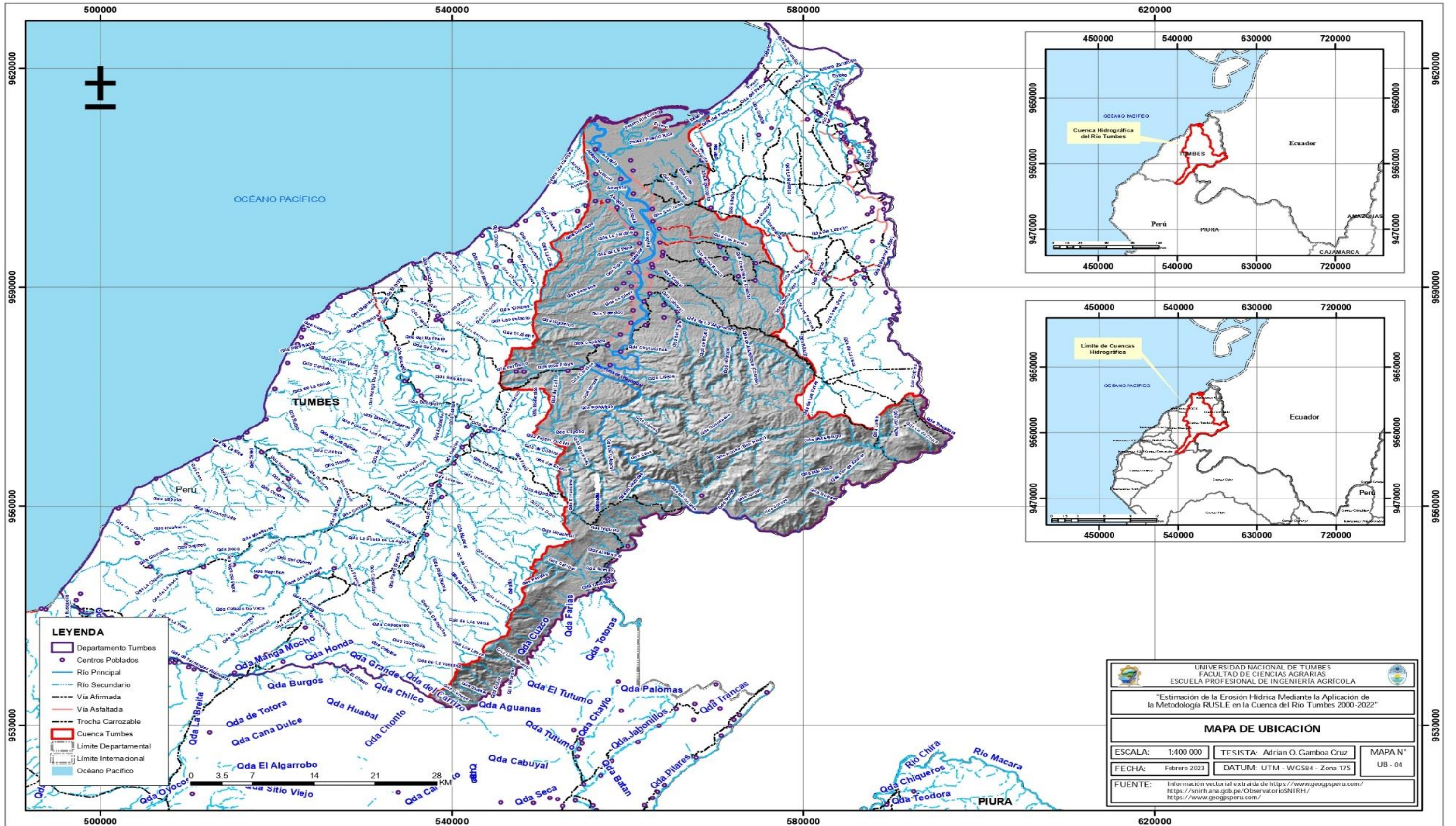
Anexo 12: Mapa de textura



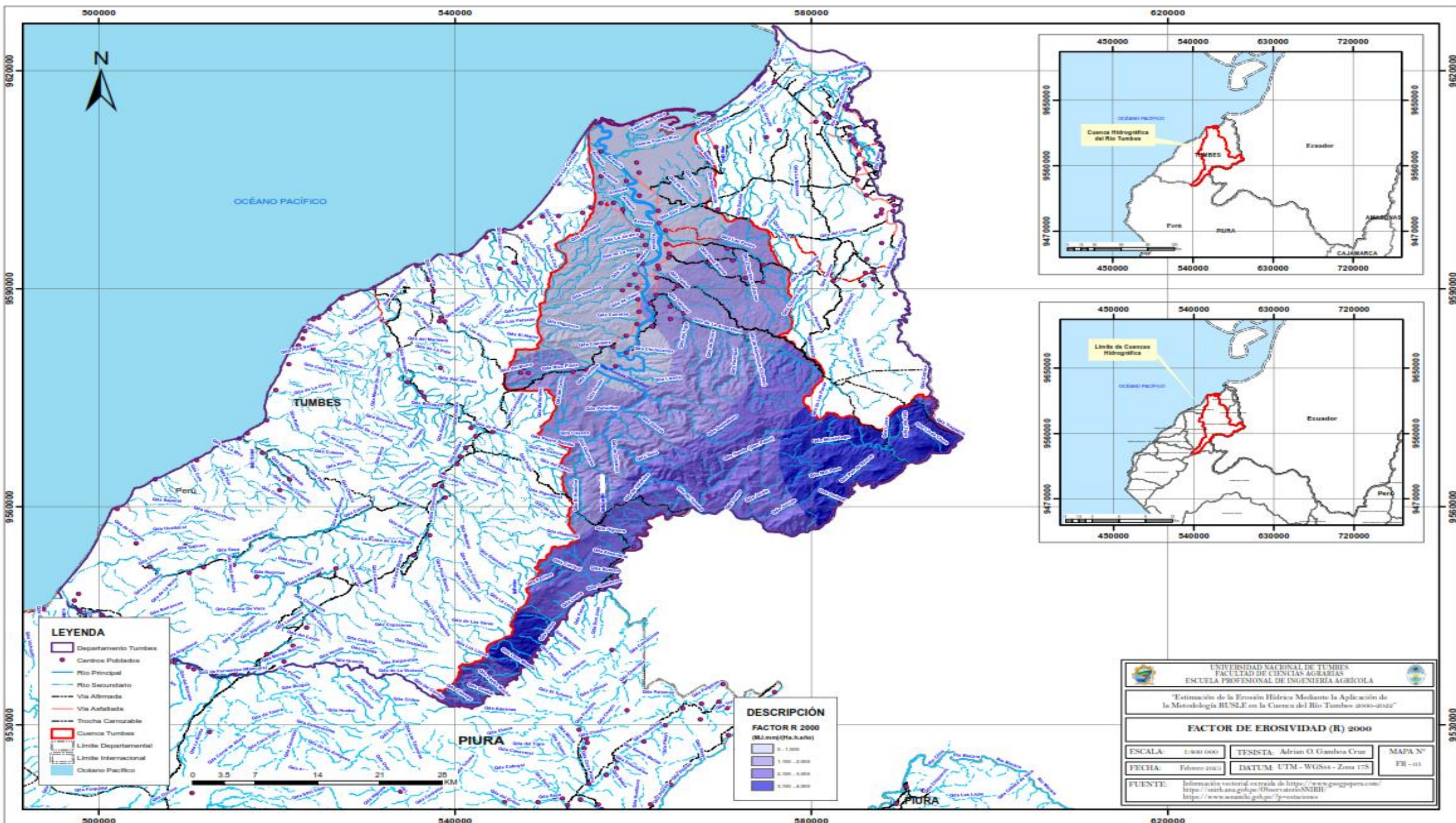
Anexo 13: Mapa de cobertura vegetal



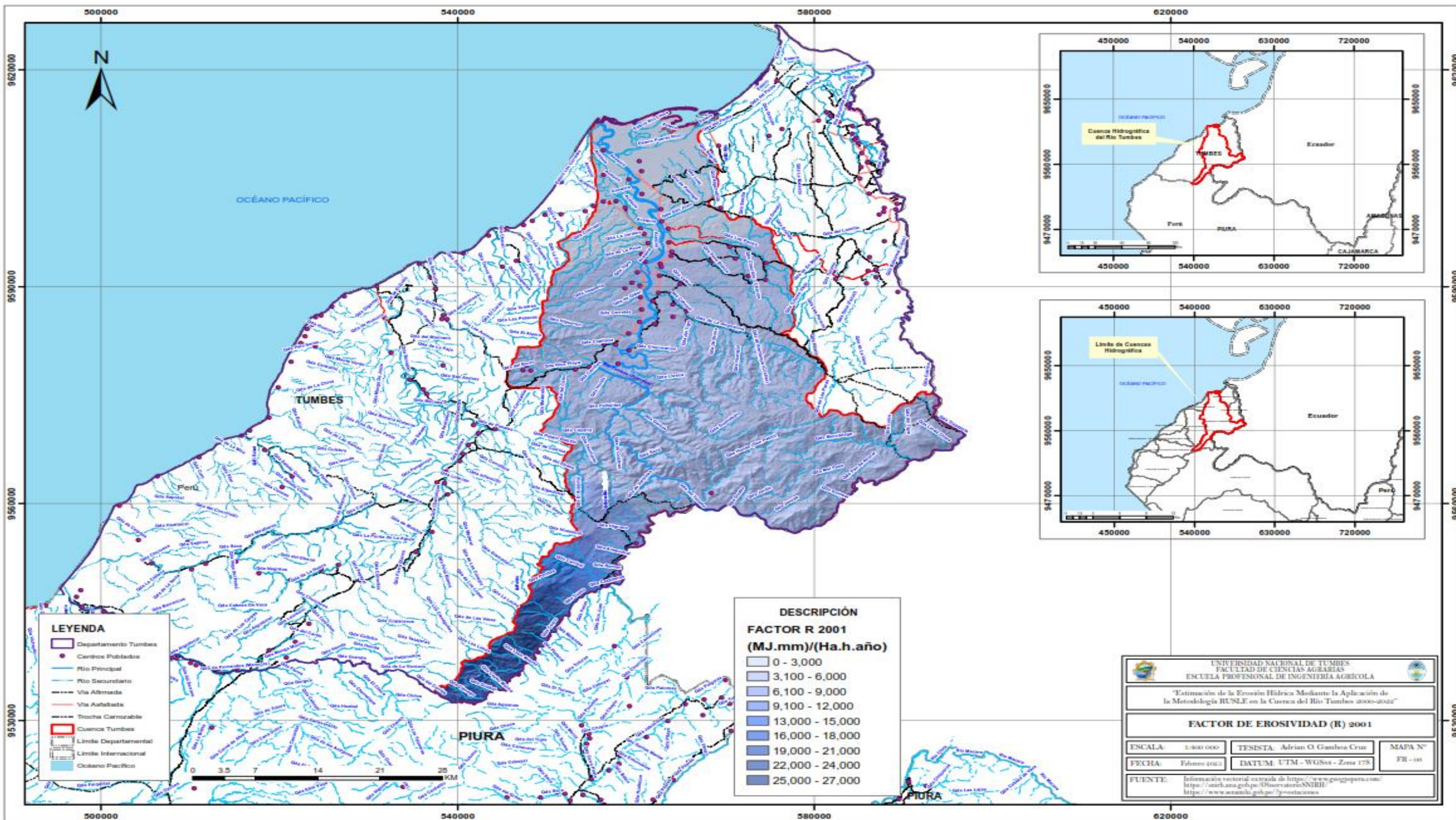
Anexo 14: Mapa de ubicación



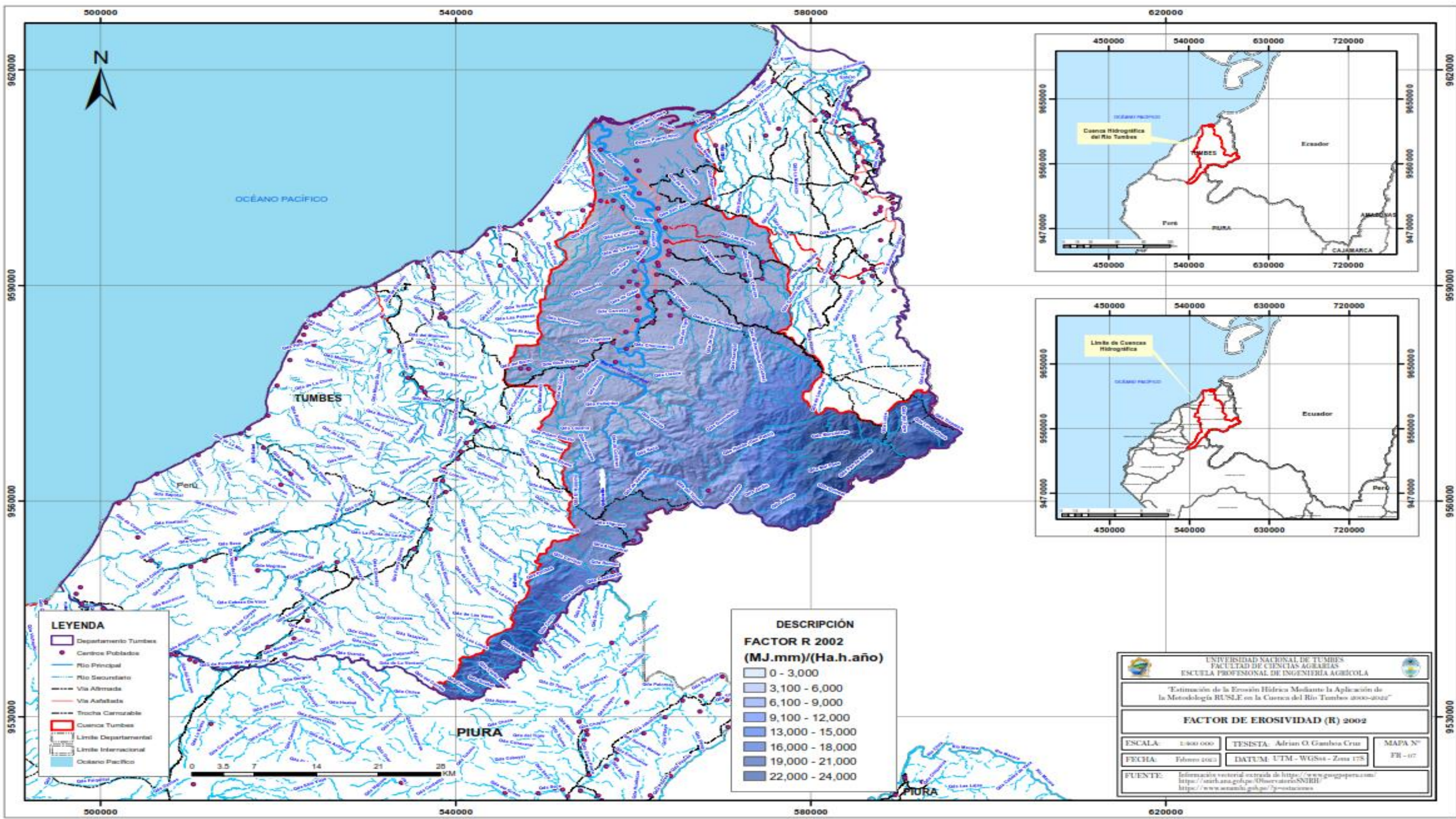
Anexo 15: Mapa de Factor R (2000)



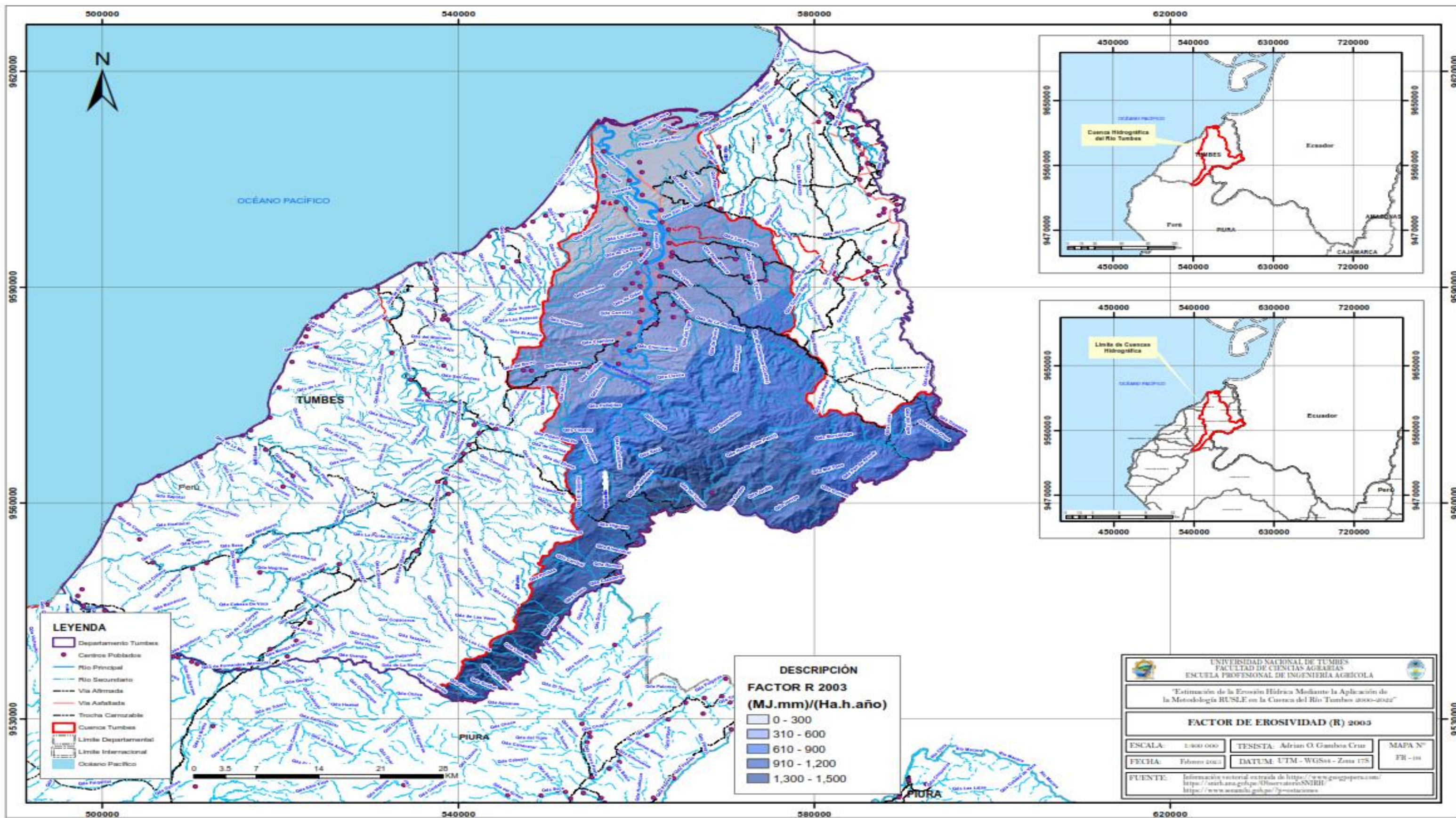
Anexo 16: Mapa de Factor R (2001)



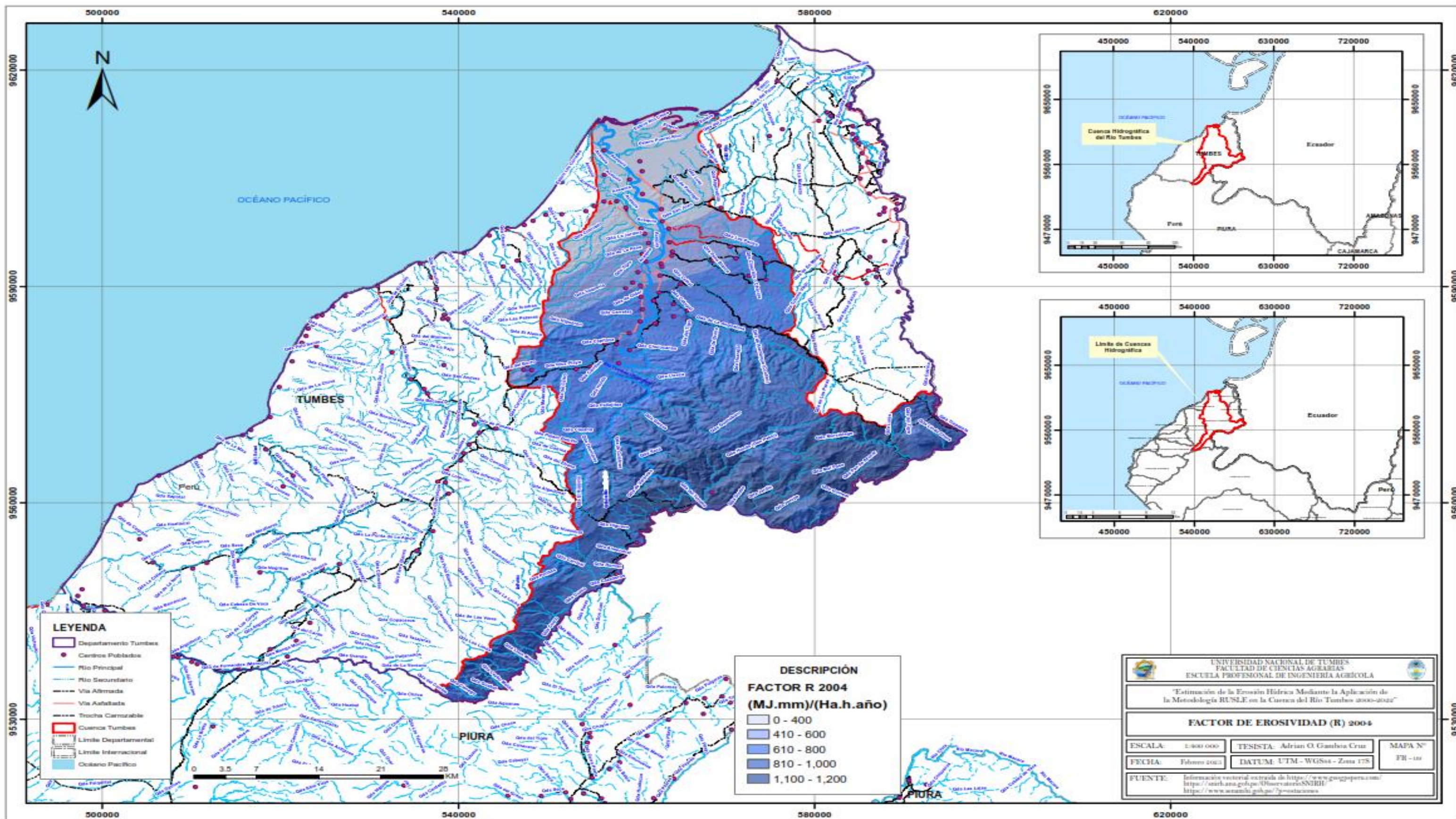
Anexo 17: Mapa de Factor R (2002)



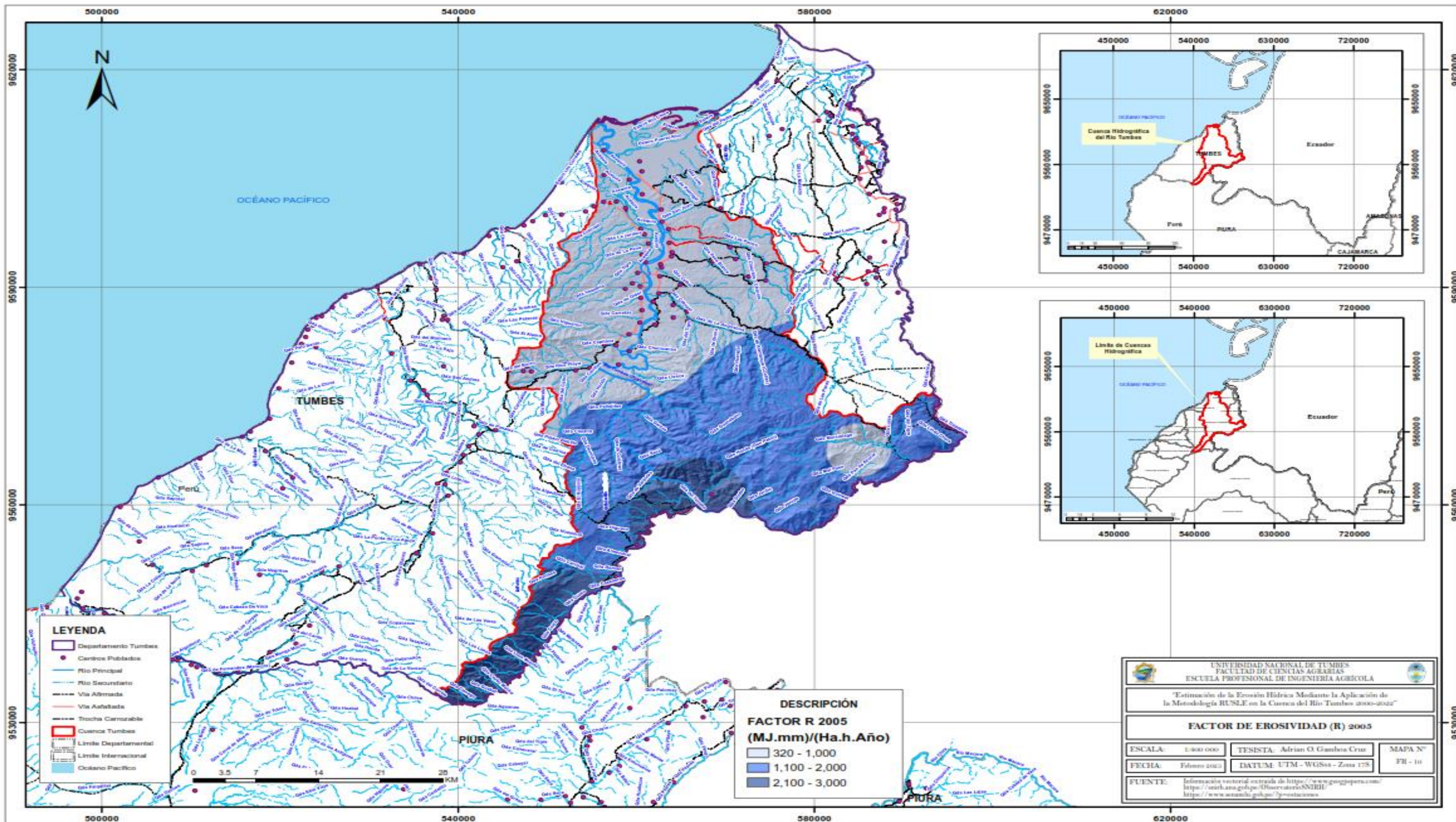
Anexo 18: Mapa de Factor R (2003)



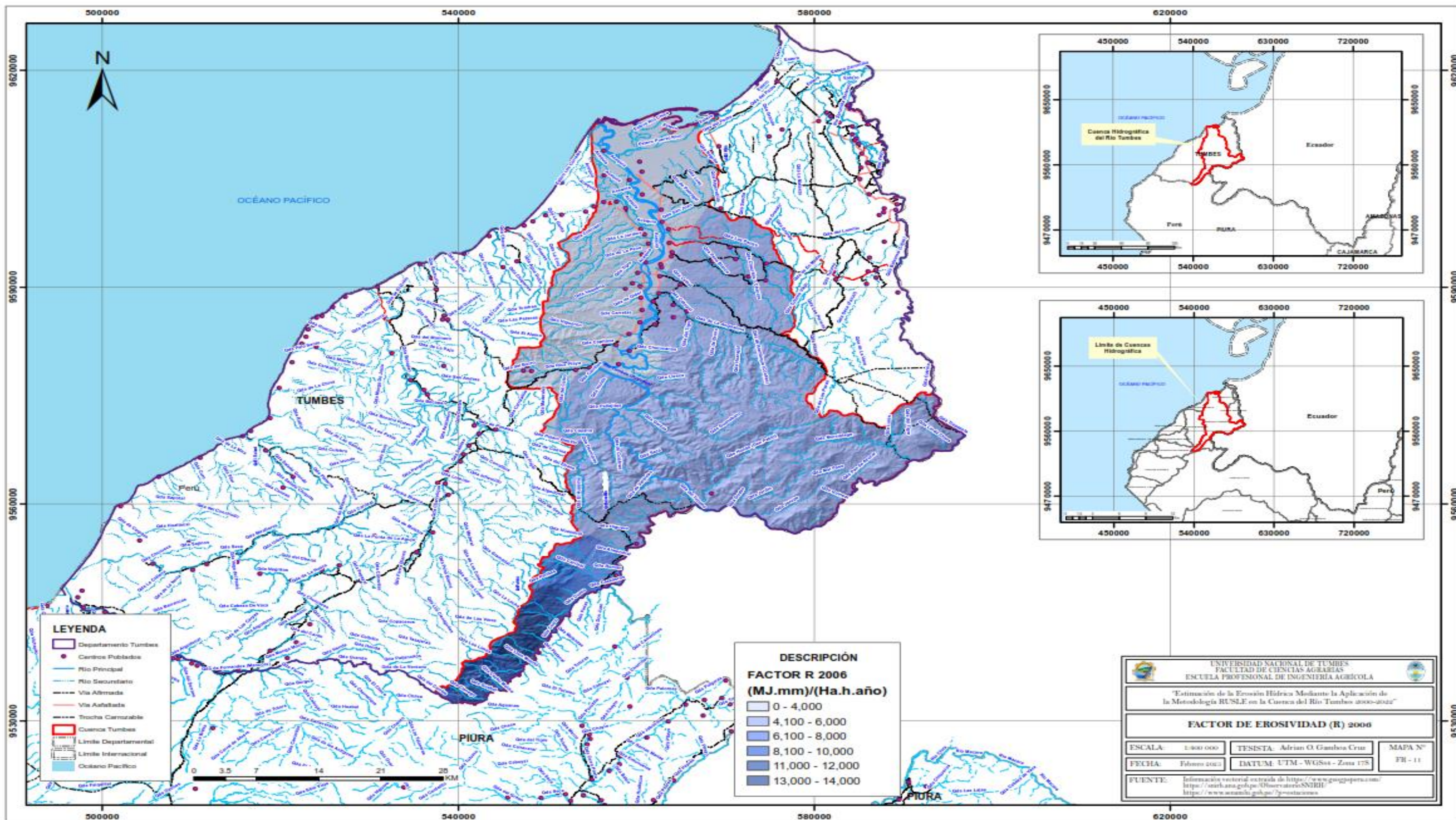
Anexo 19: Mapa de Factor R (2004)



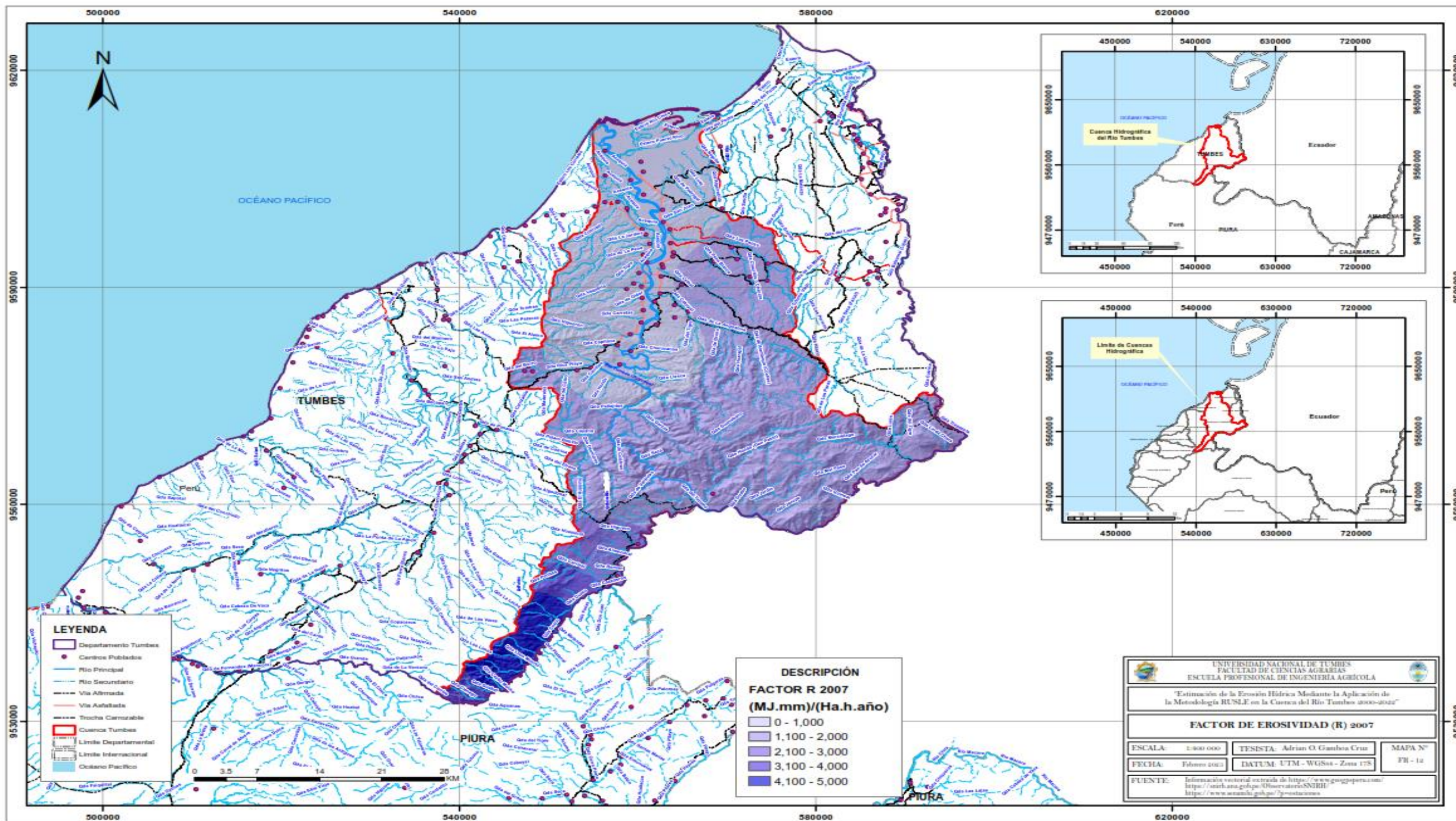
Anexo 20: Mapa de Factor R (2005)



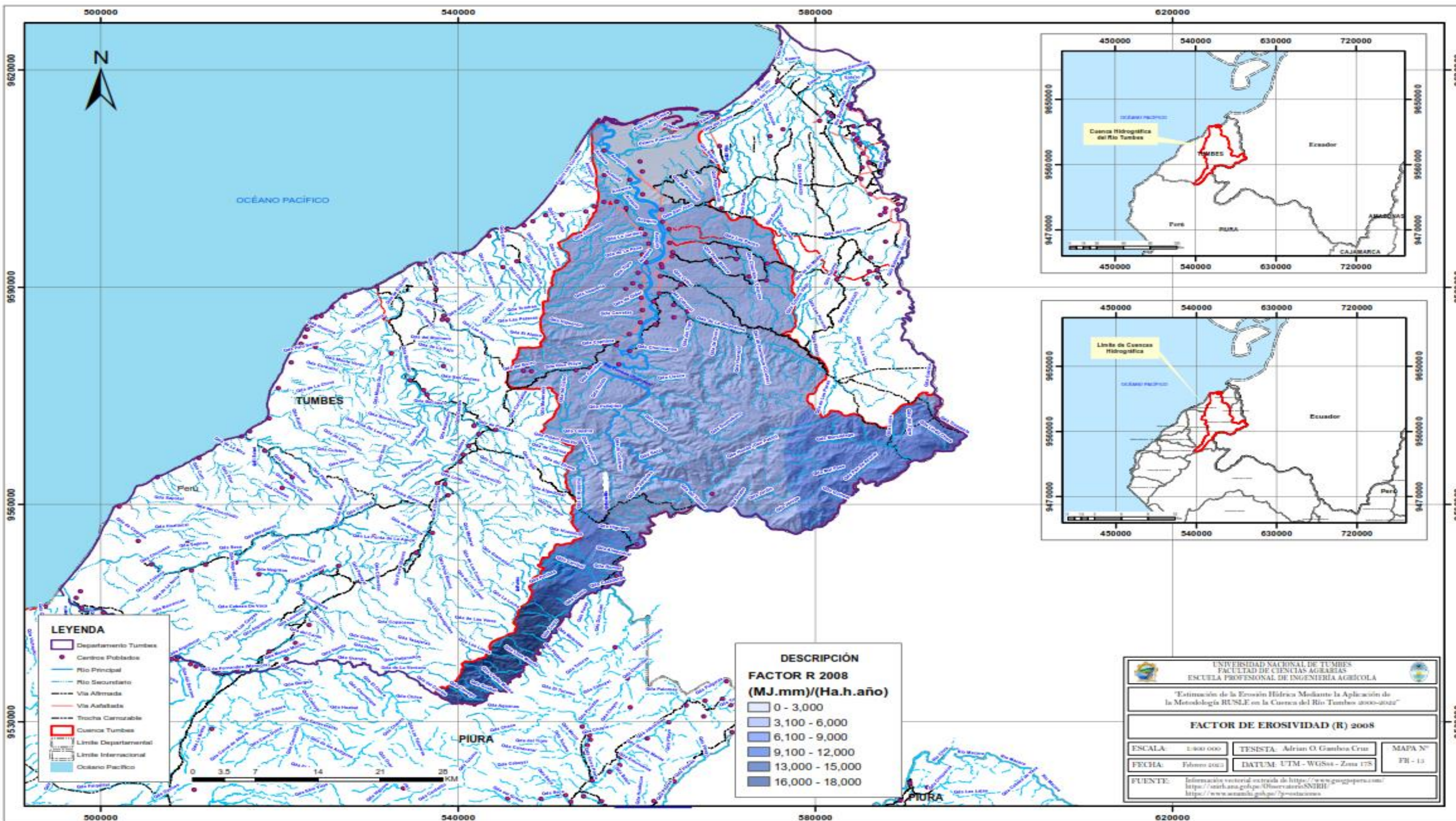
Anexo 21: Mapa de Factor R (2006)



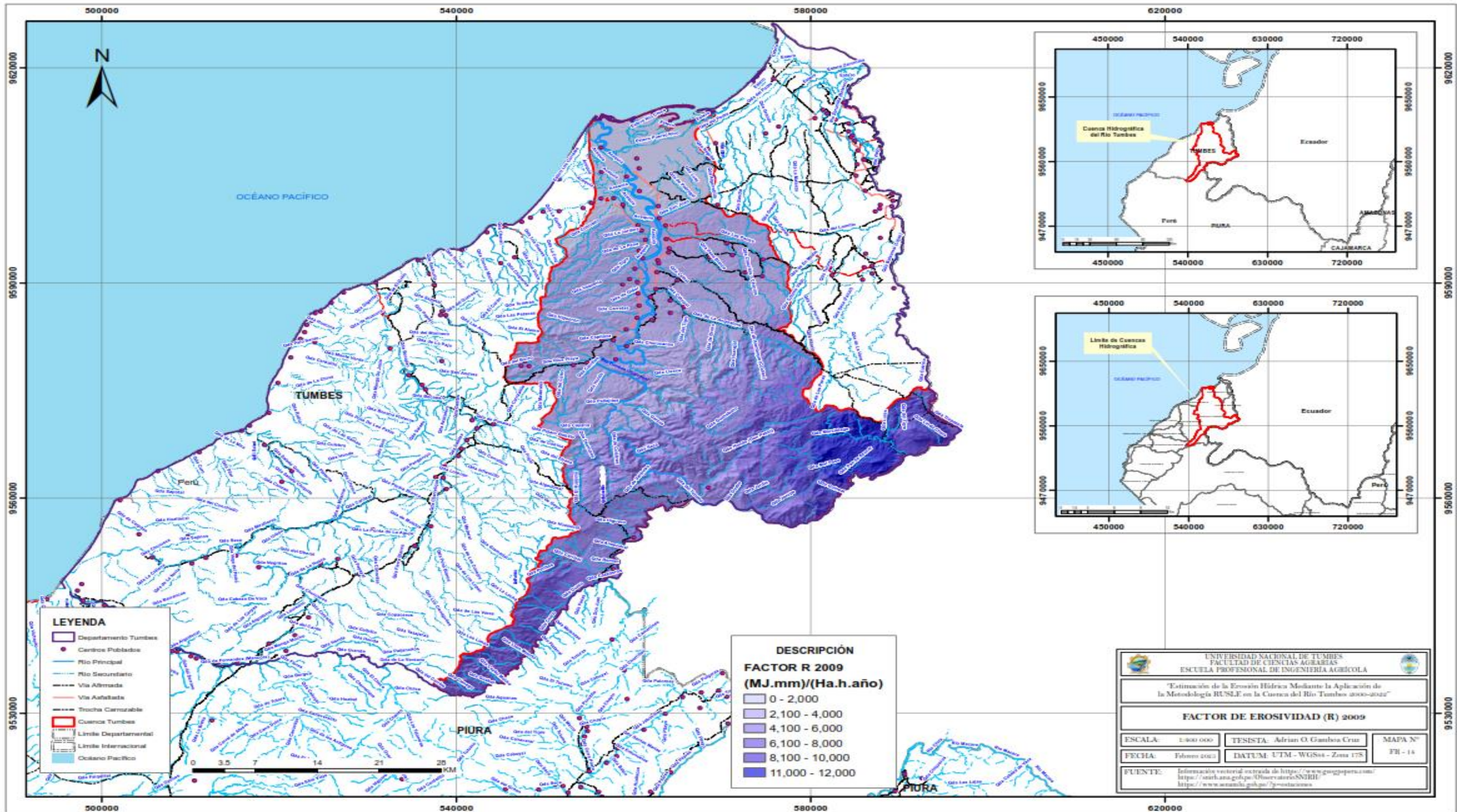
Anexo 22: Mapa de Factor R (2007)



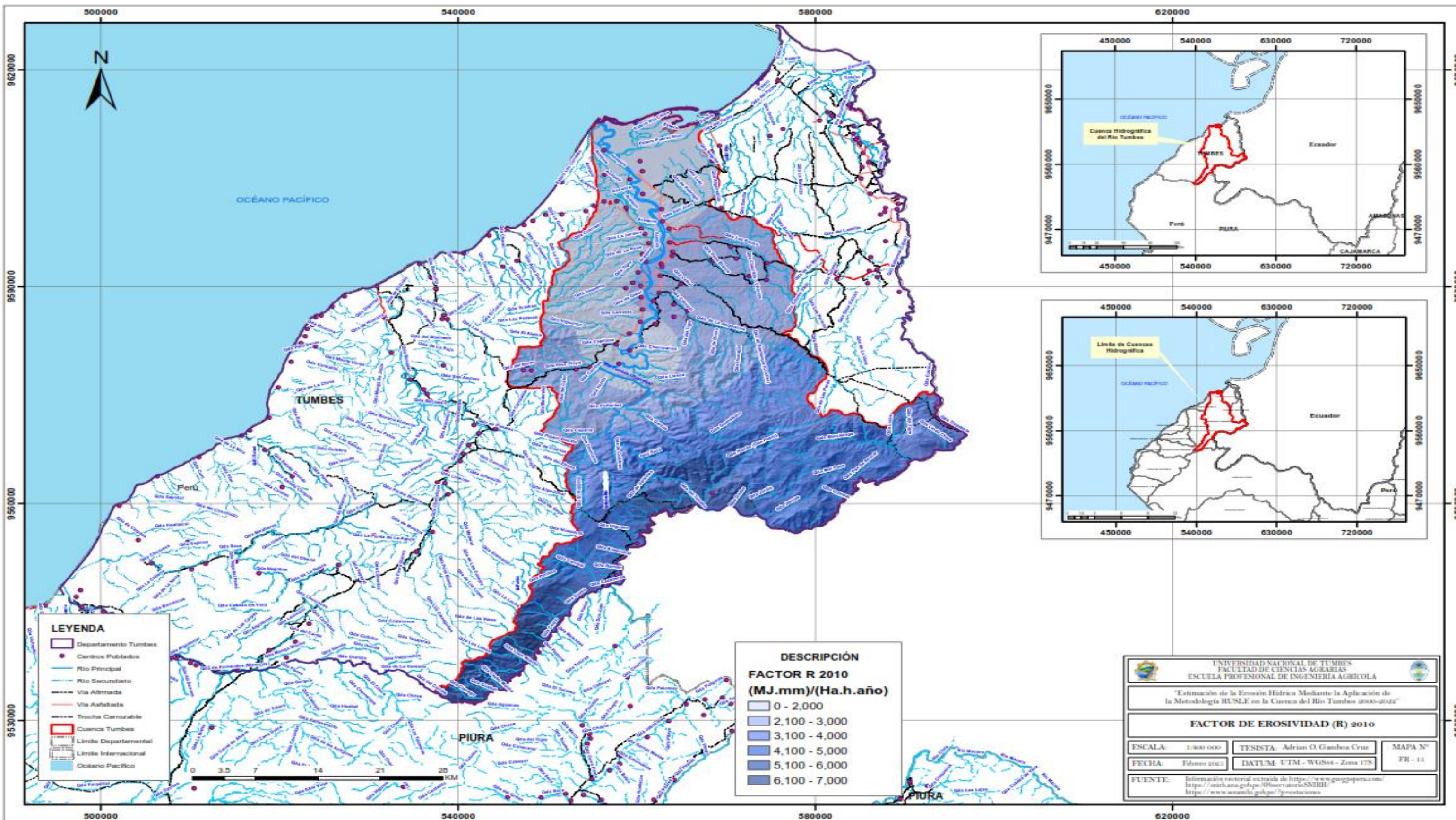
Anexo 23: Mapa de Factor R (2008)



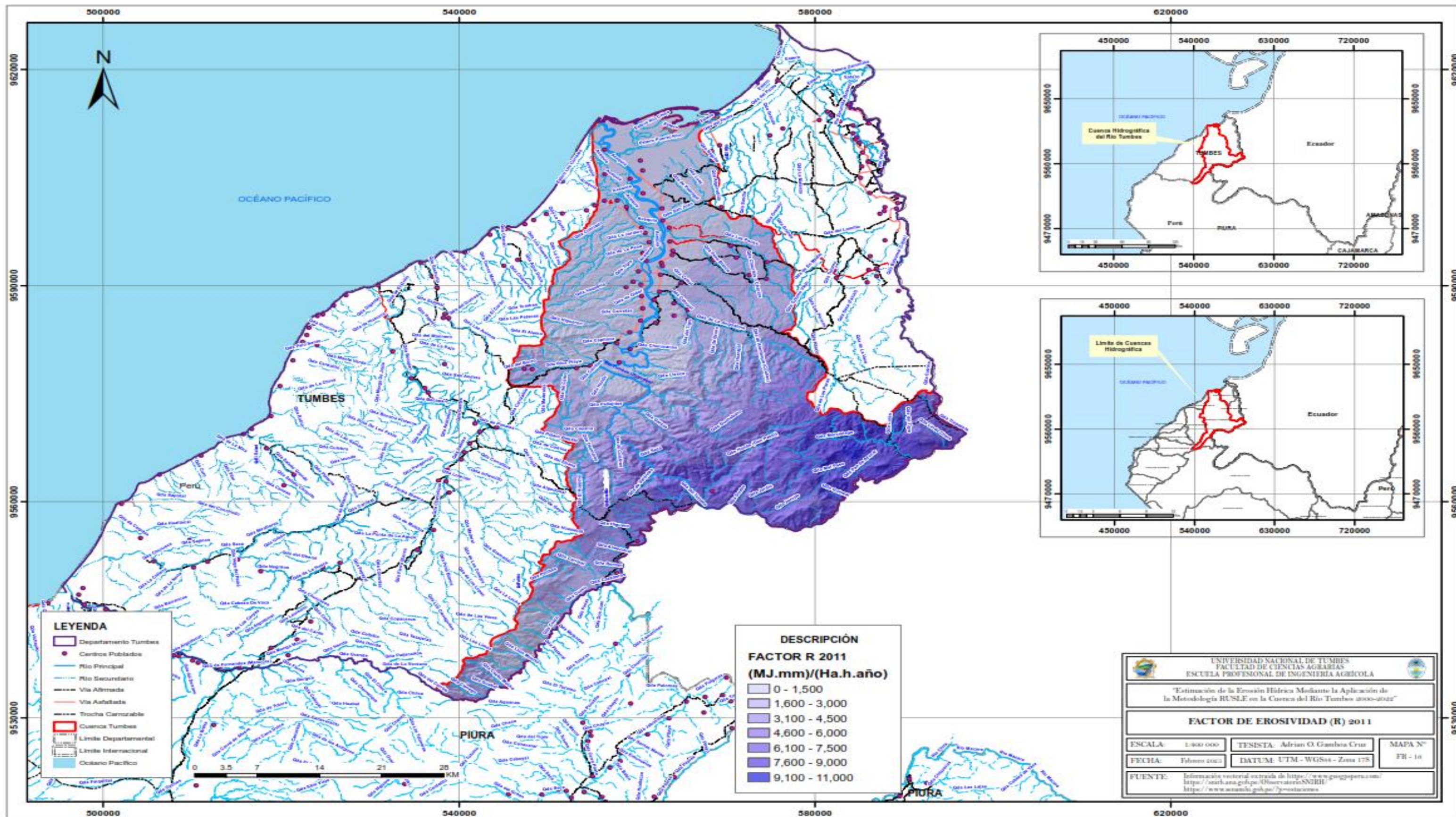
Anexo 24: Mapa de Factor R (2009)



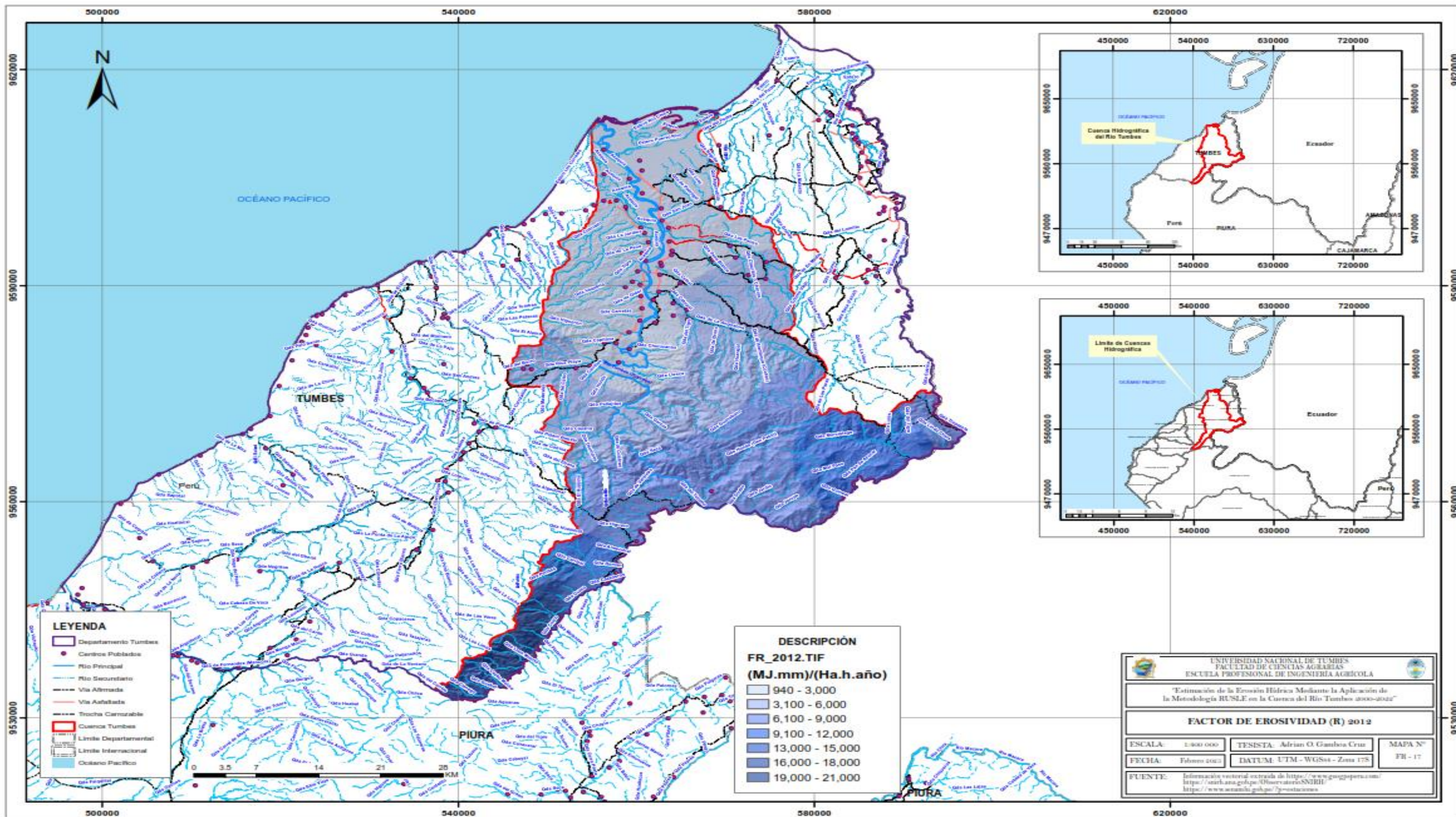
Anexo 25: Mapa de Factor R (2010)



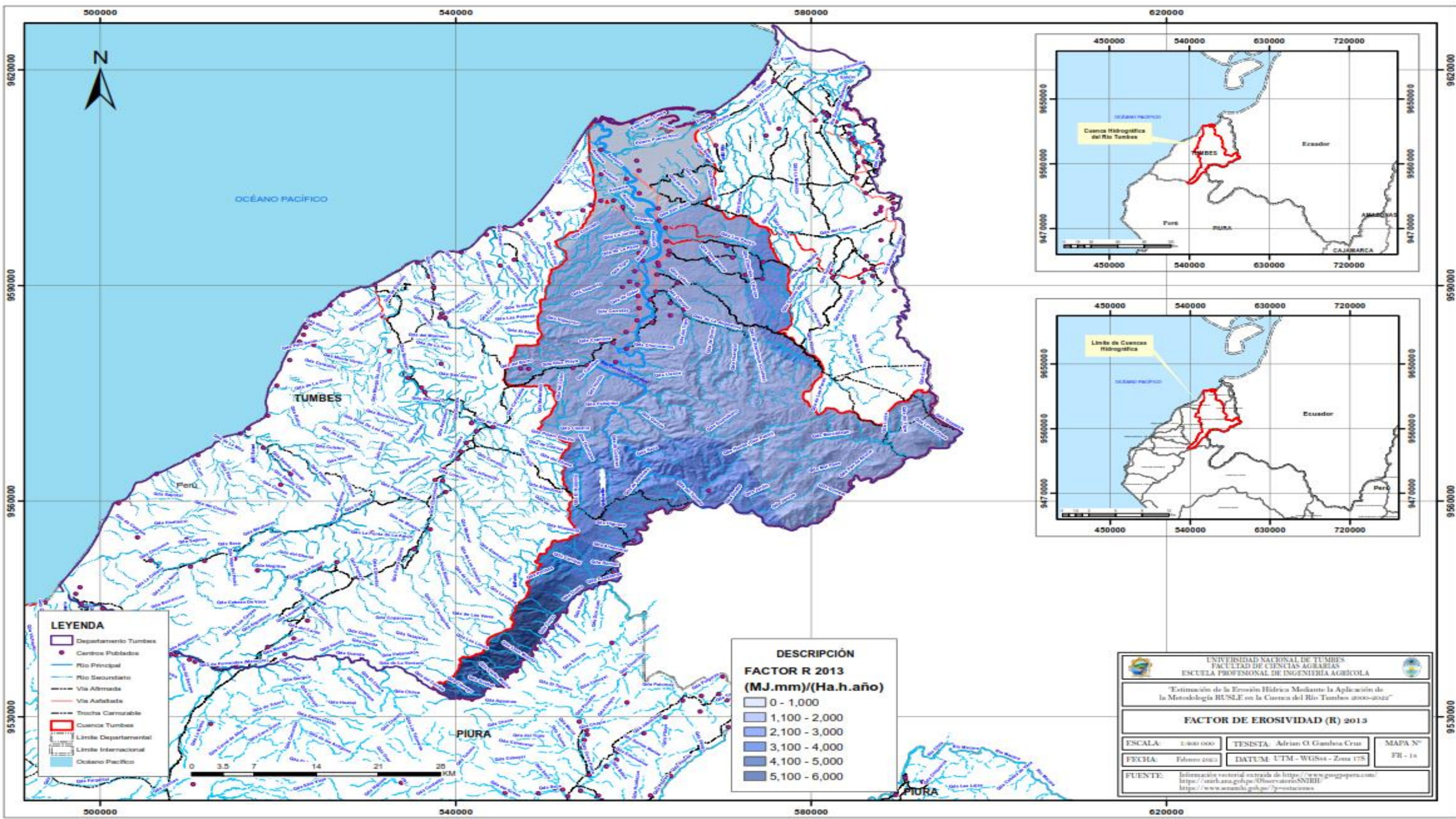
Anexo 26: Mapa de Factor R (2011)



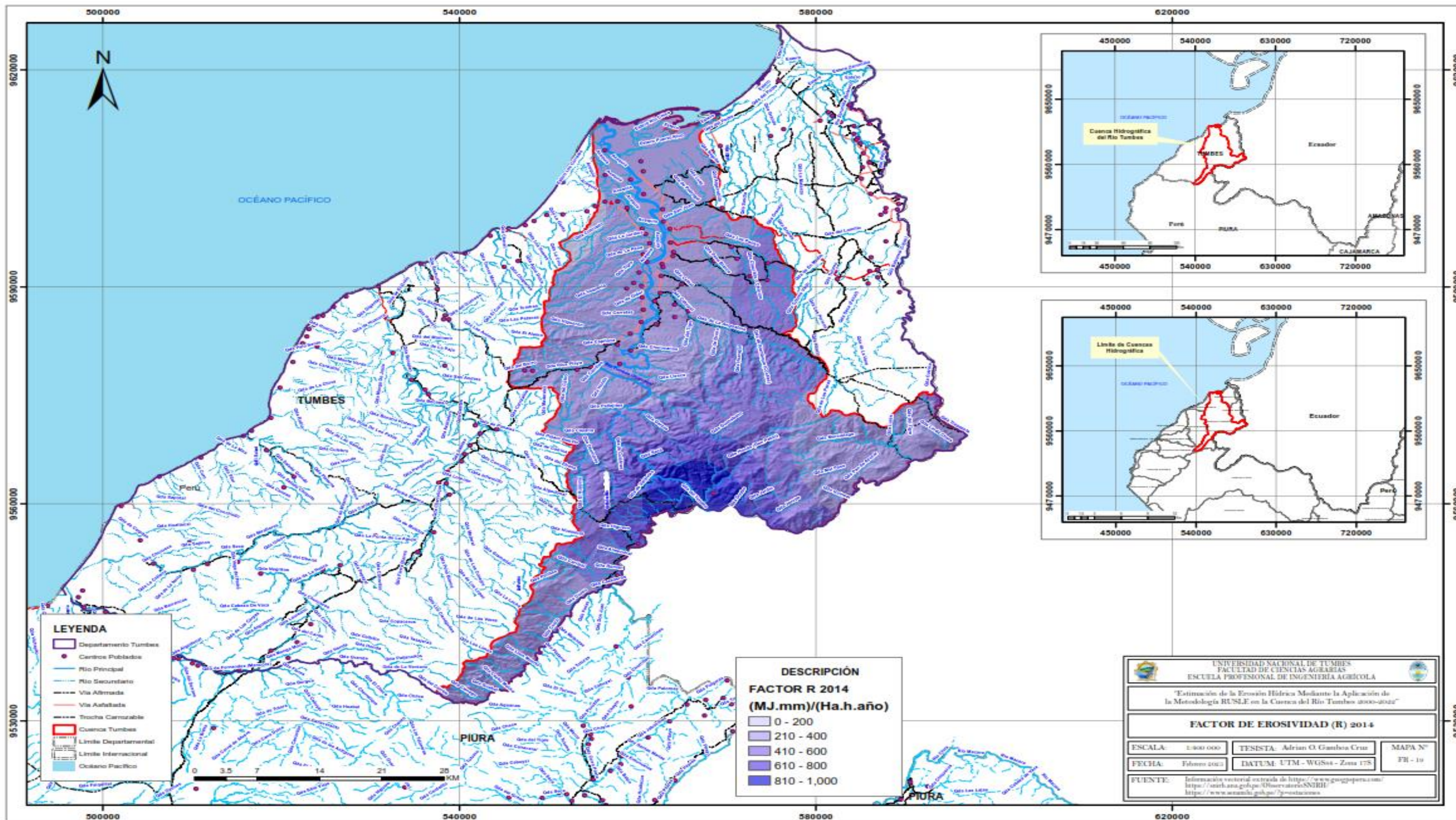
Anexo 27: Mapa de Factor R (2012)



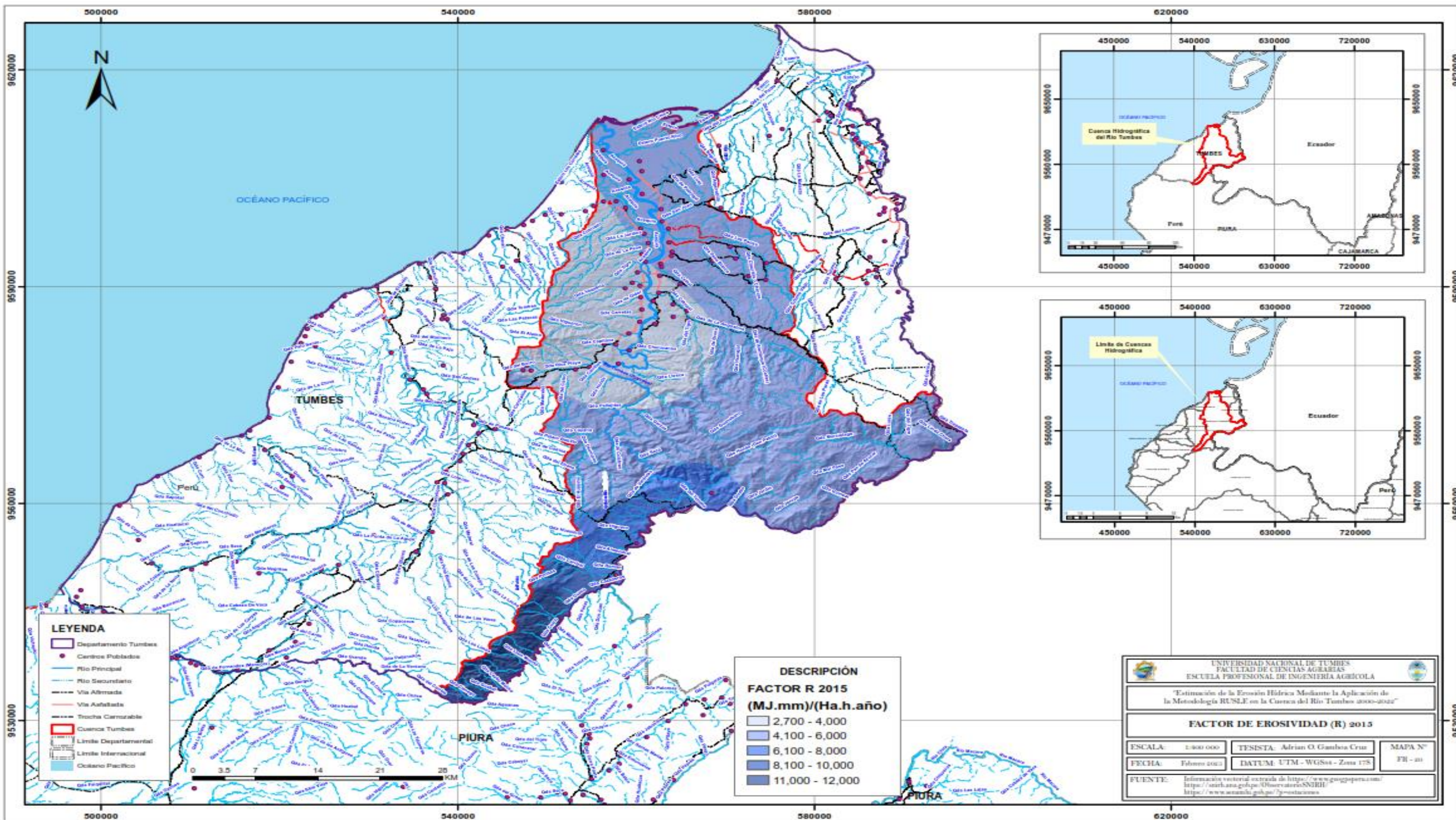
Anexo 28: Mapa de Factor R (2013)



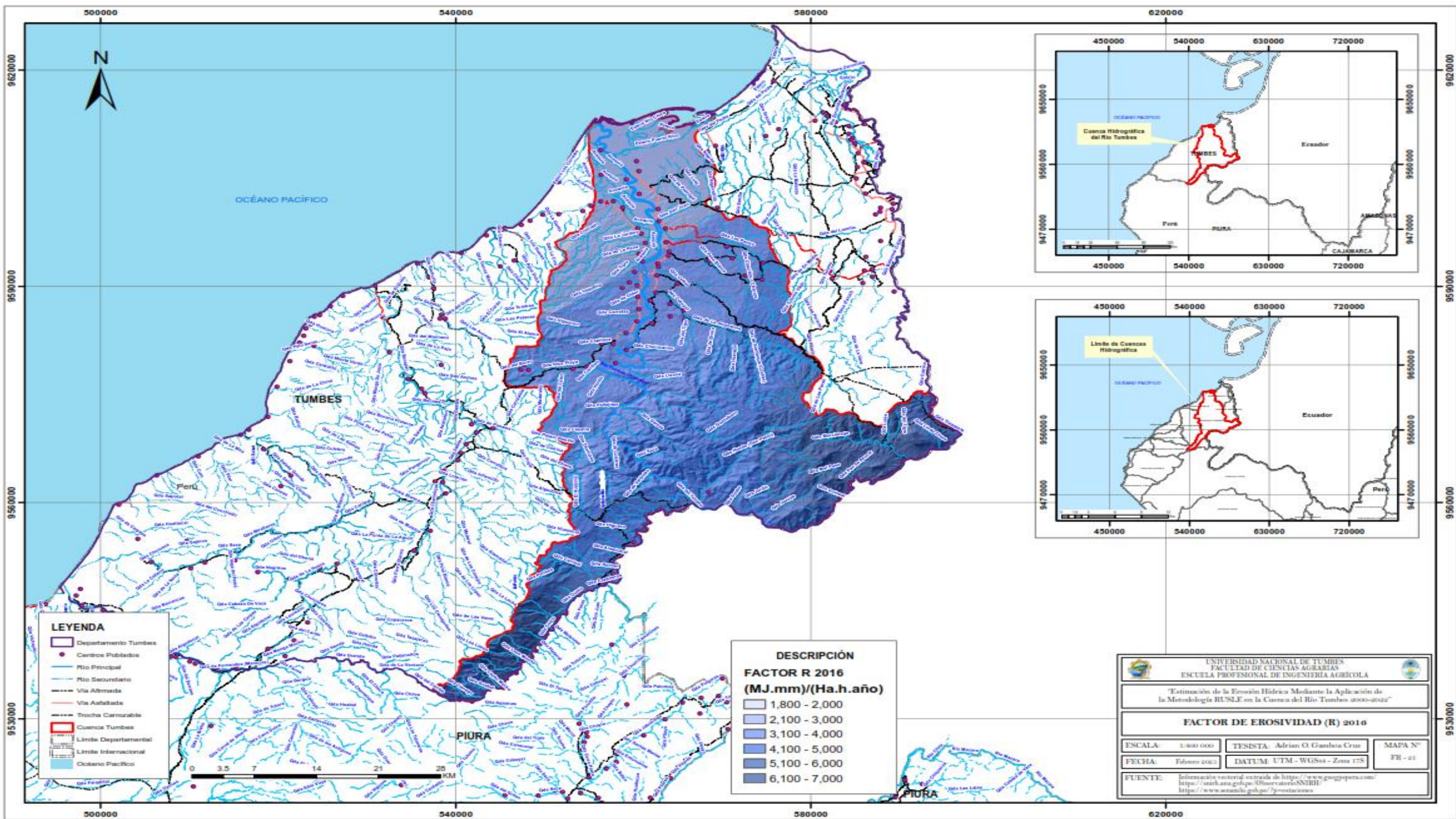
Anexo 29: Mapa de Factor R (2014)



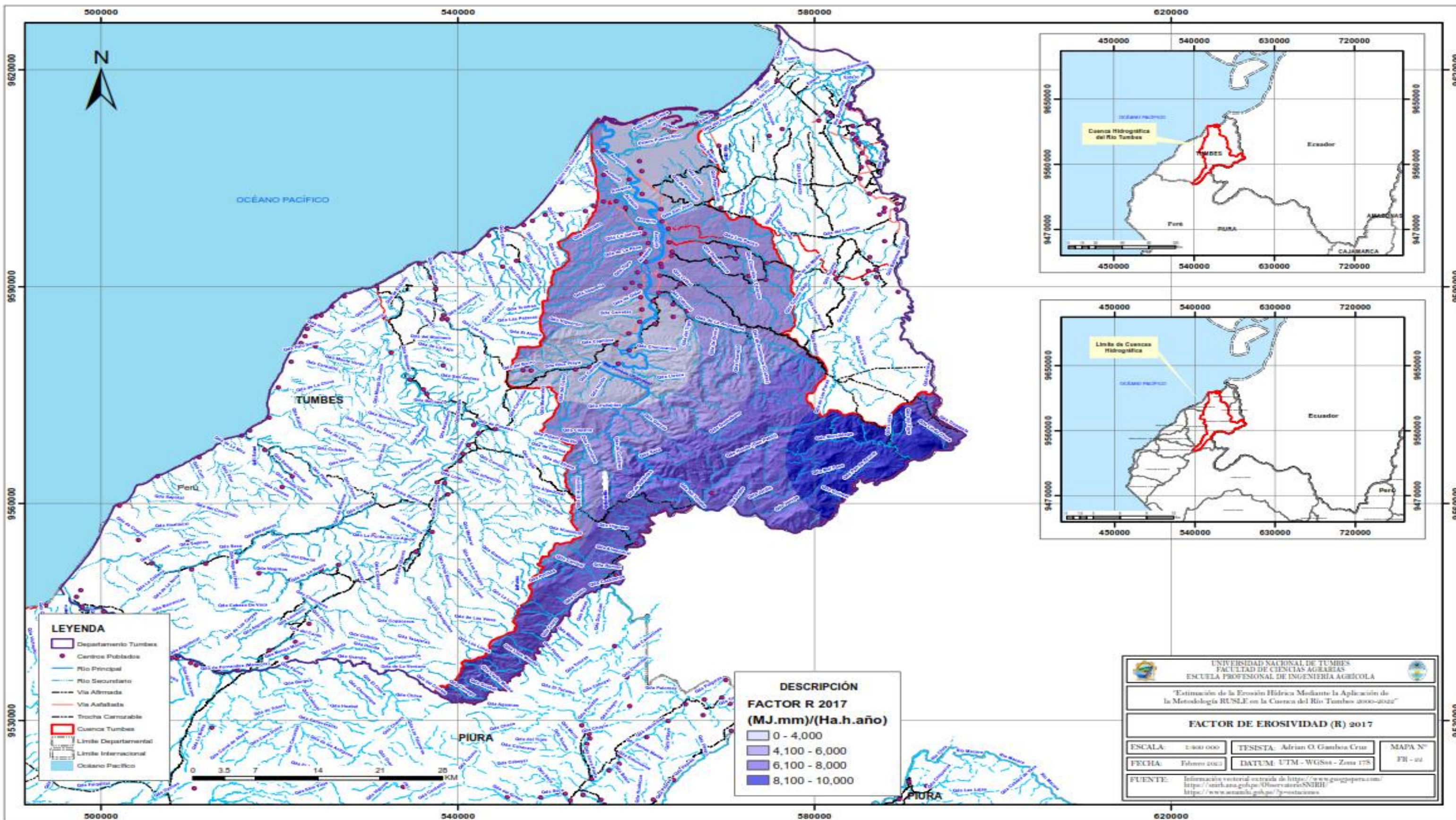
Anexo 30: Mapa de Factor R (2015)



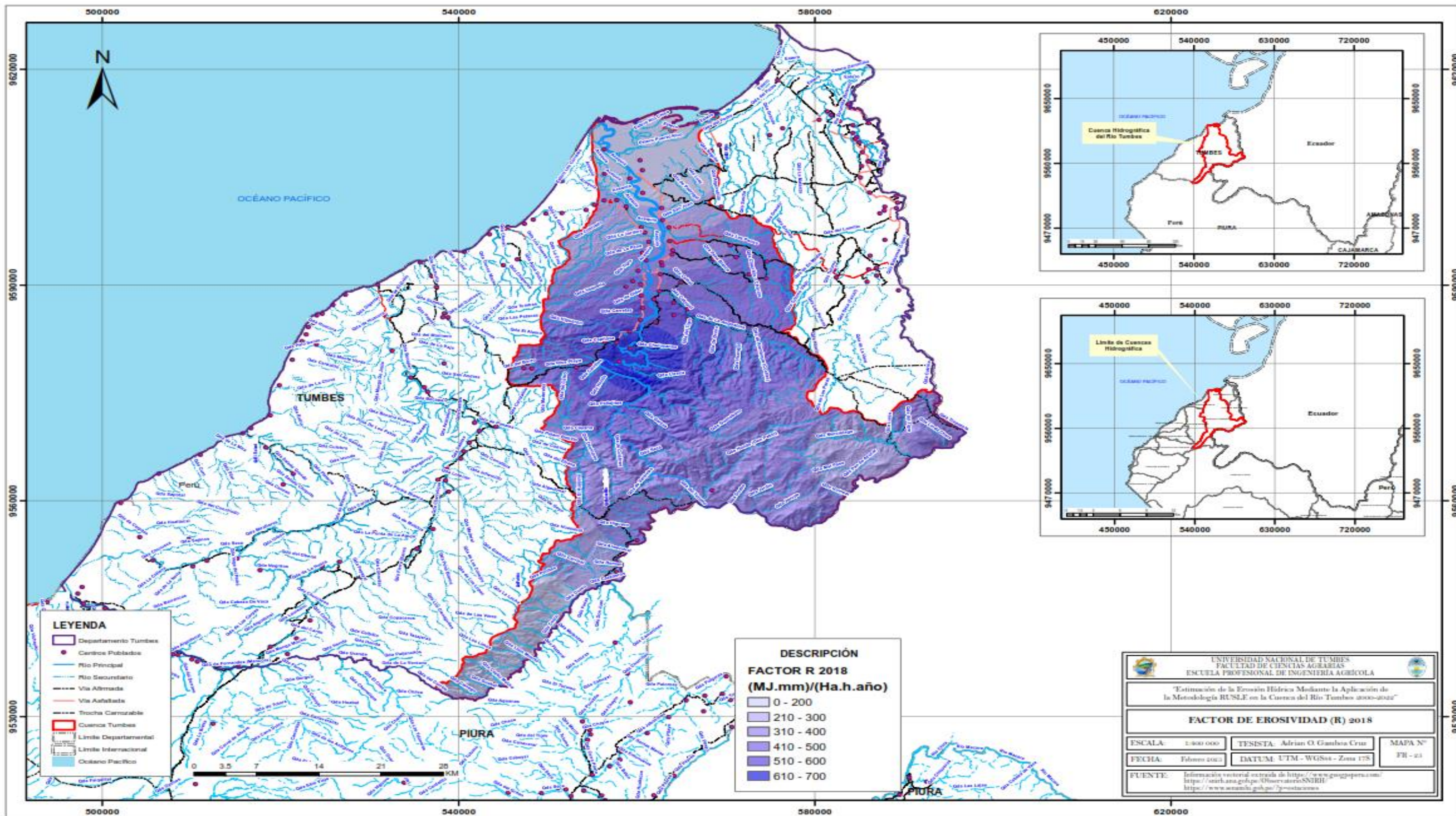
Anexo 31: Mapa de Factor R (2016)



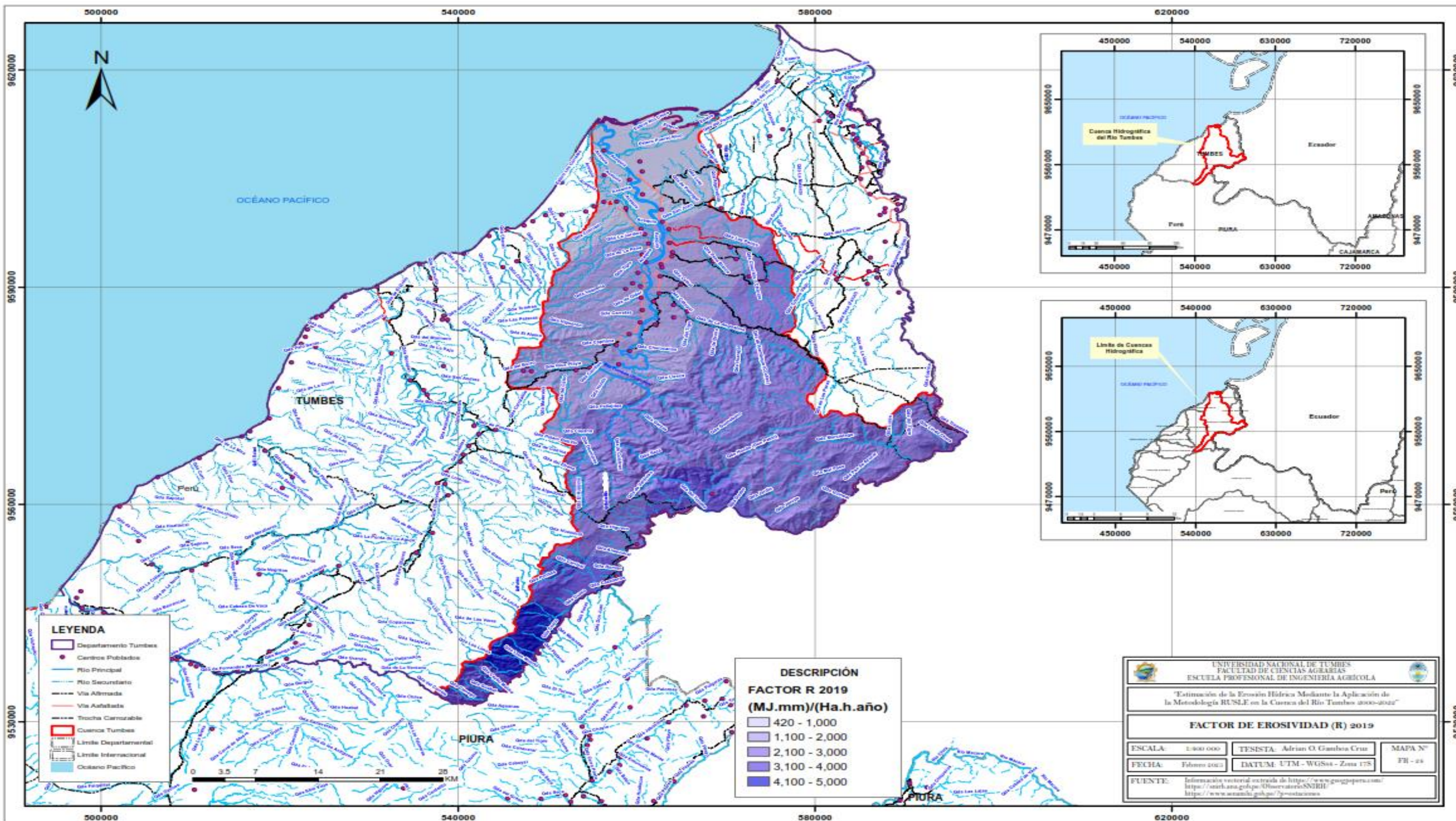
Anexo 32: Mapa de Factor R (2017)



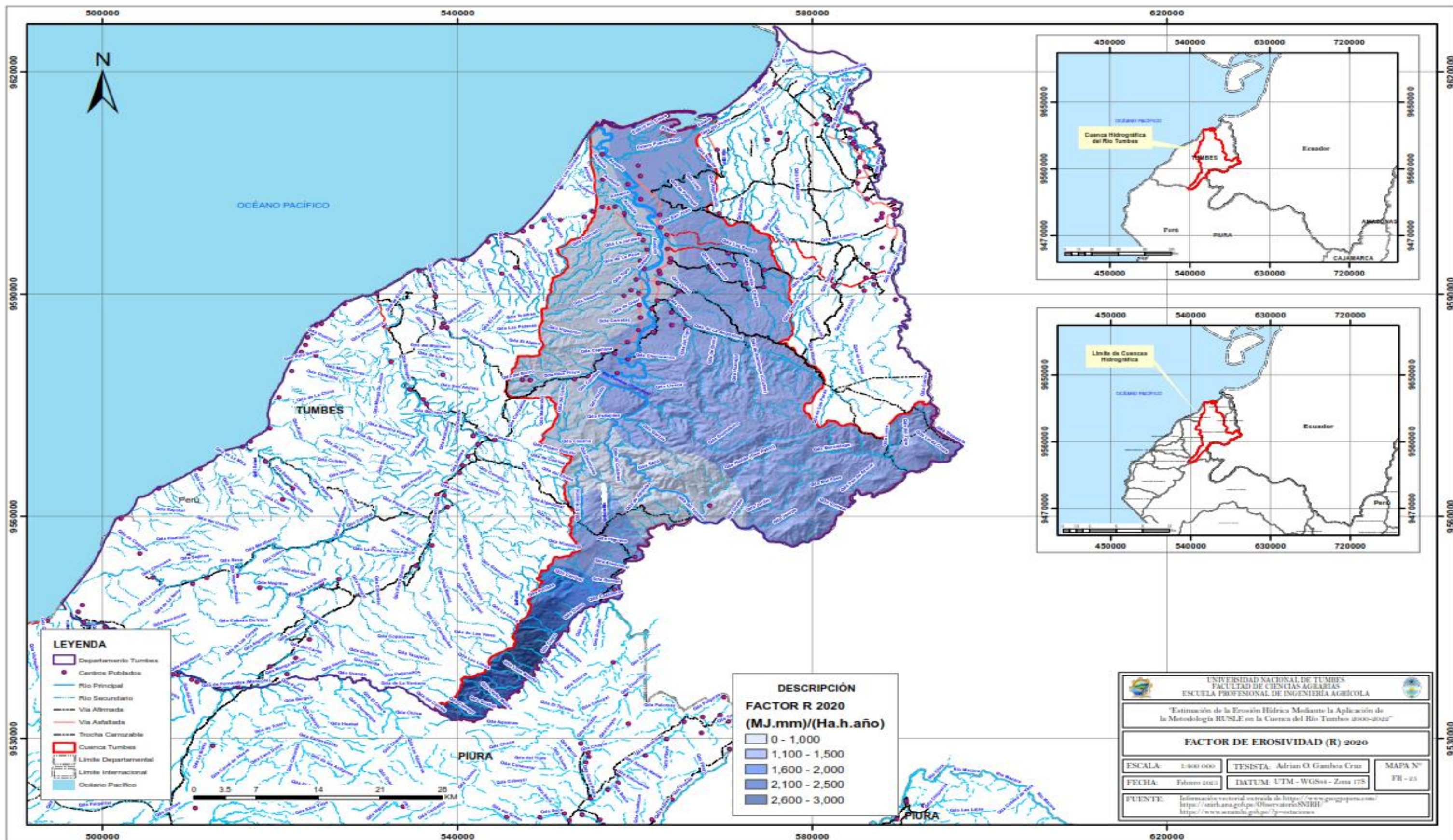
Anexo 33: Mapa de Factor R (2018)



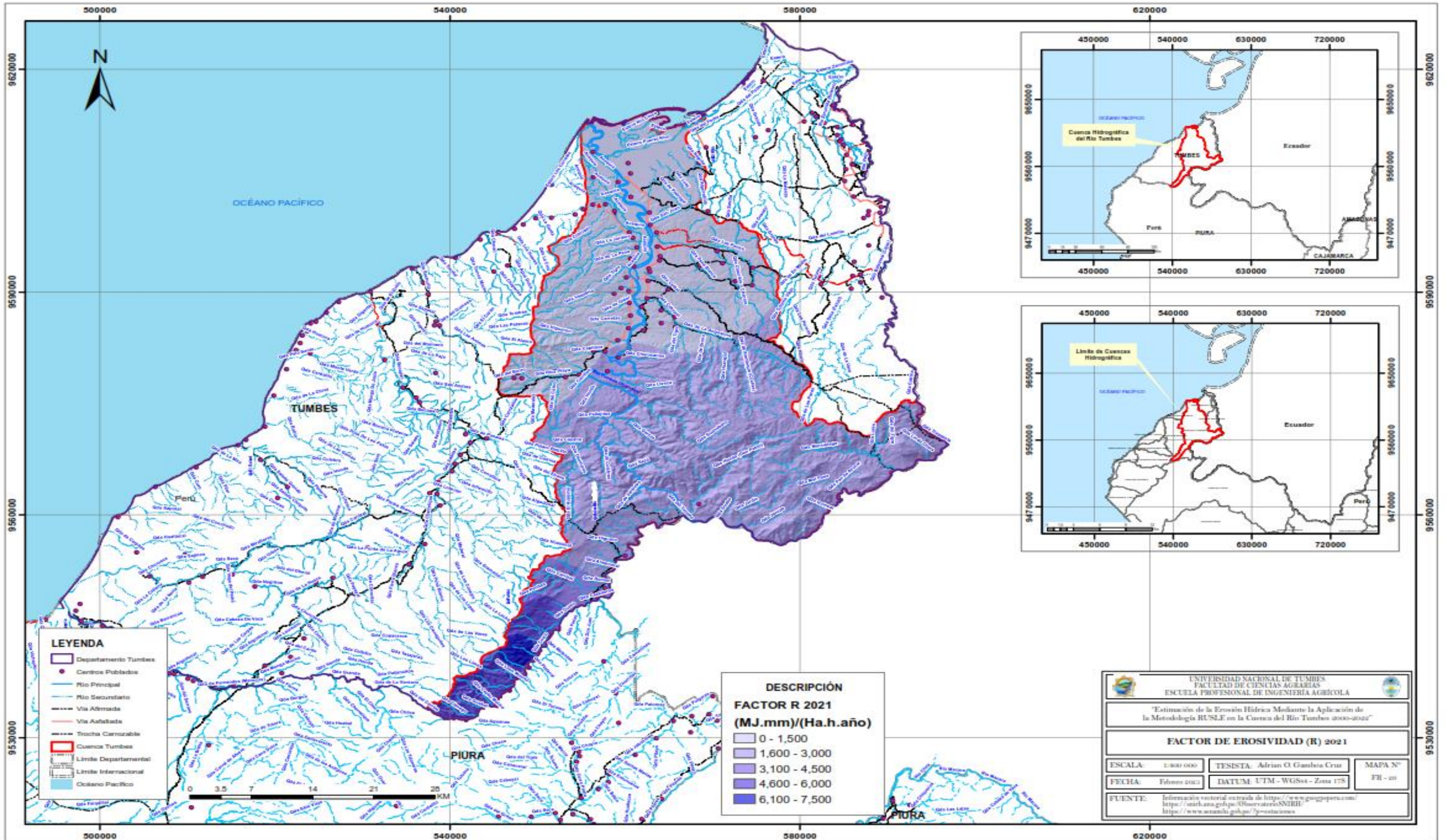
Anexo 34: Mapa de Factor R (2019)



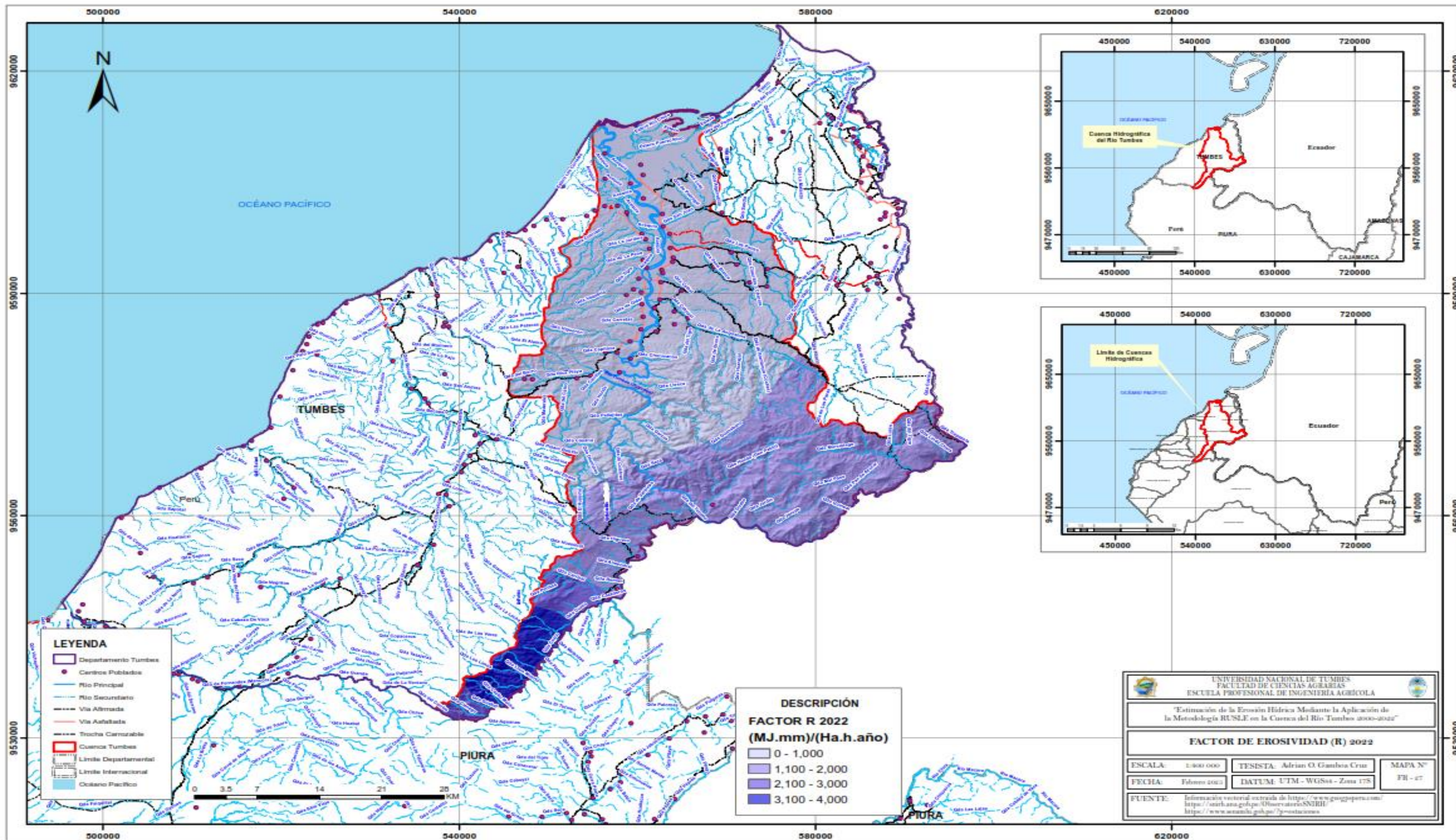
Anexo 35: Mapa de Factor R (2020)



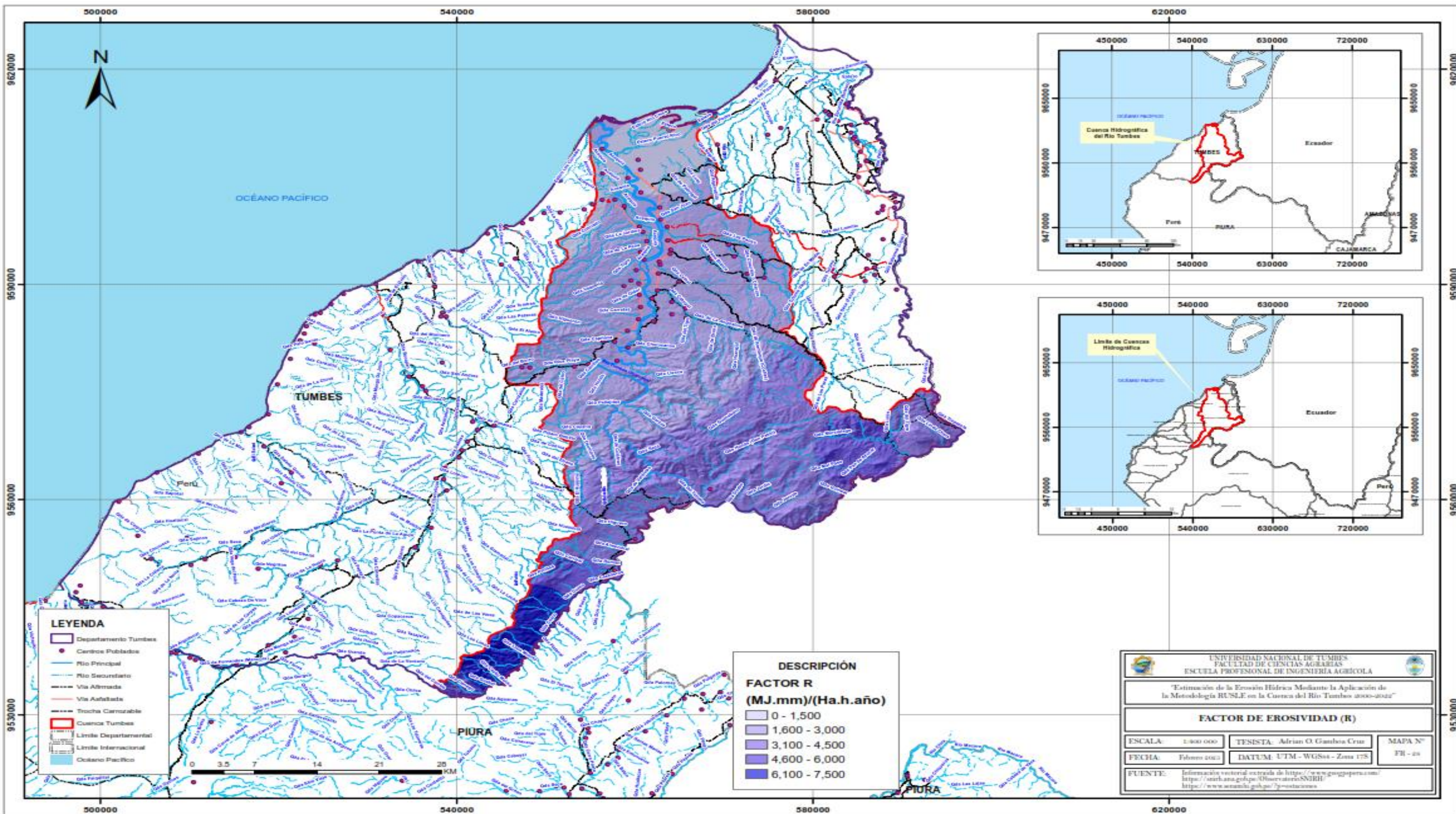
Anexo 36: Mapa de Factor R (2021)



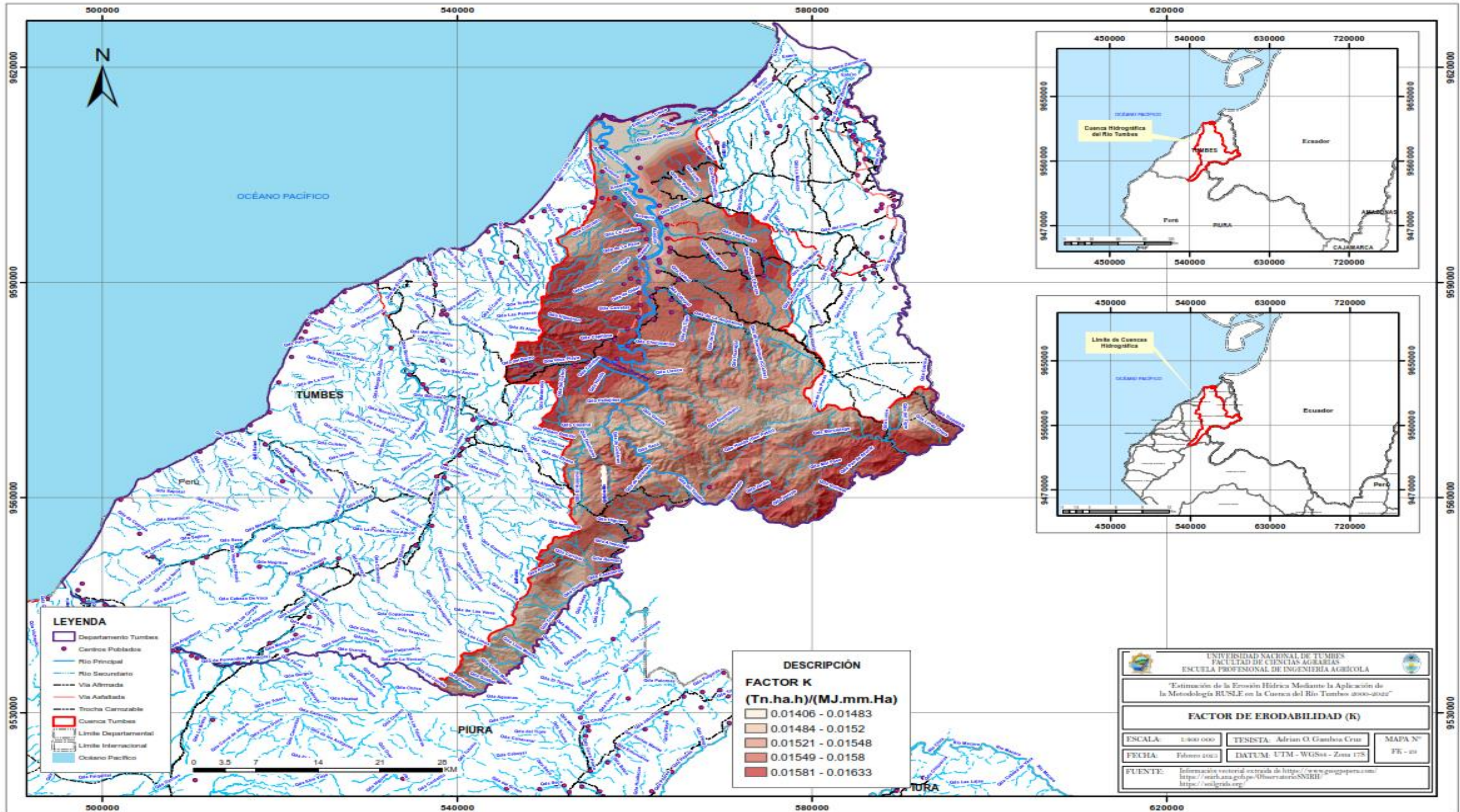
Anexo 37: Mapa de Factor R (2022)



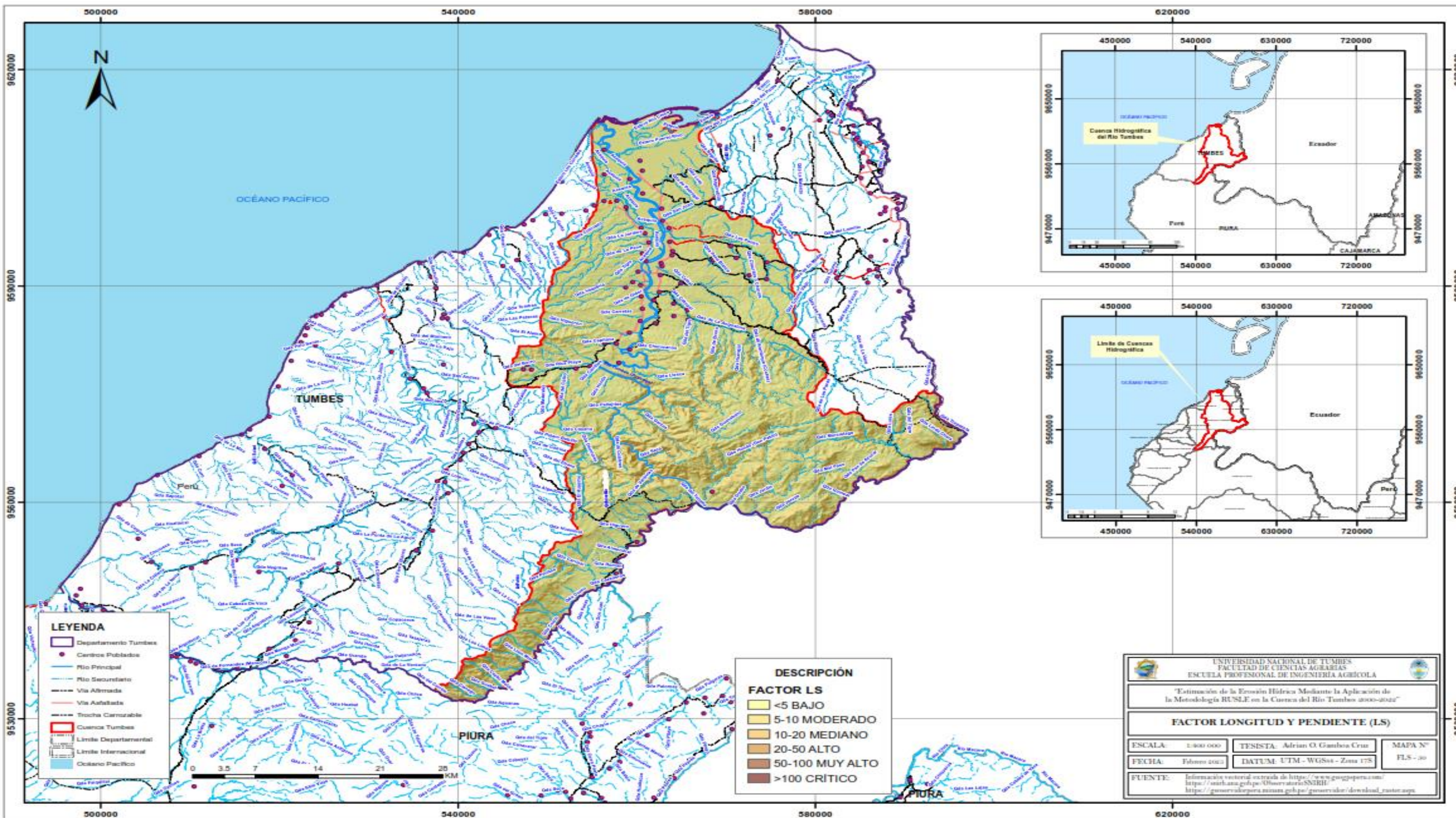
Anexo 38: Mapa de Factor R promedio



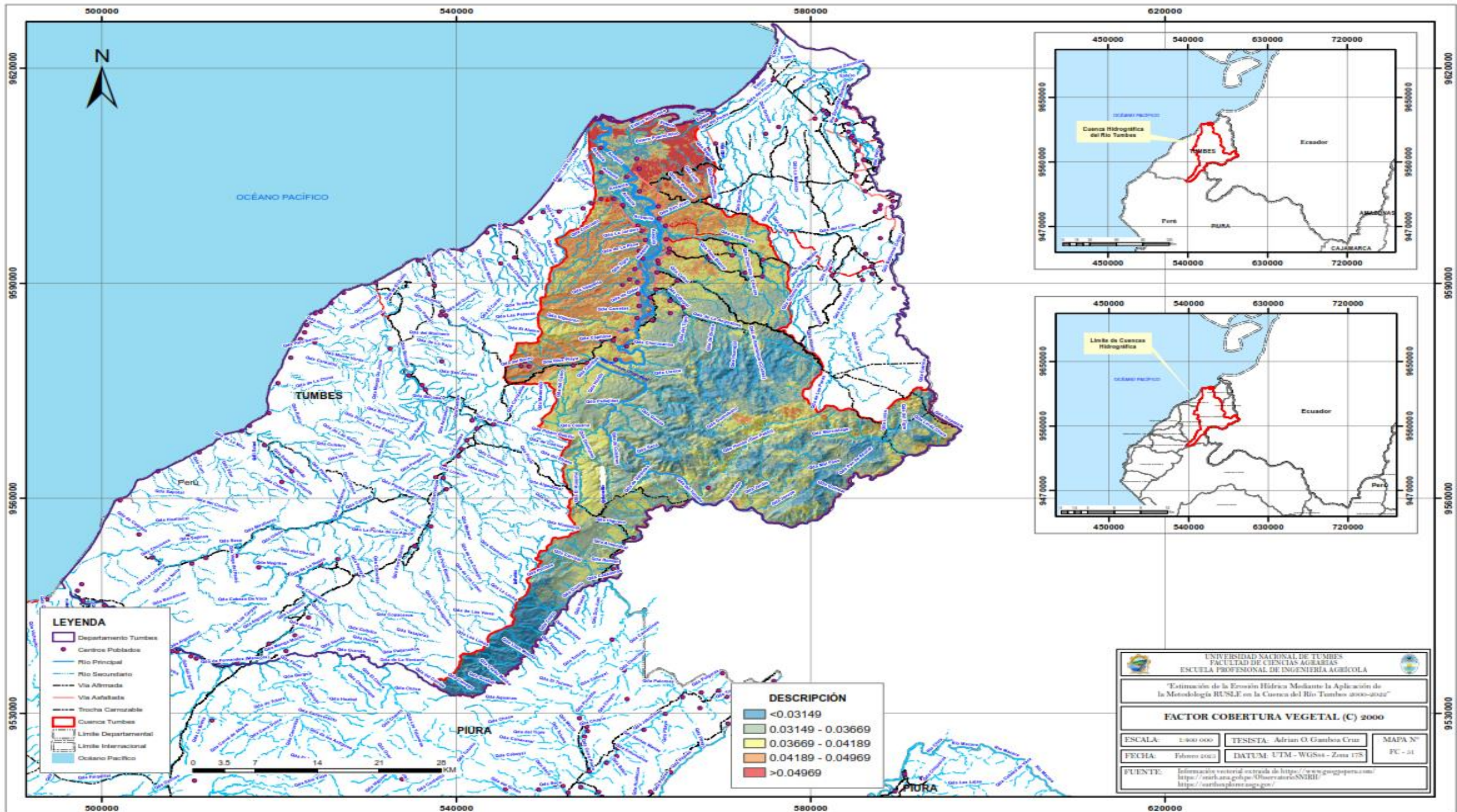
Anexo 39: Mapa de Factor K



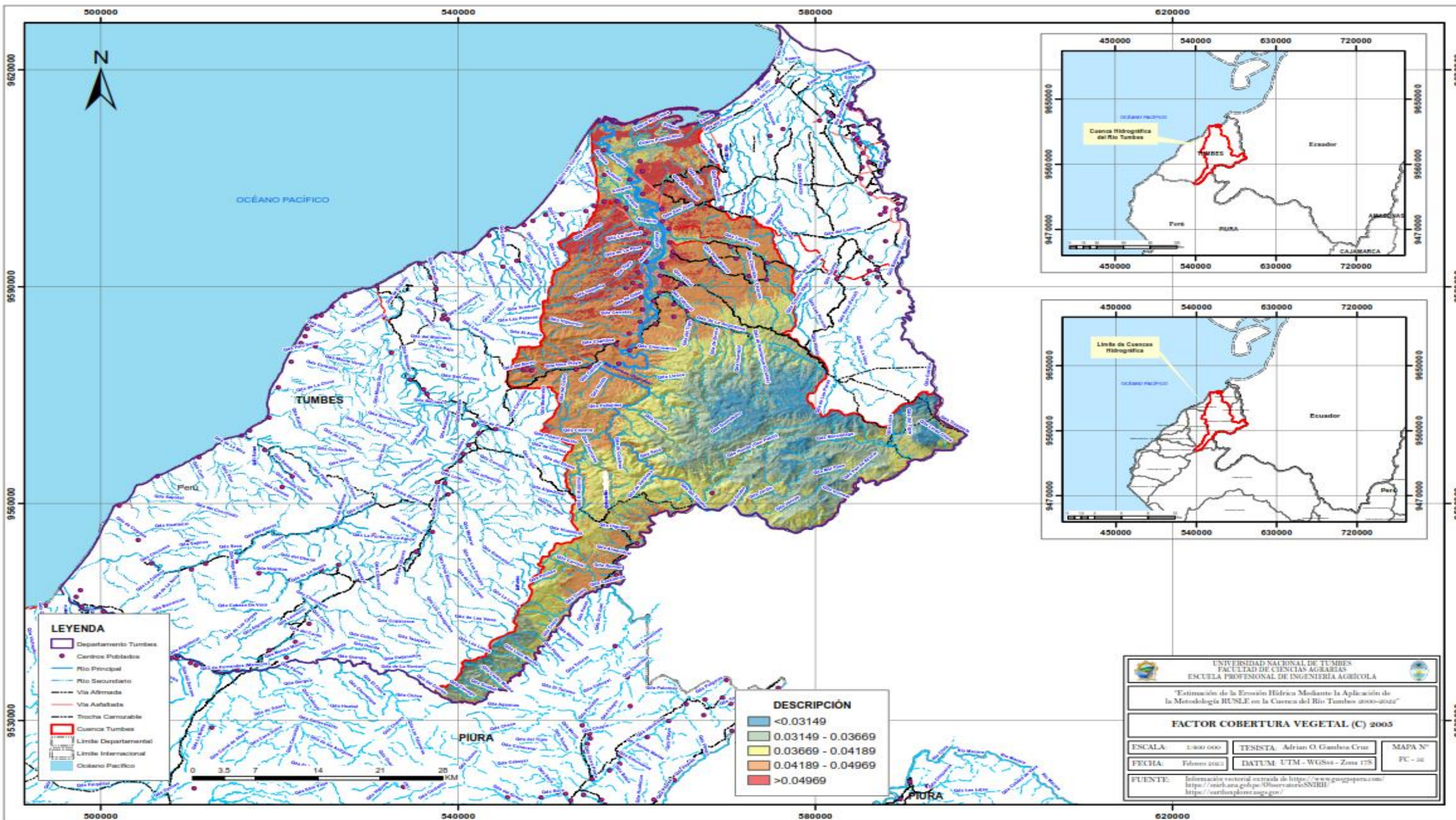
Anexo 40: Mapa de Factor LS



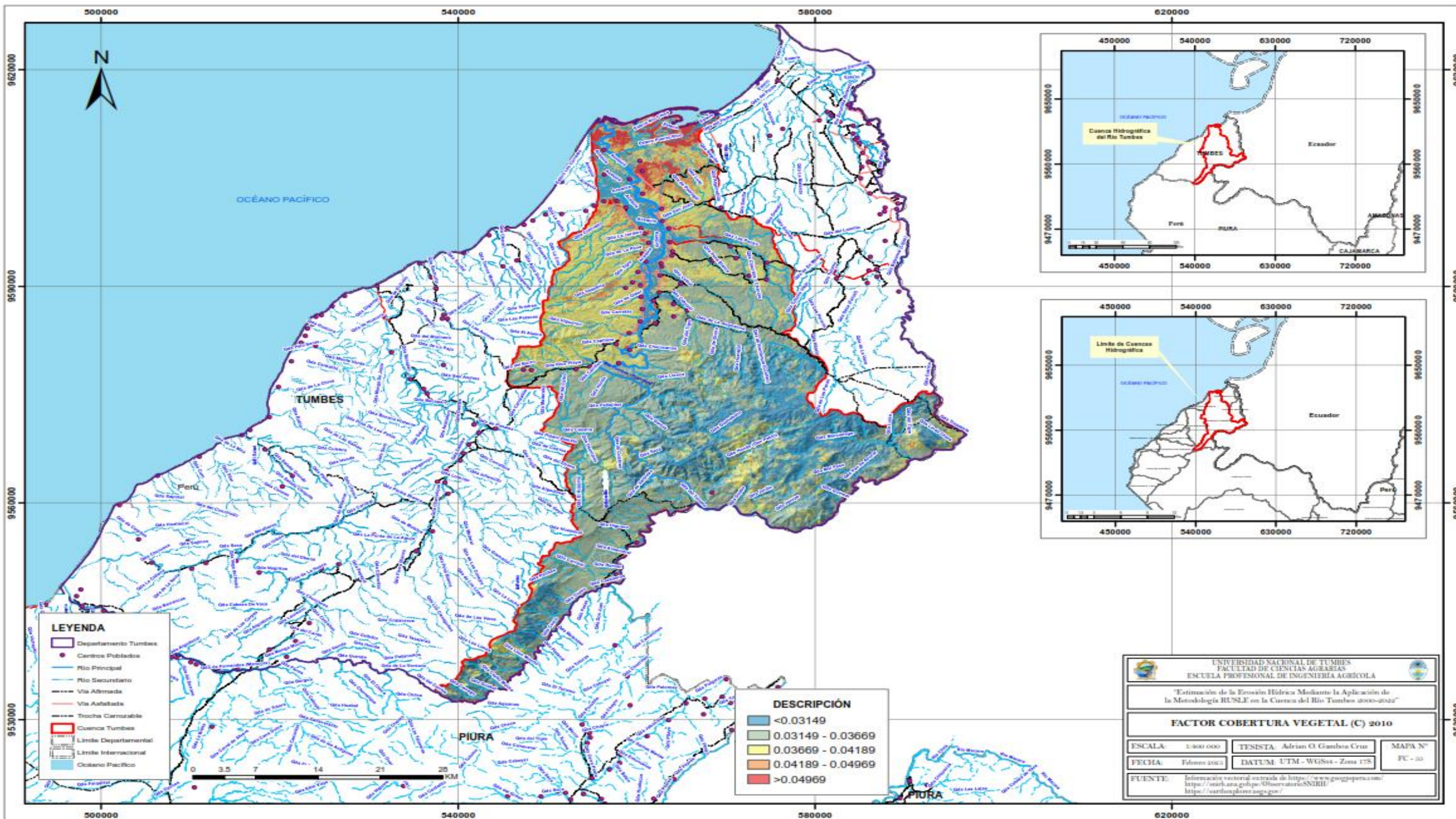
Anexo 41: Mapa de Factor C (2000)



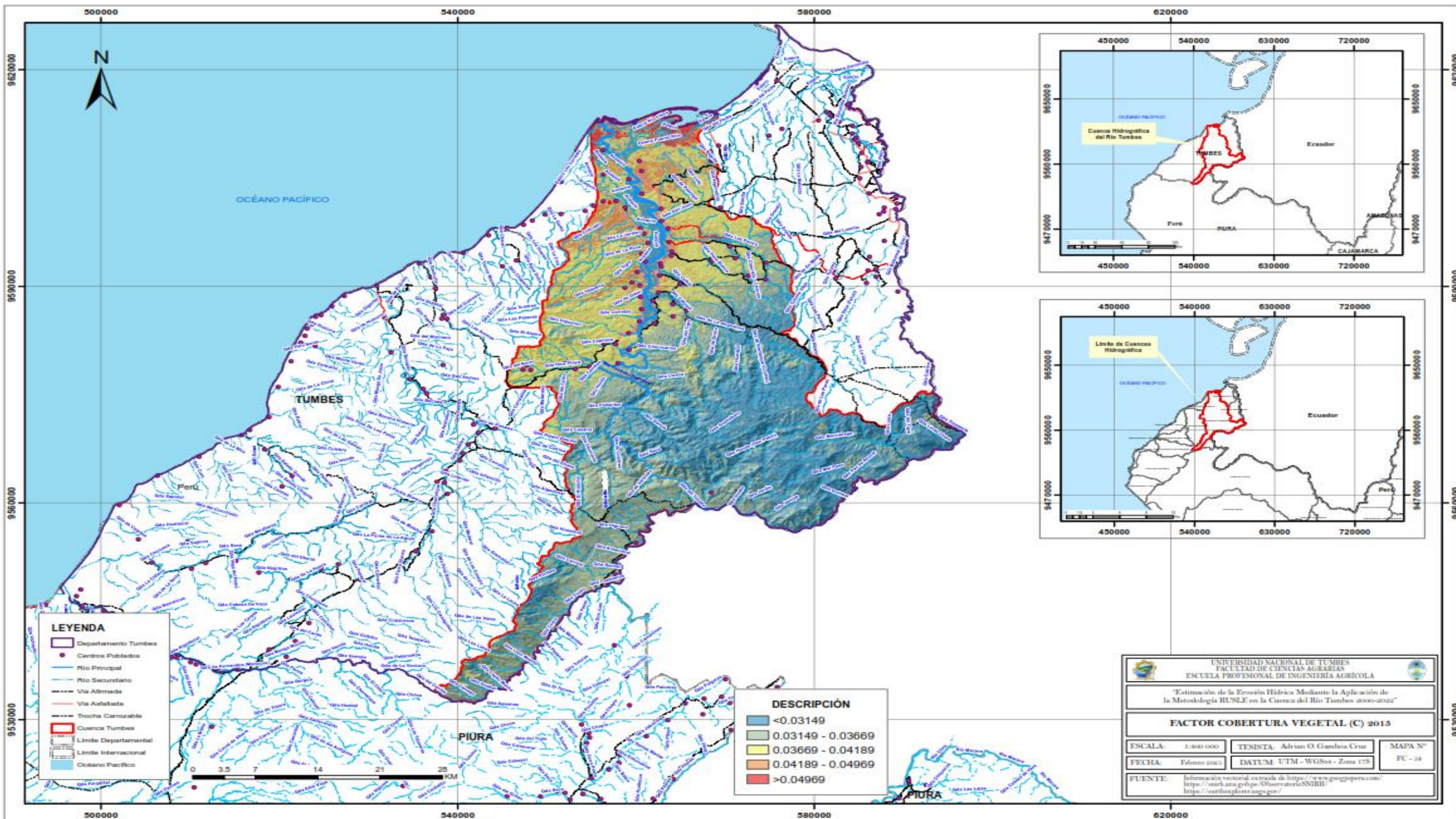
Anexo 42: Mapa de Factor C (2005)



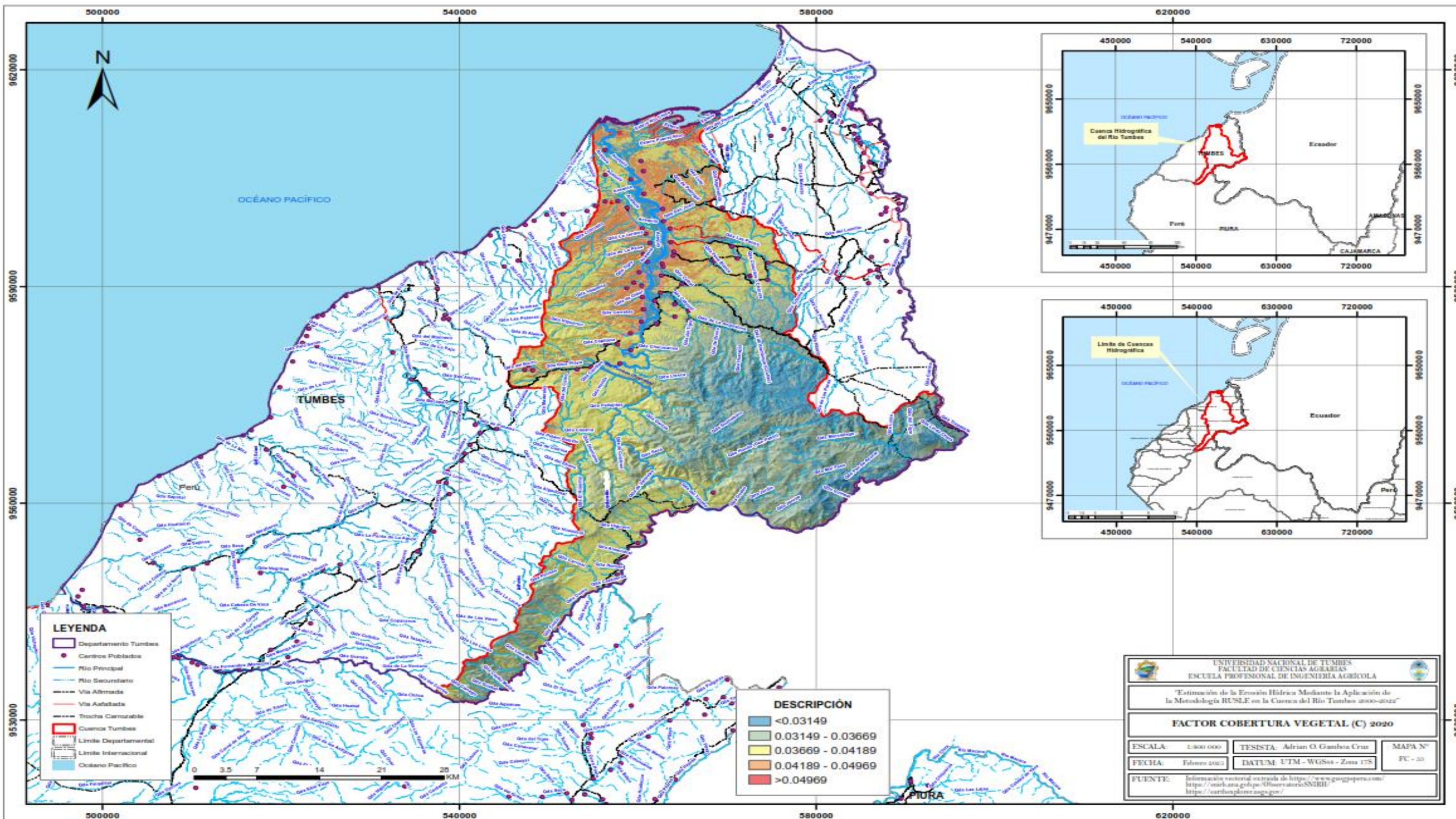
Anexo 43: Mapa de Factor C (2010)



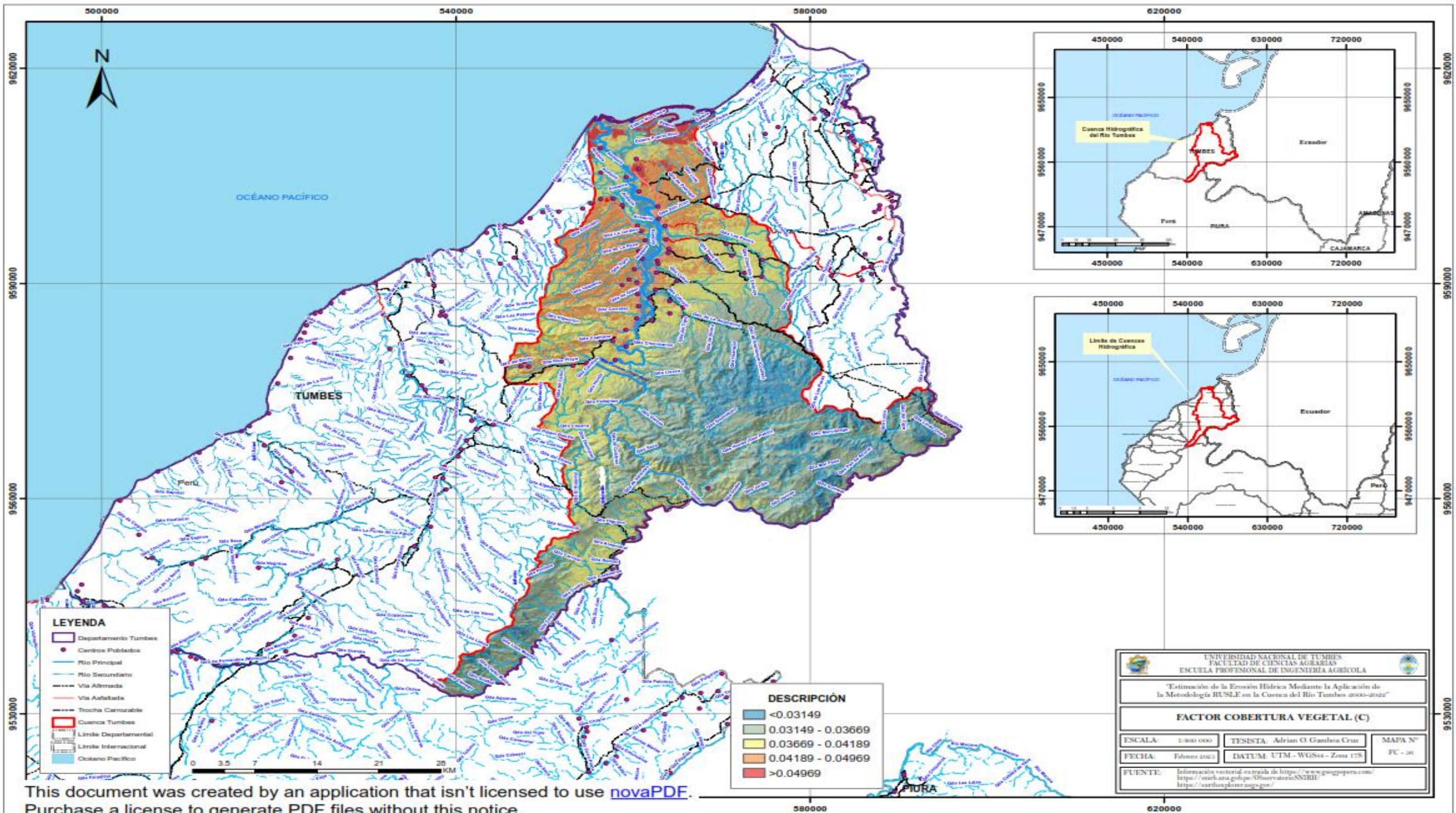
Anexo 44: Mapa de Factor C (2015)



Anexo 45: Mapa de Factor C (2020)

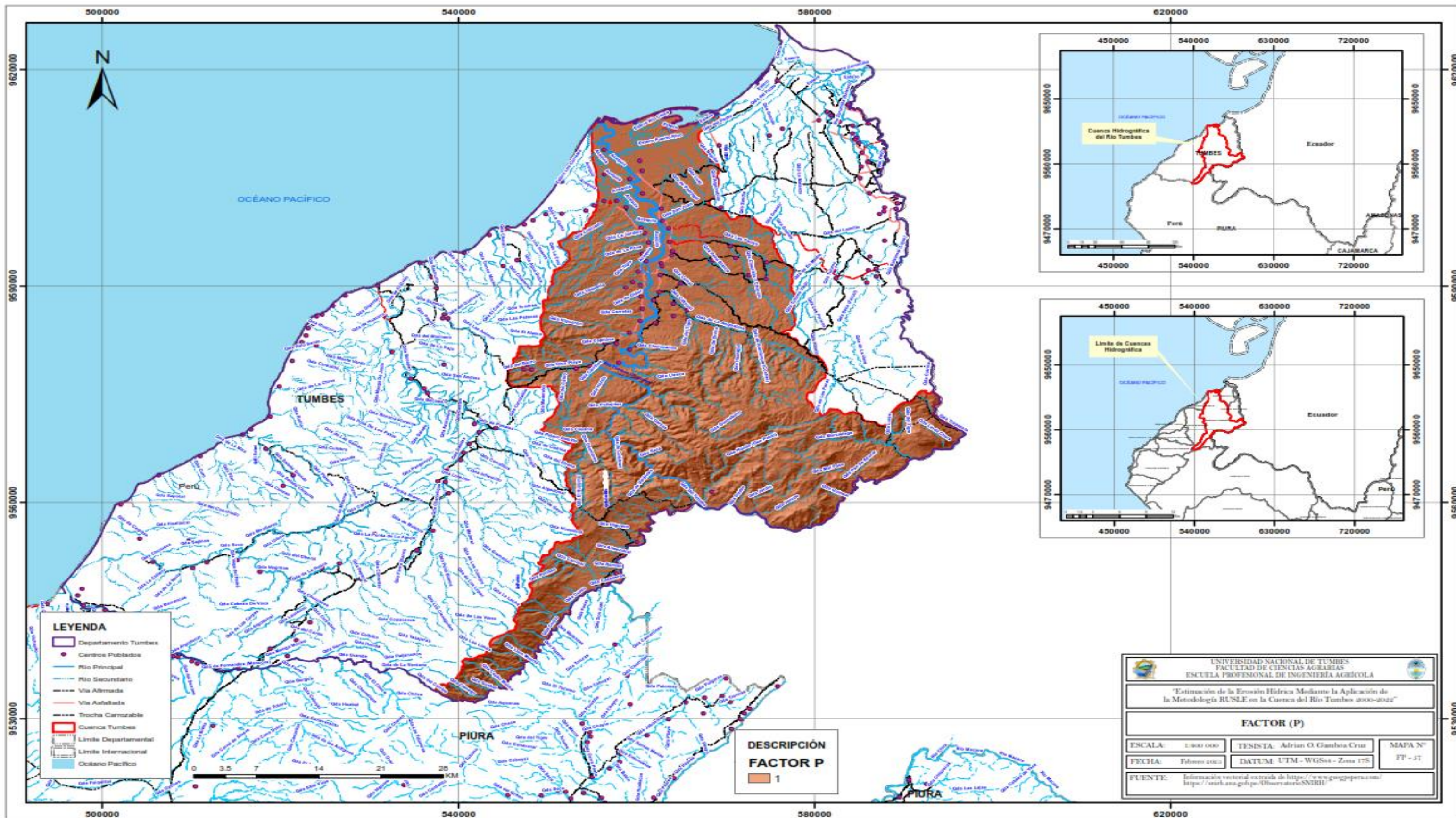


Anexo 46: Mapa de Factor C Promedio

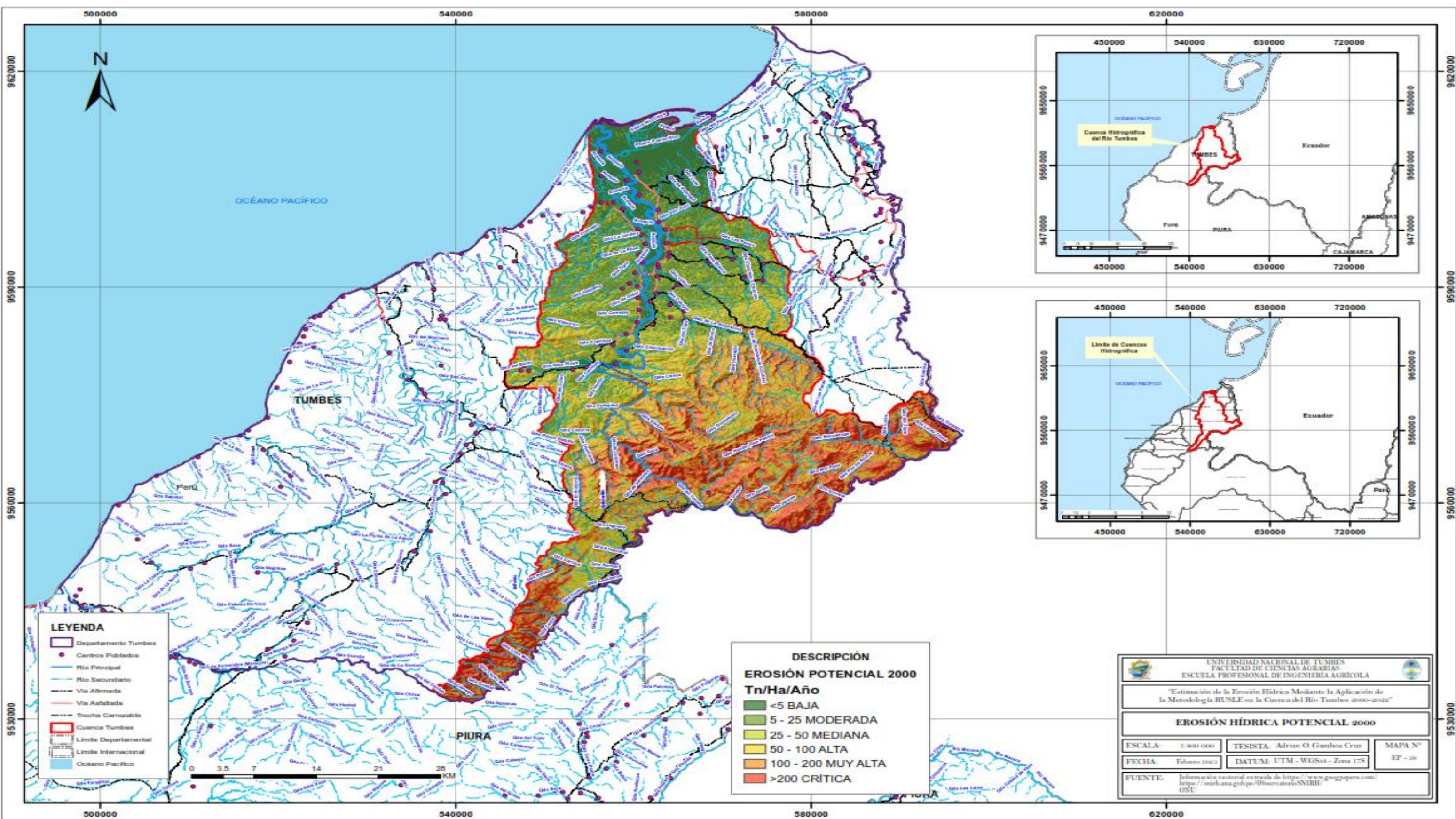


This document was created by an application that isn't licensed to use [novaPDF](#).
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

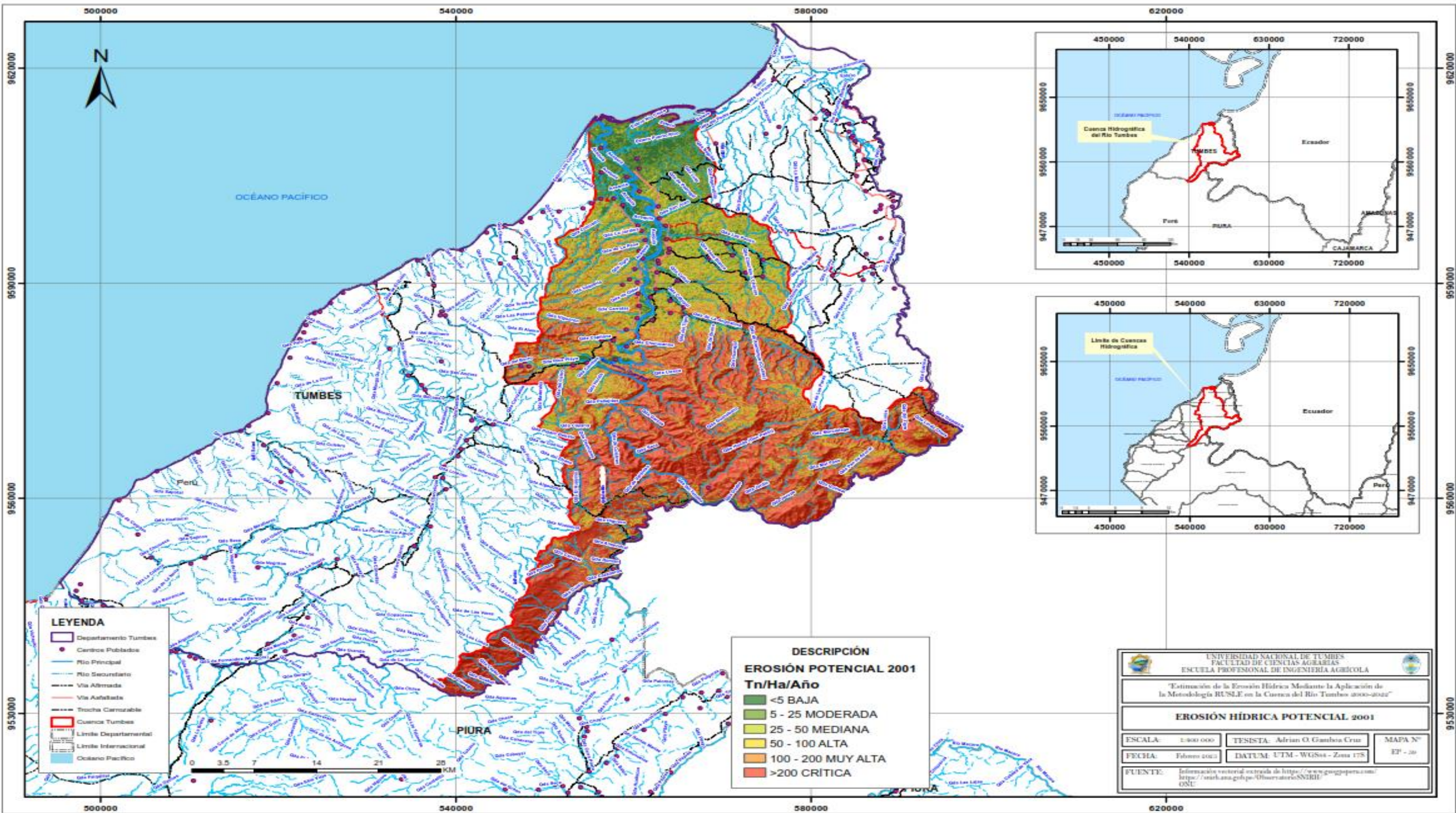
Anexo 47: Mapa de Factor P



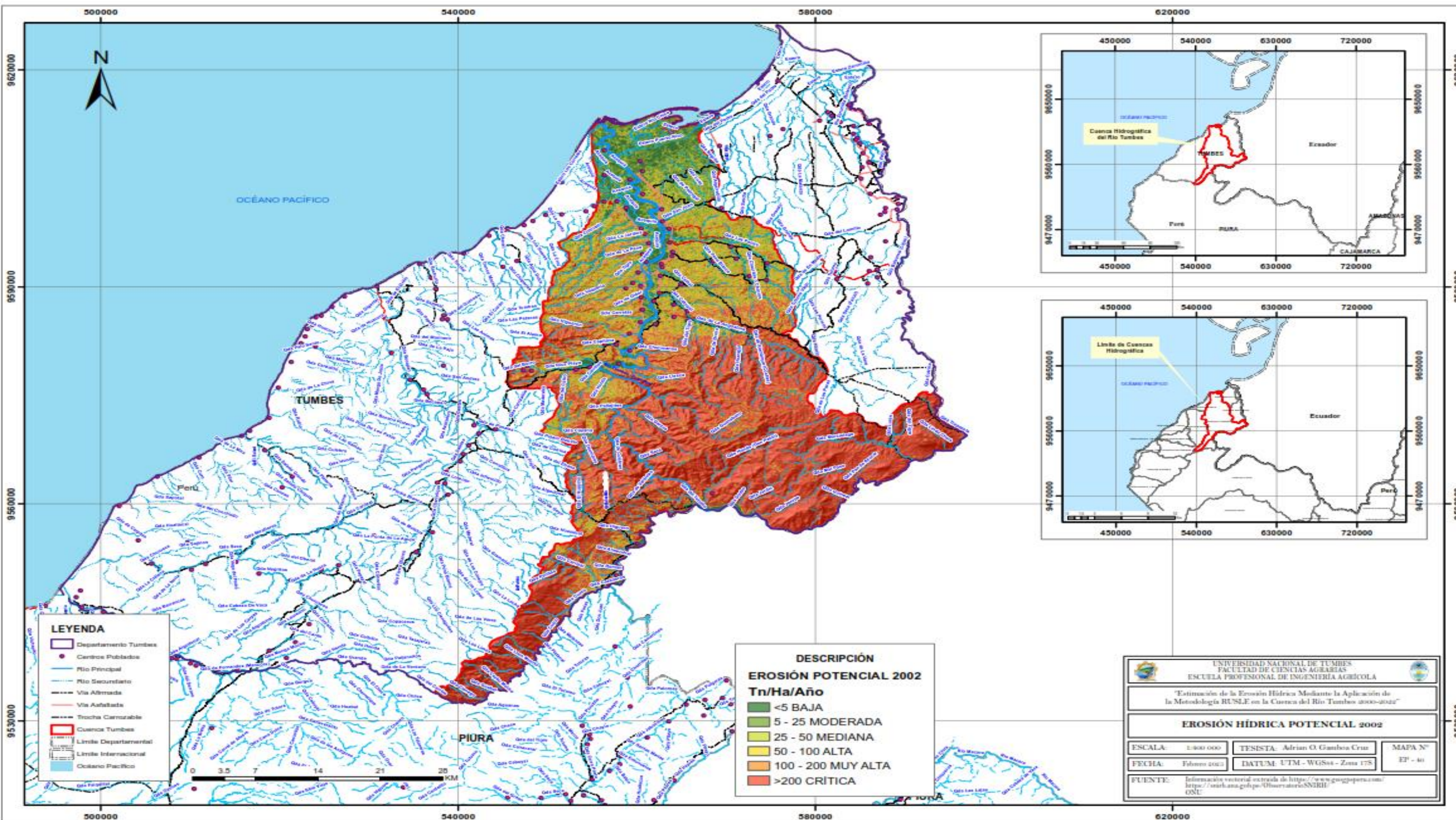
Anexo 48: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2000)



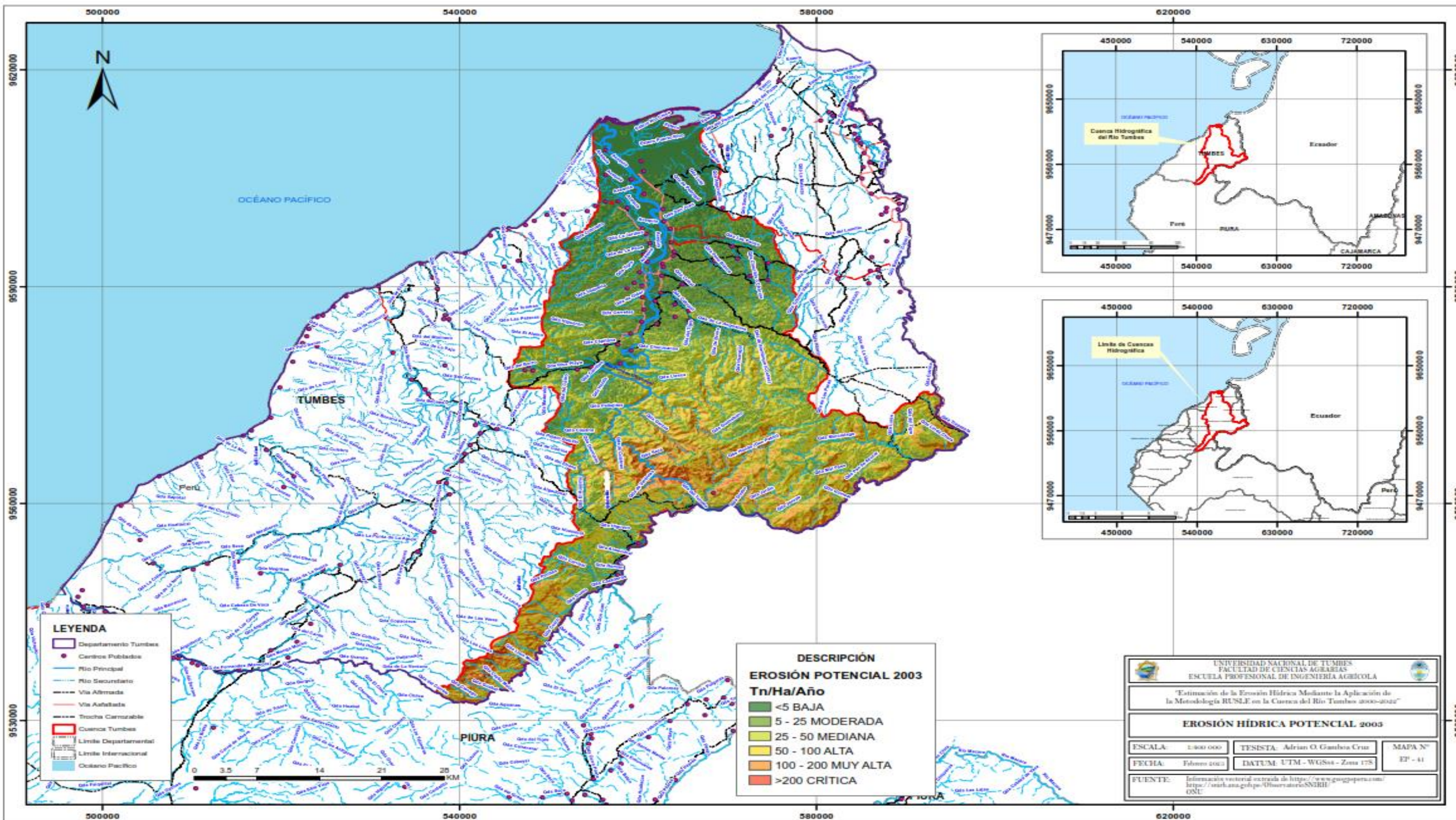
Anexo 49: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2001)



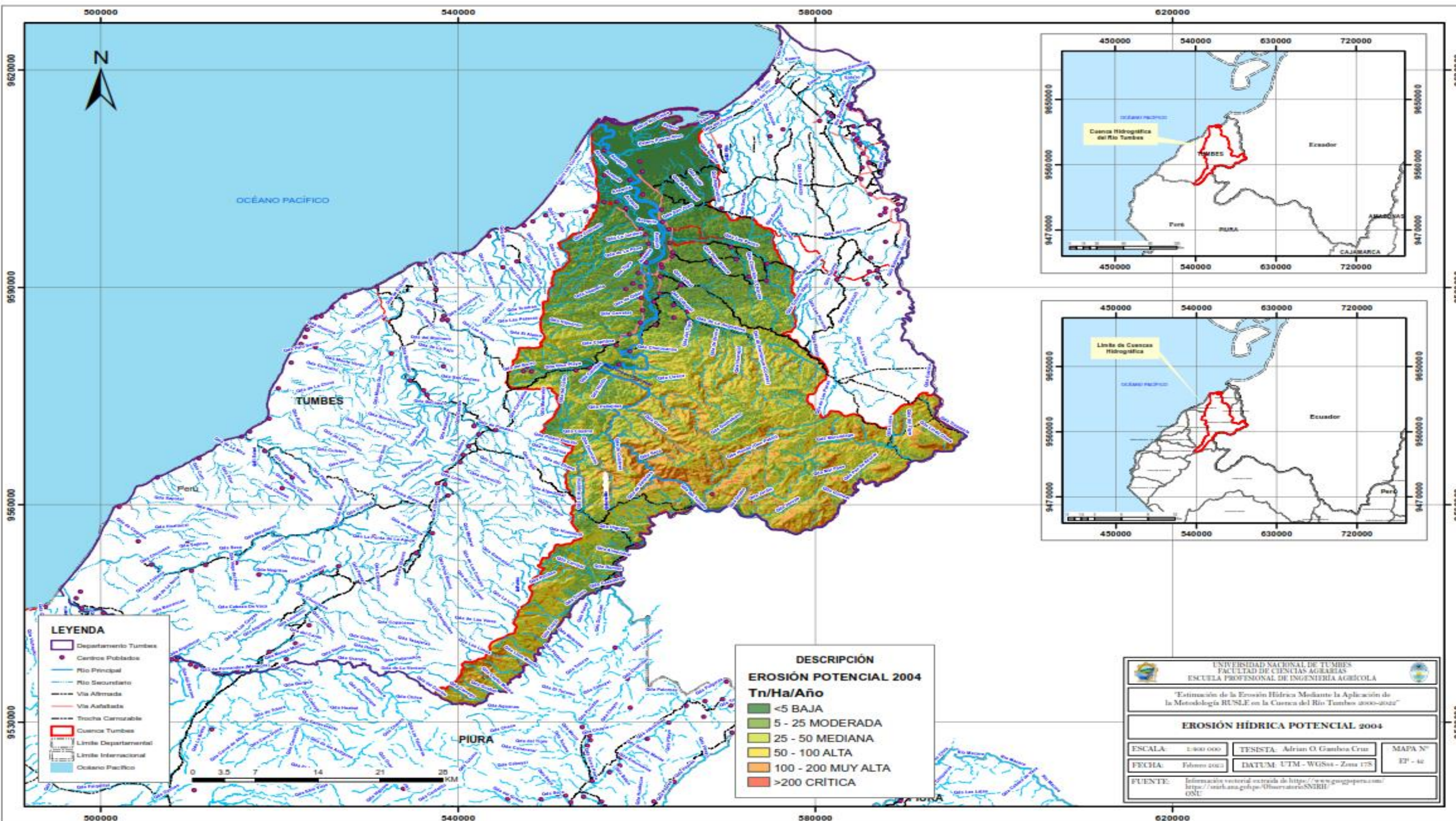
Anexo 50: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2002)



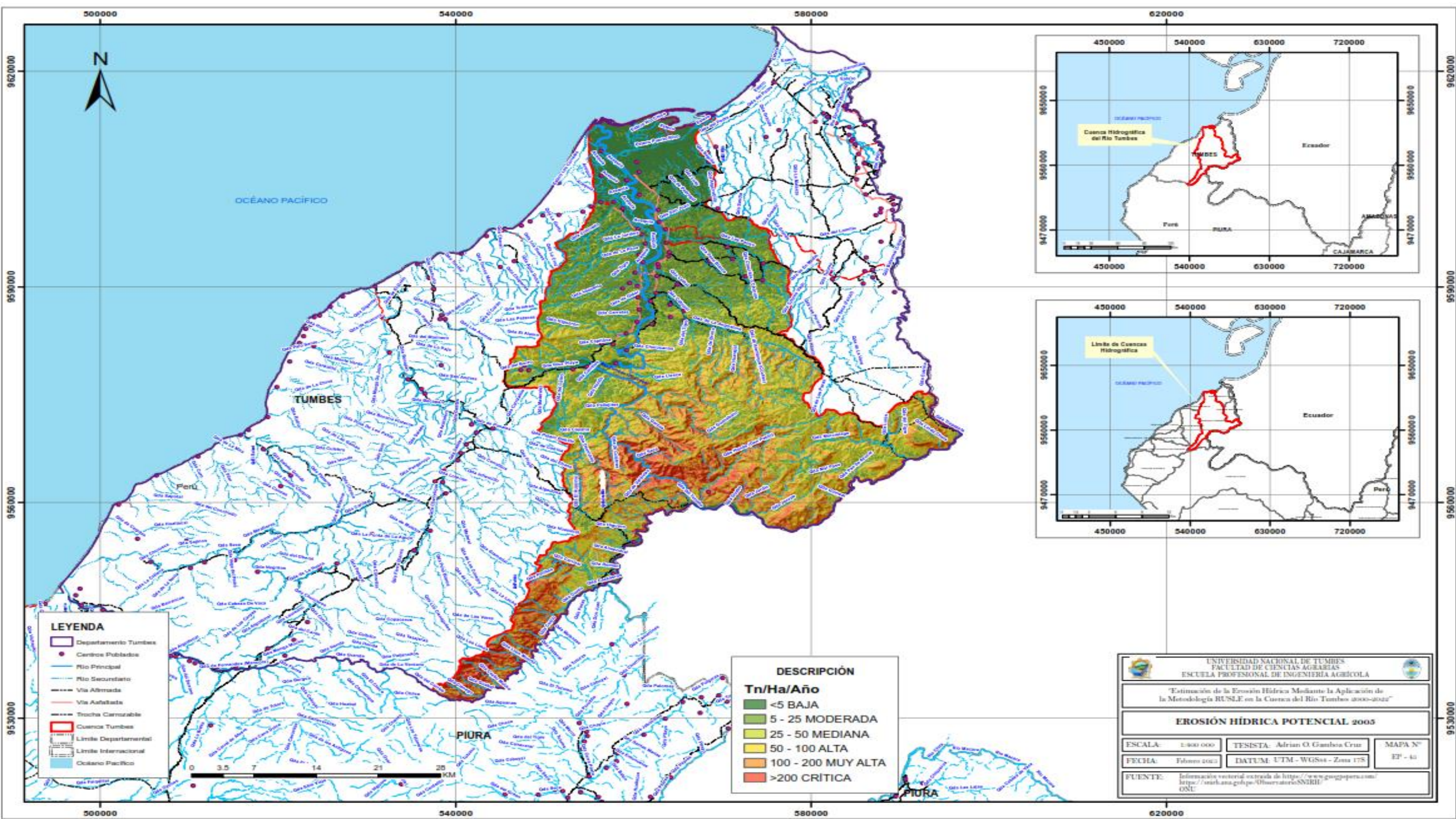
Anexo 51: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2003)



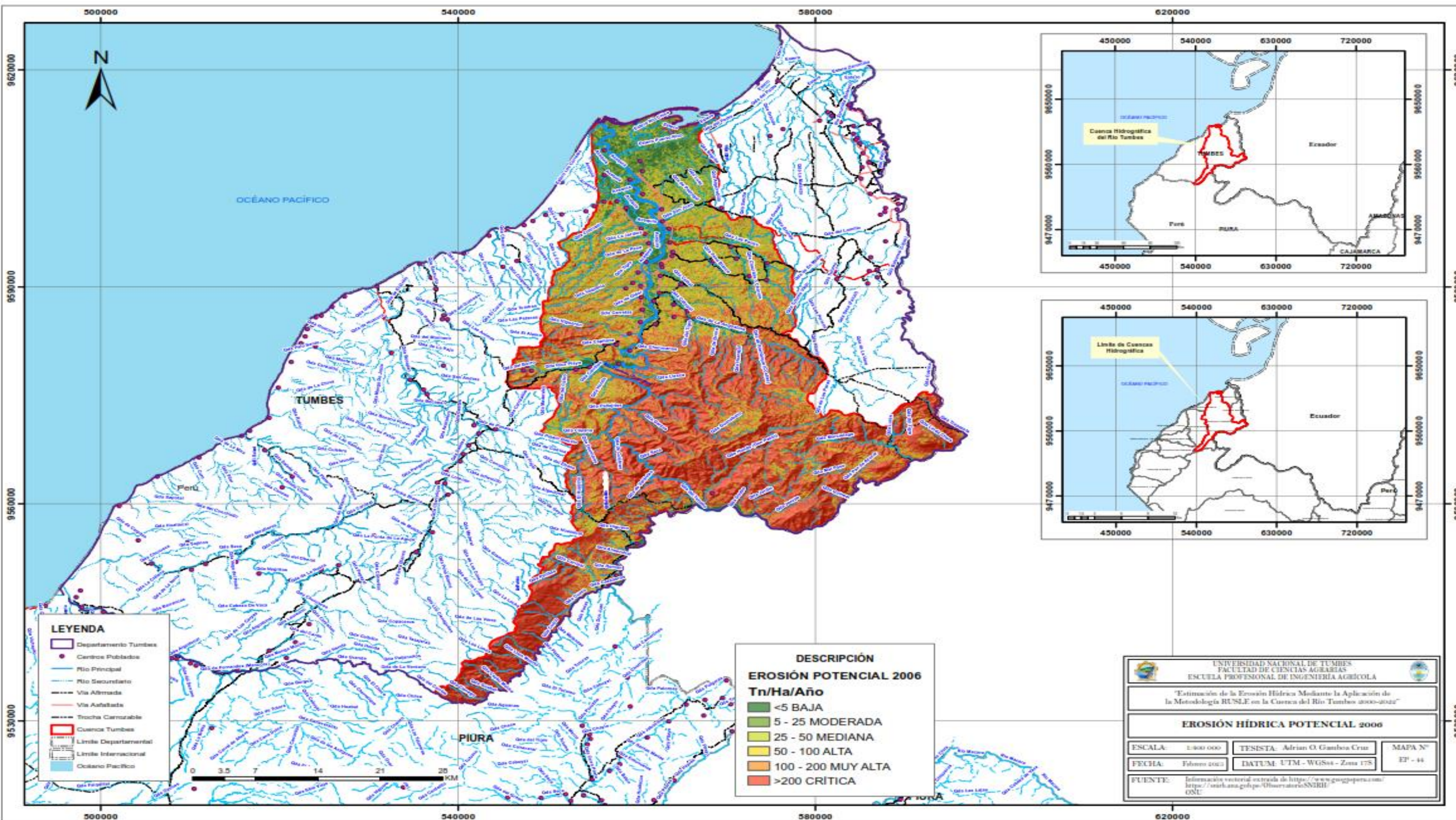
Anexo 52: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2004)



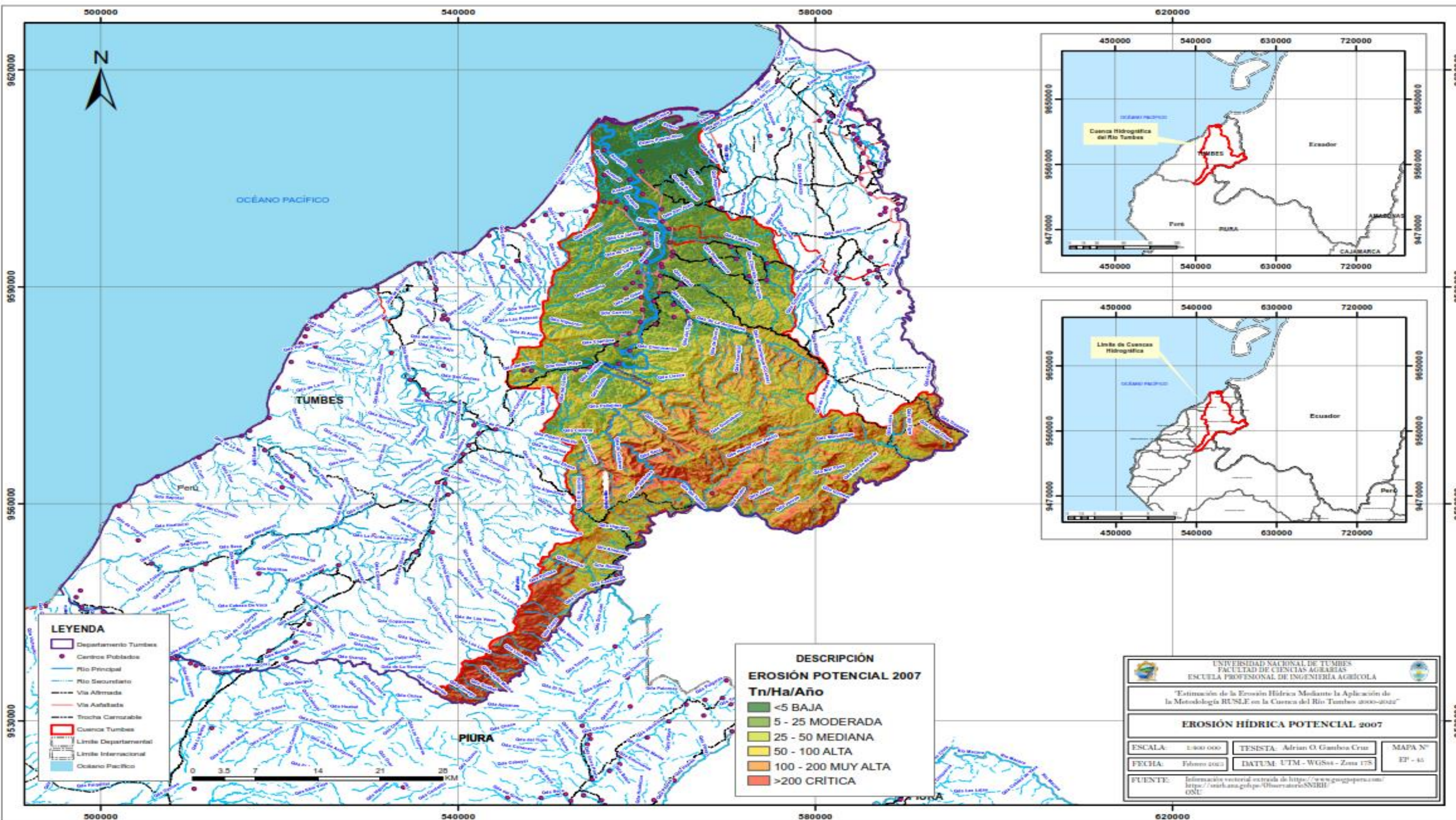
Anexo 53: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2005)



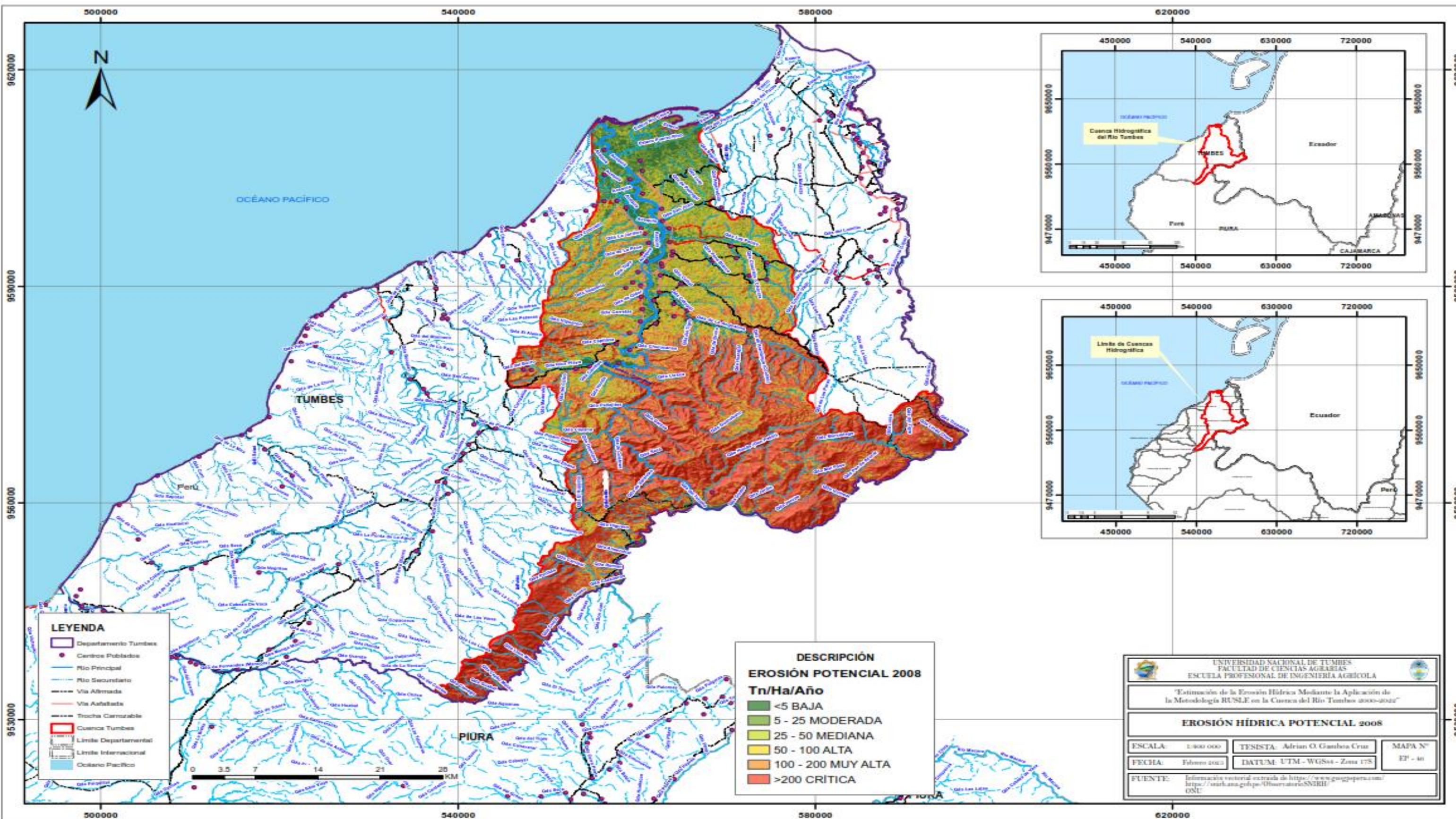
Anexo 54: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2006)



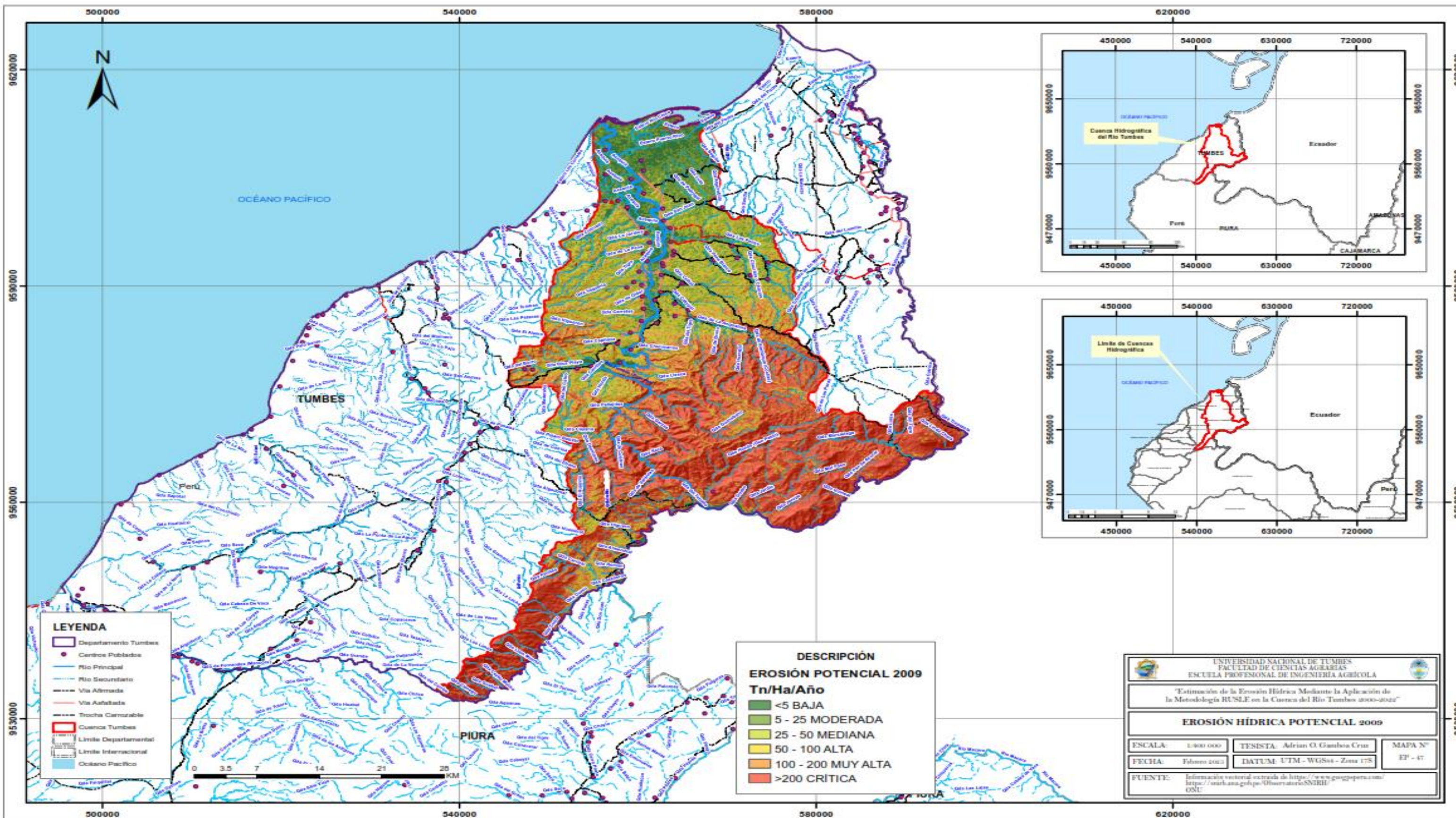
Anexo 55: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2007)



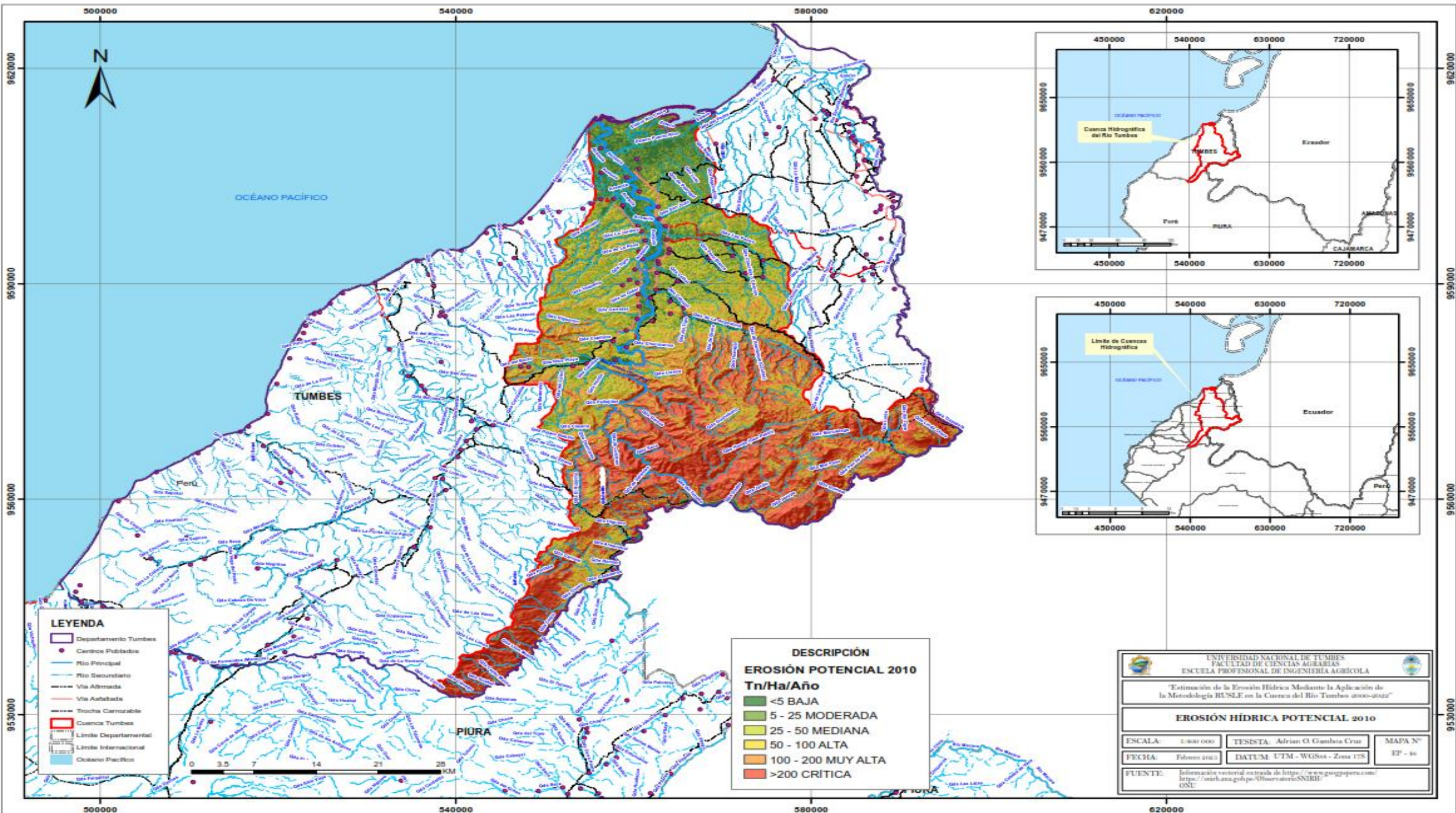
Anexo 56: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2008)



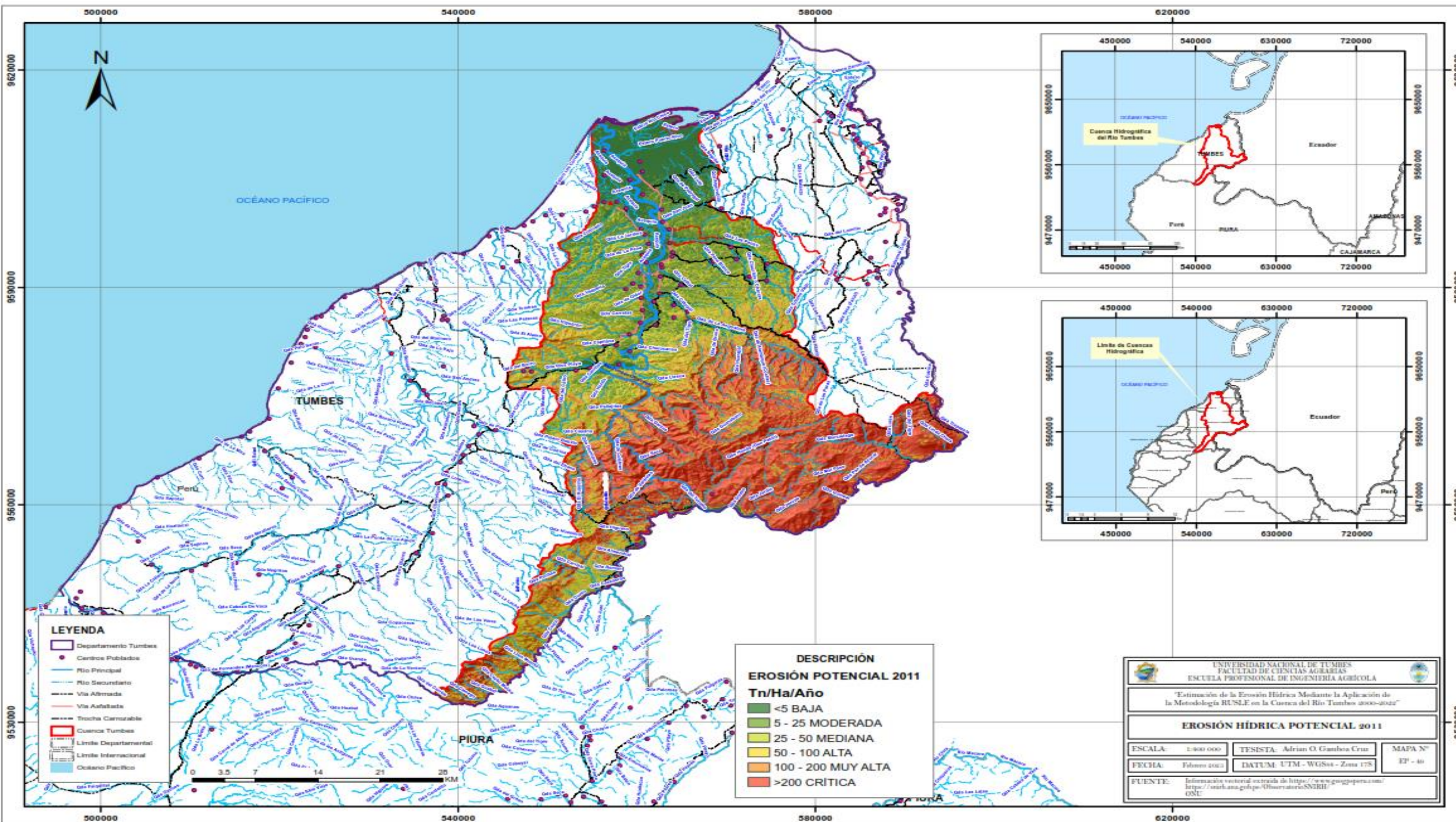
Anexo 57: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2009)



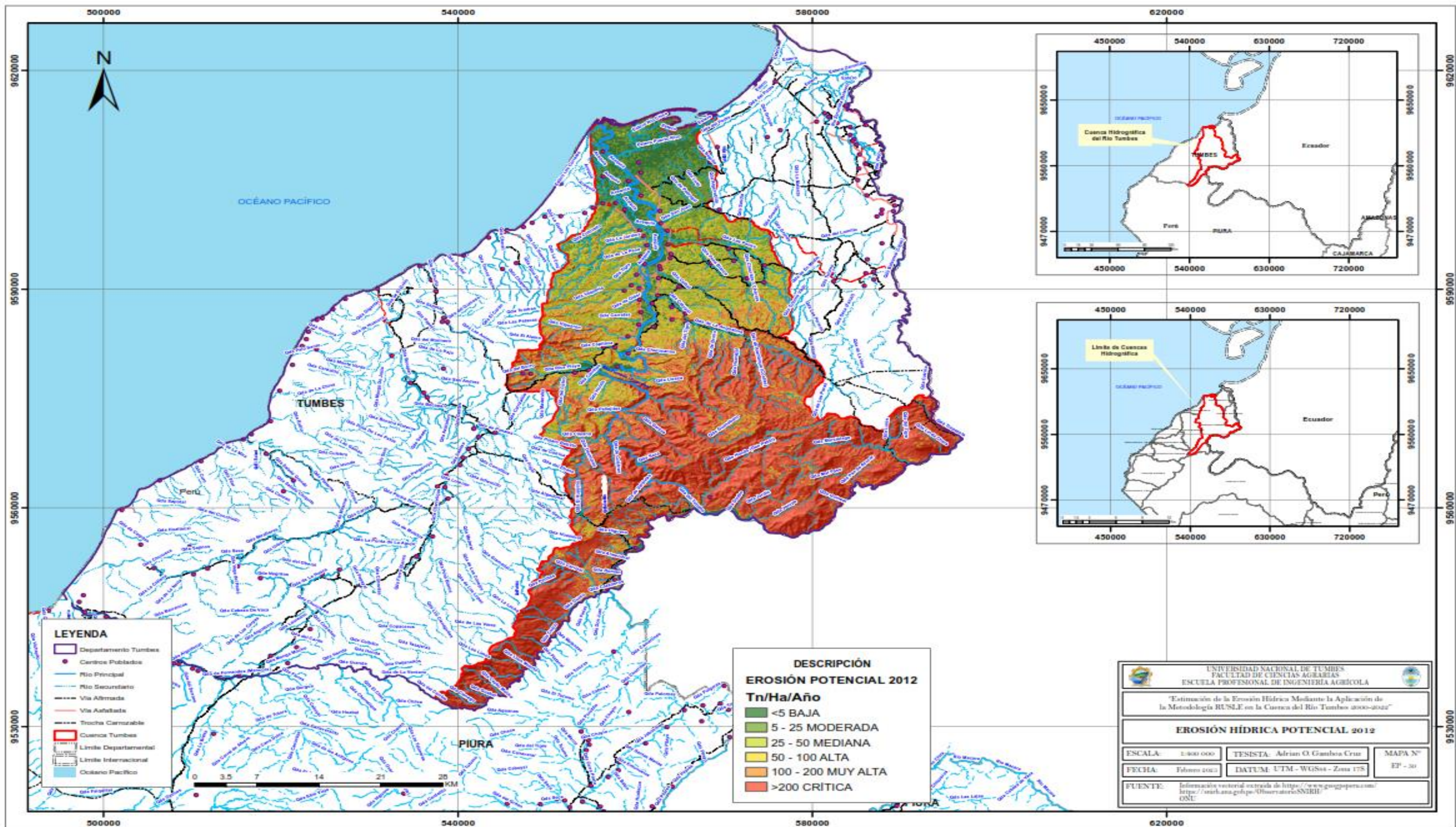
Anexo 58: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2010)



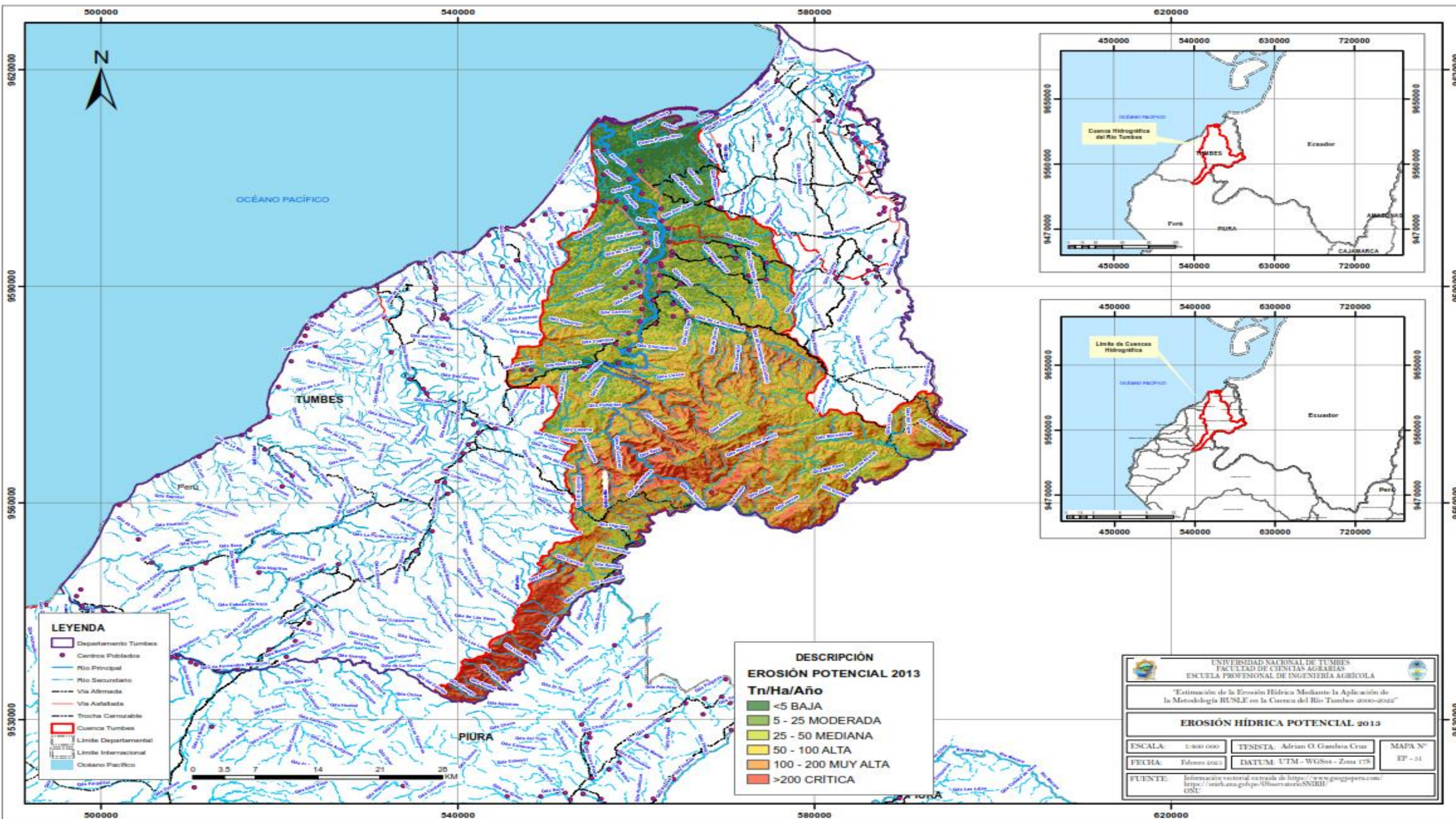
Anexo 59: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2011)



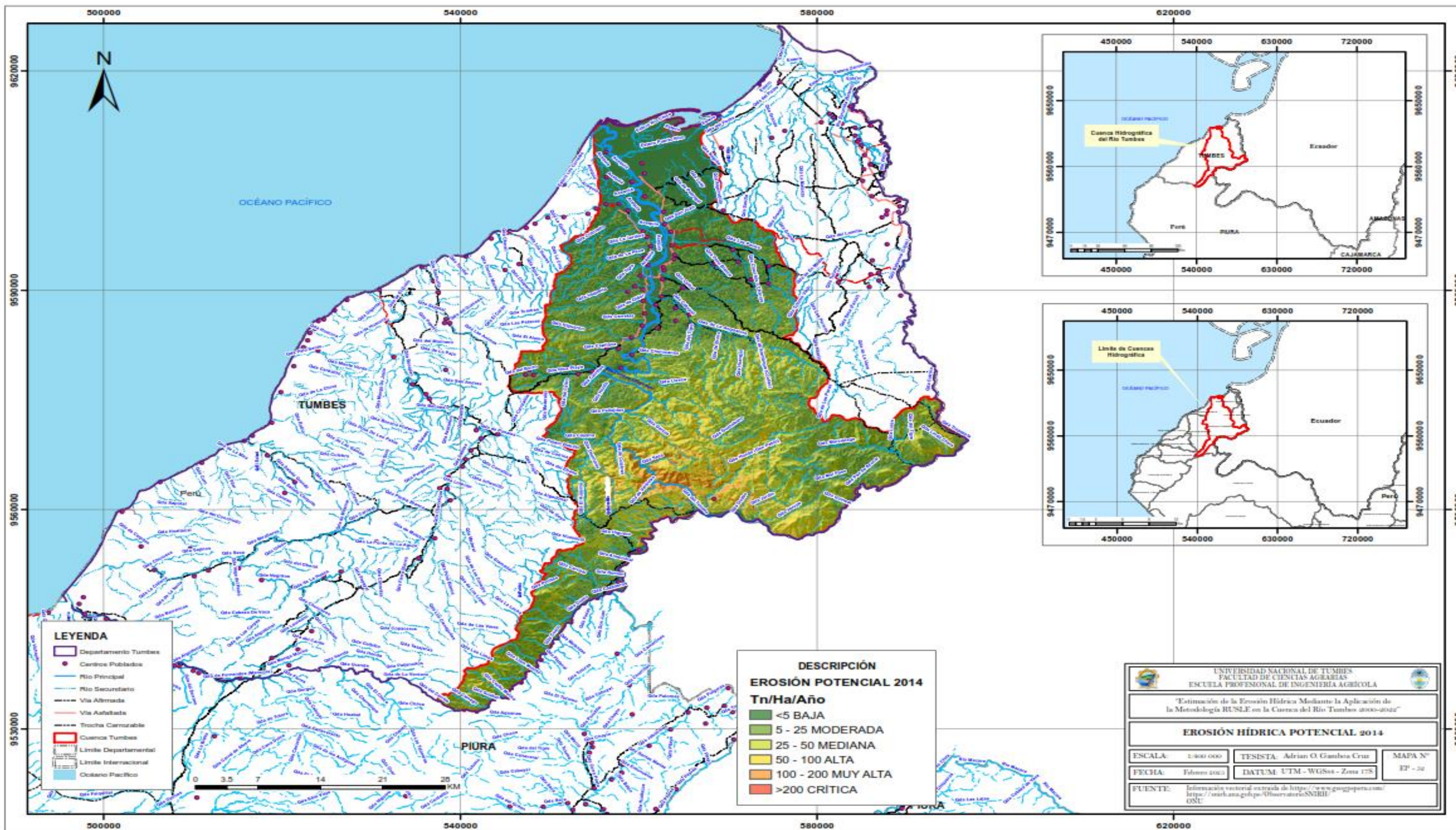
Anexo 60: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2012)



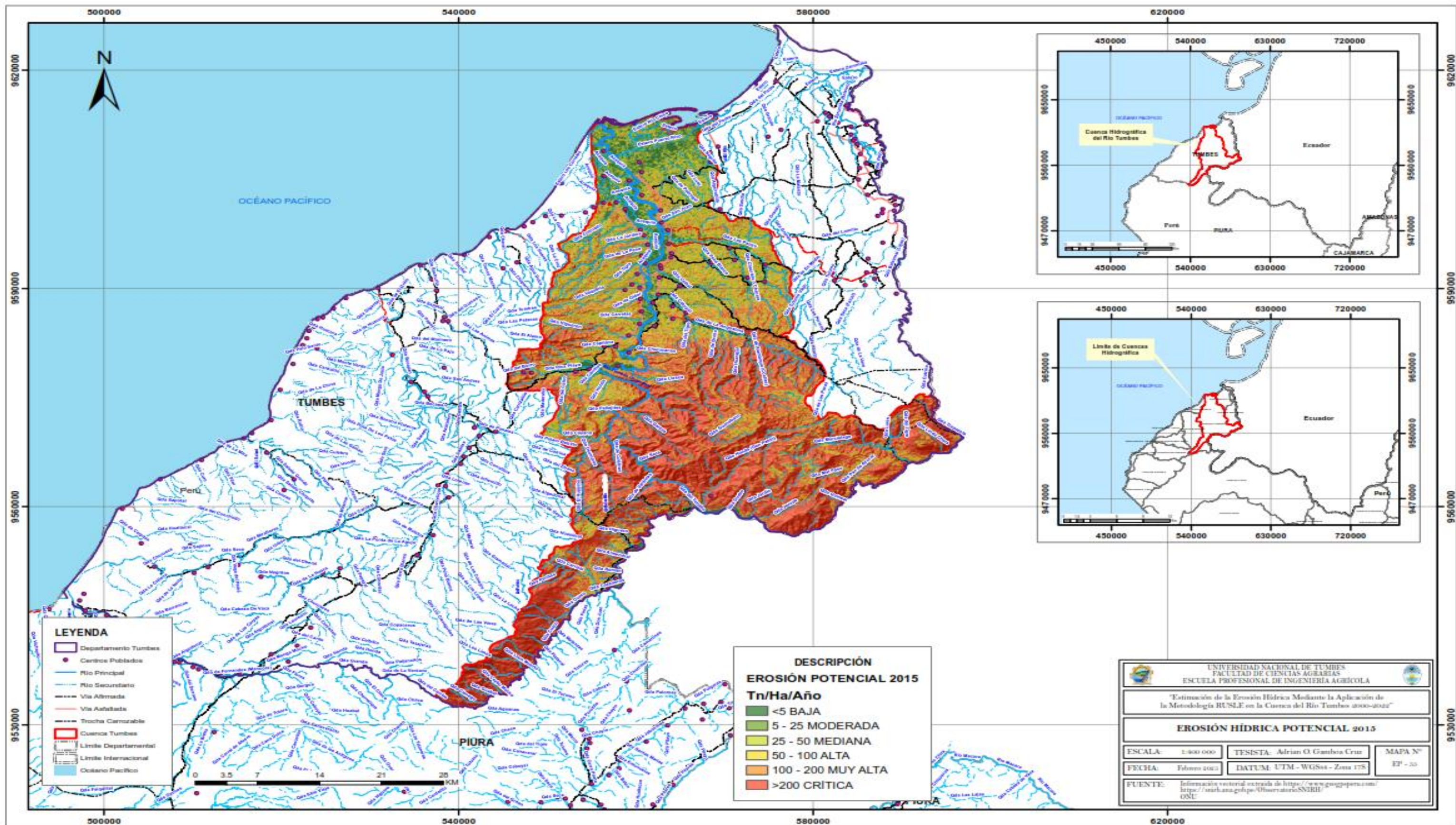
Anexo 61: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2013)



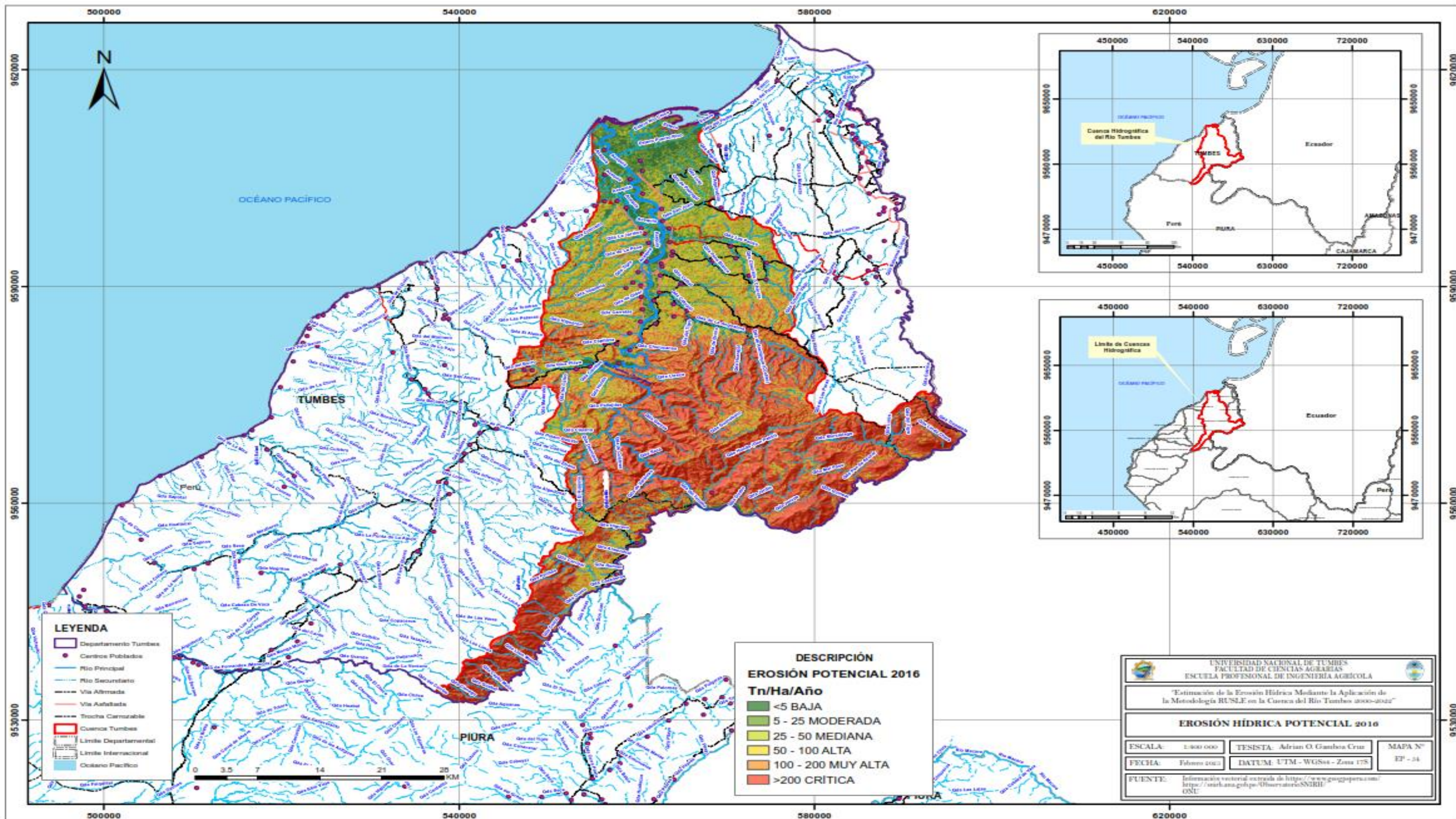
Anexo 62: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2014)



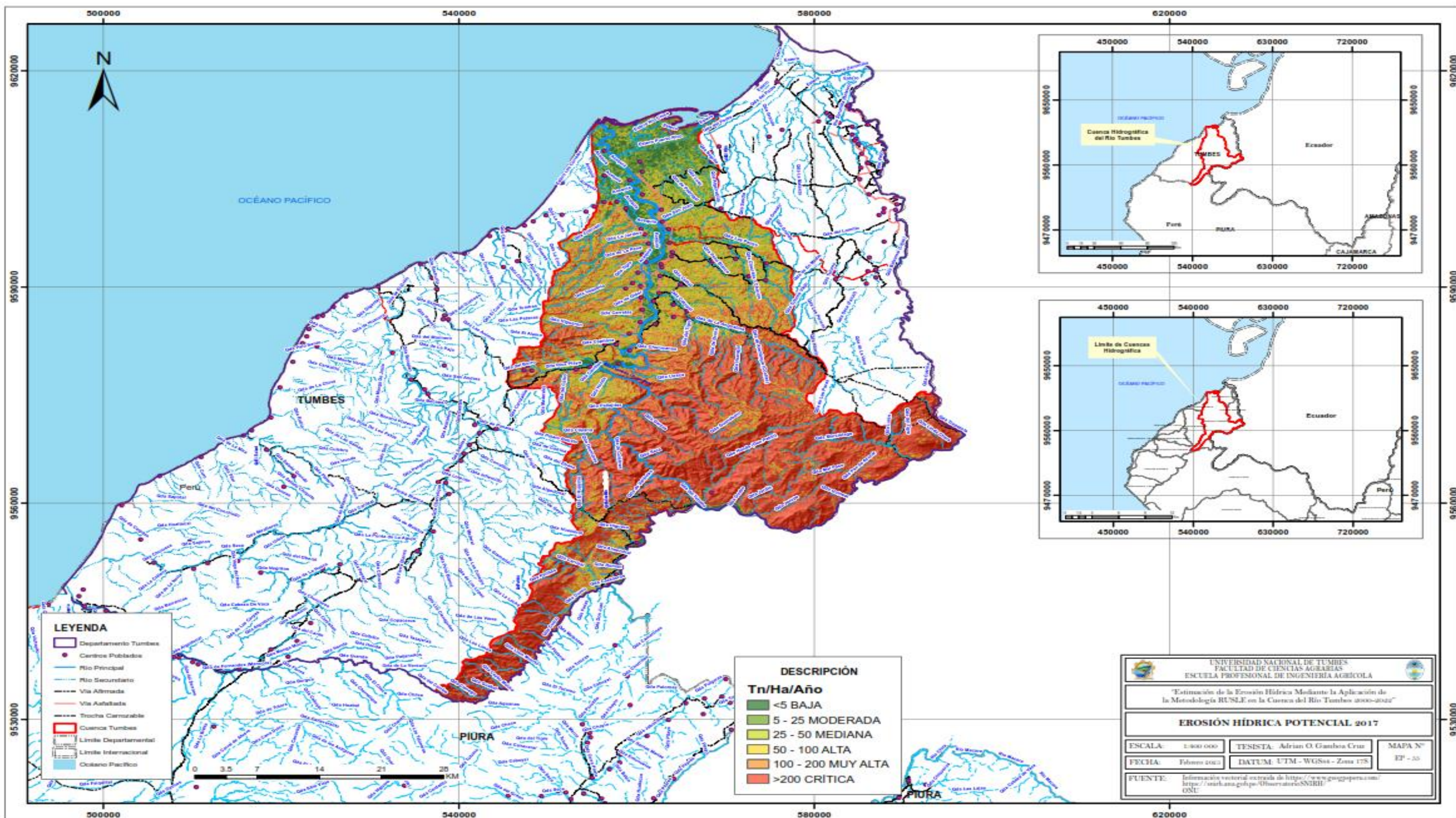
Anexo 63: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2015)



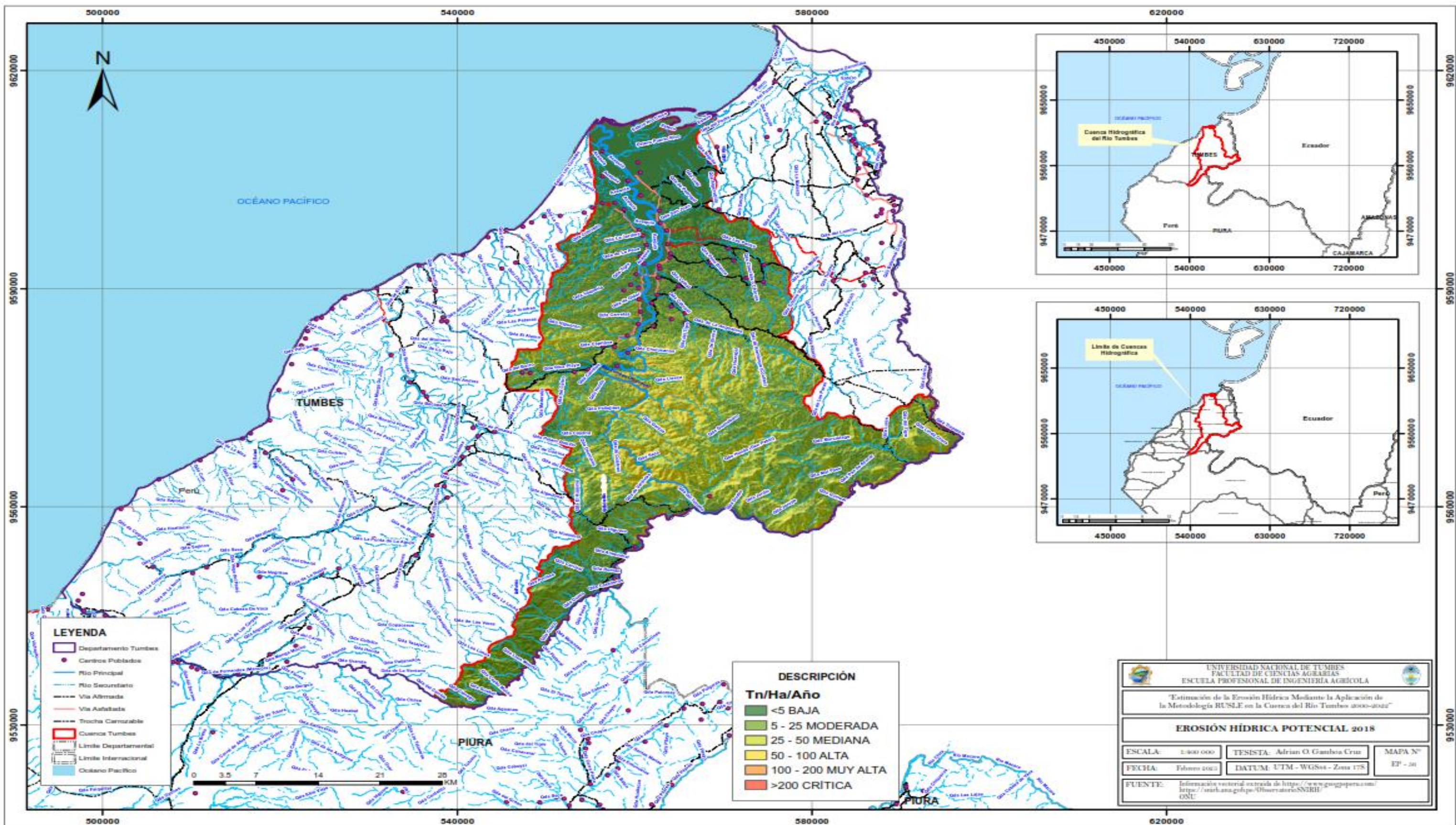
Anexo 64: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2016)



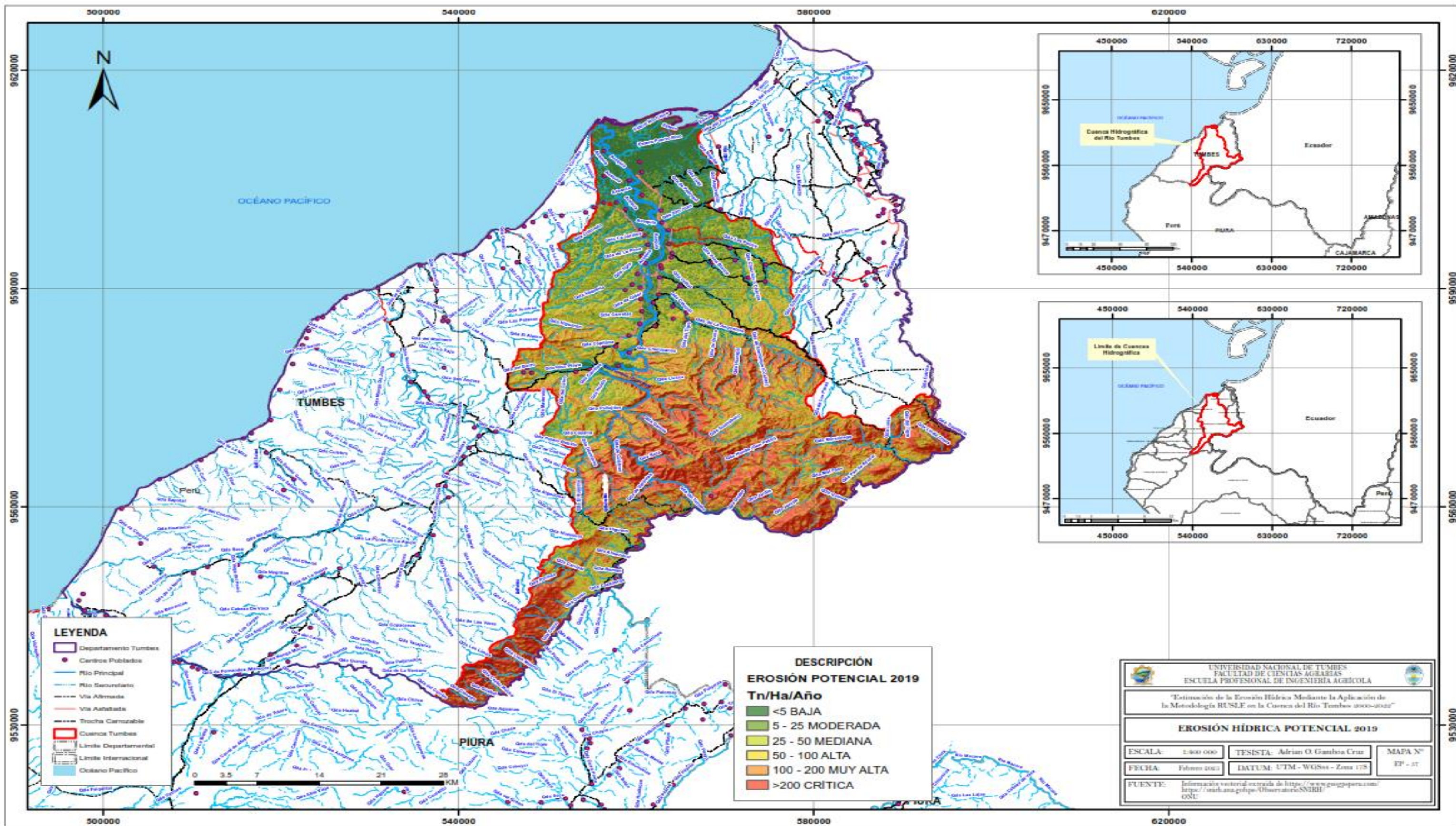
Anexo 65: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2017)



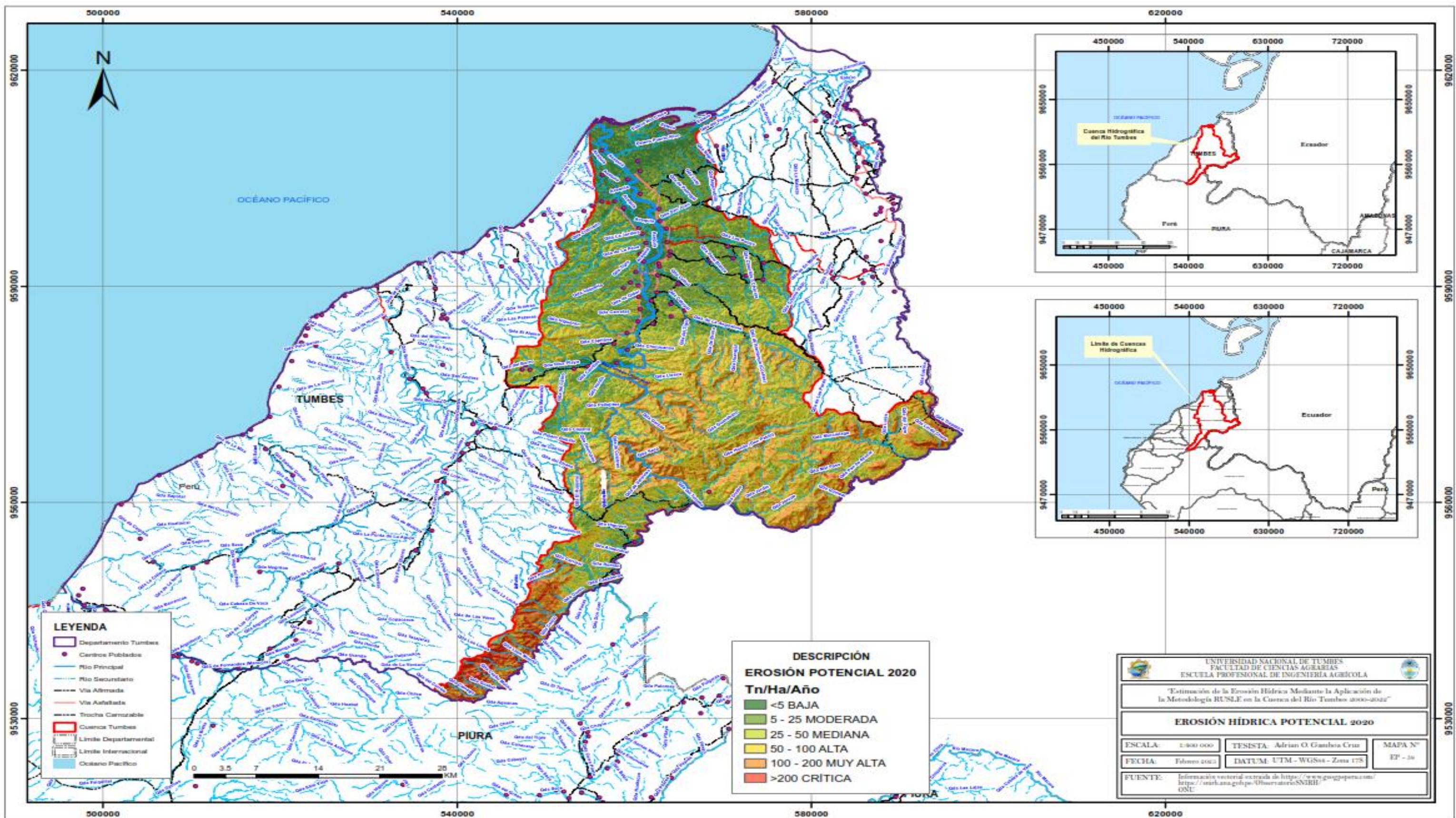
Anexo 66: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2018)



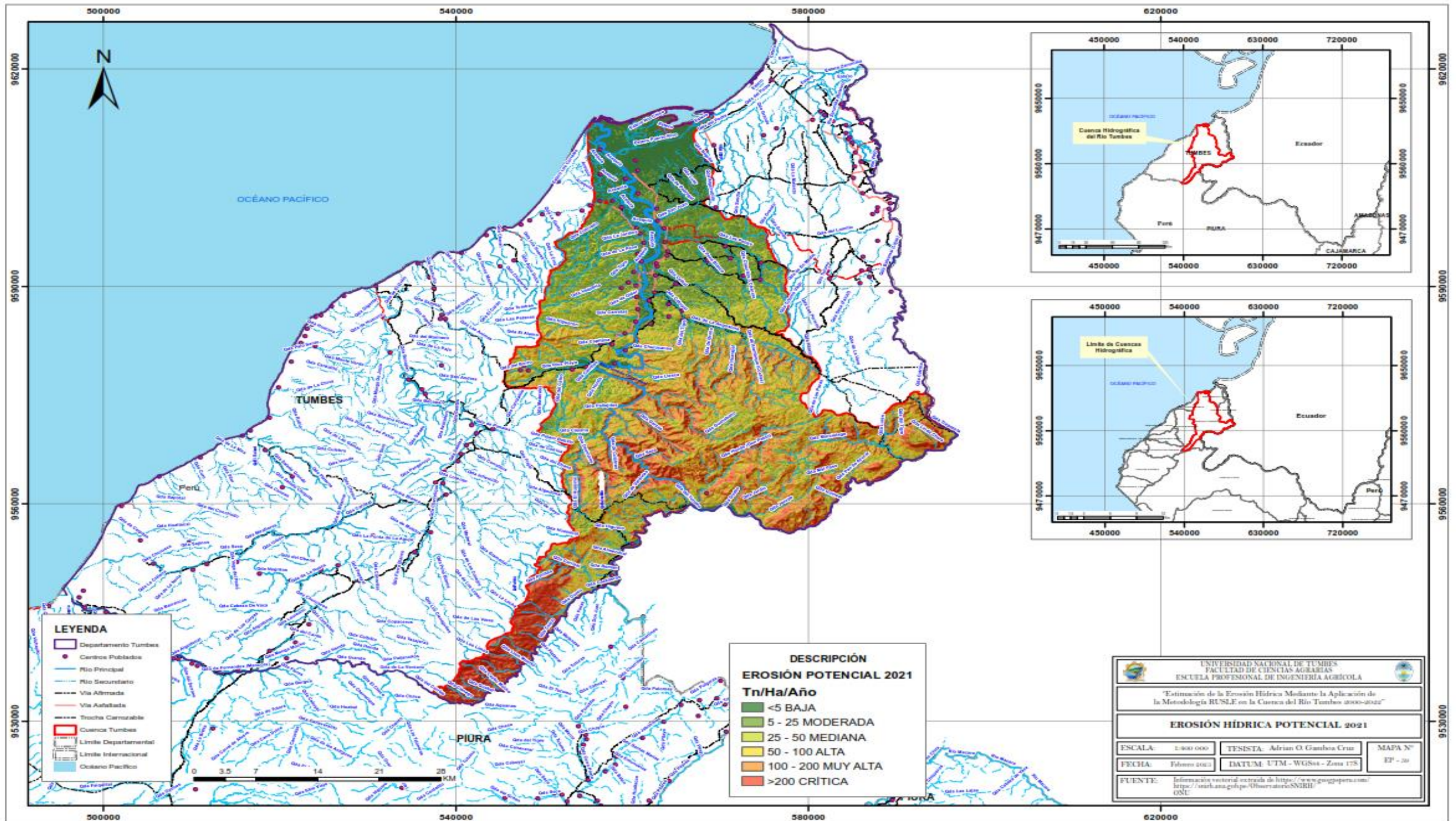
Anexo 67: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2019)



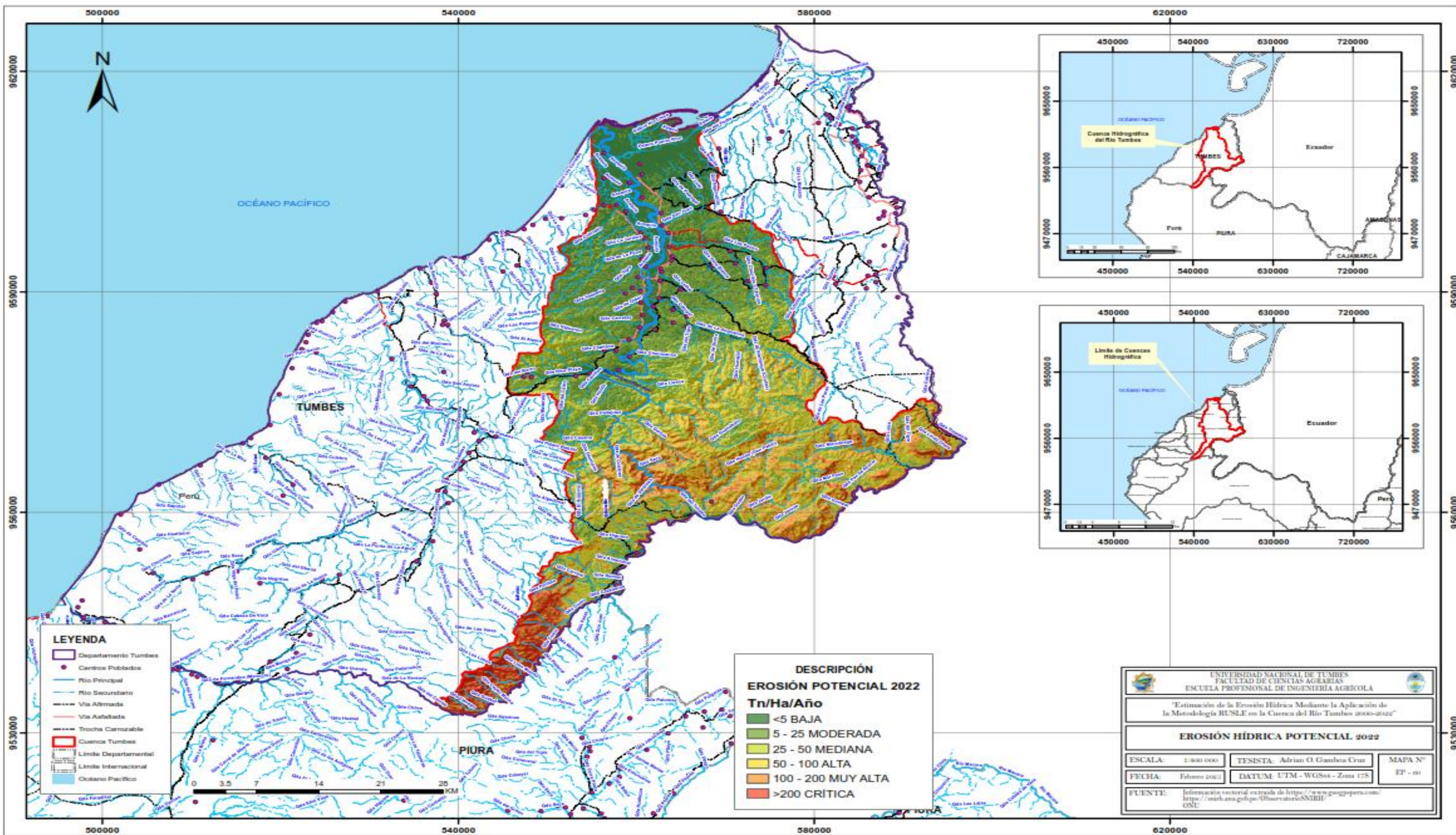
Anexo 68: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2020)



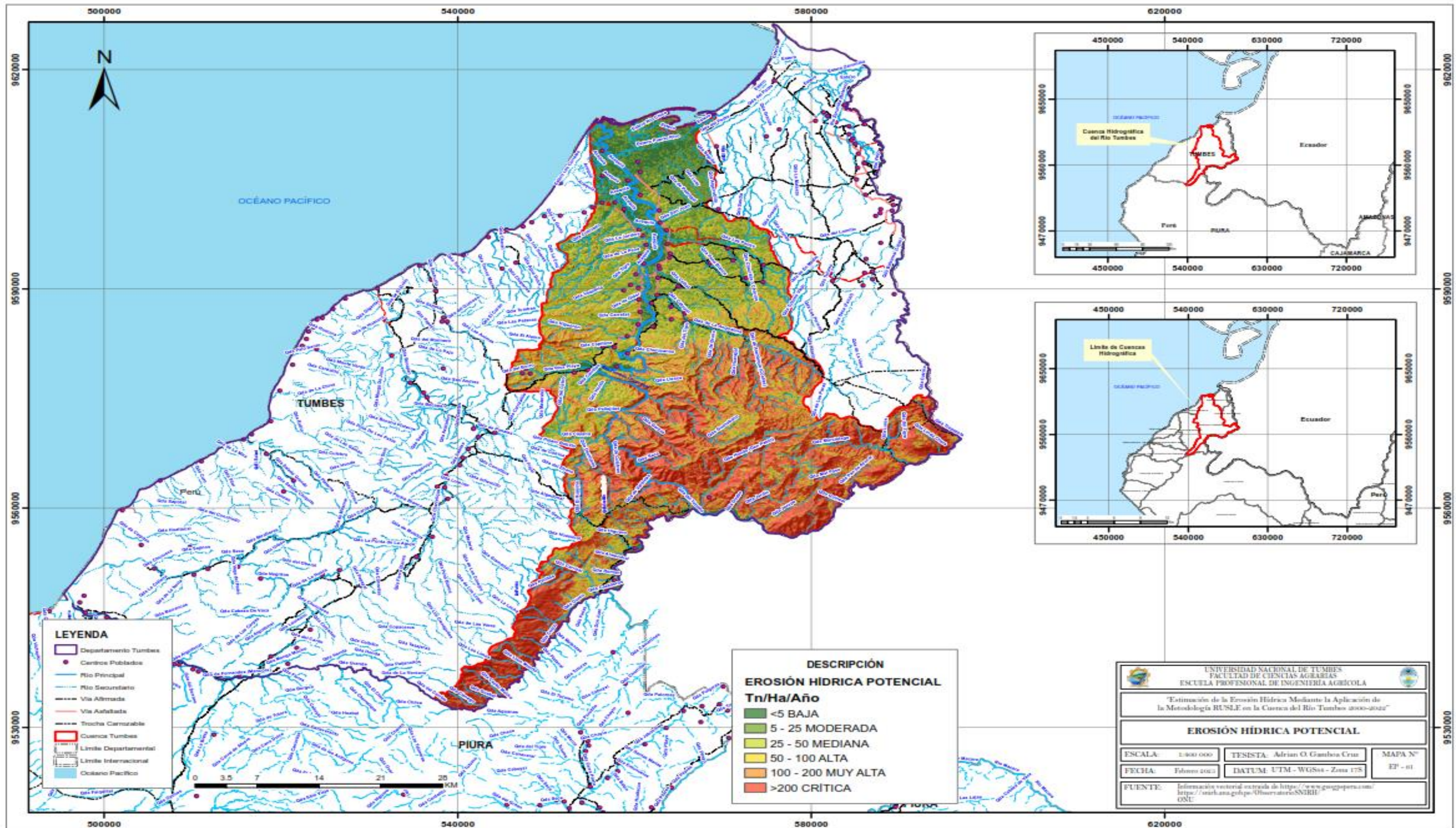
Anexo 69: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2021)



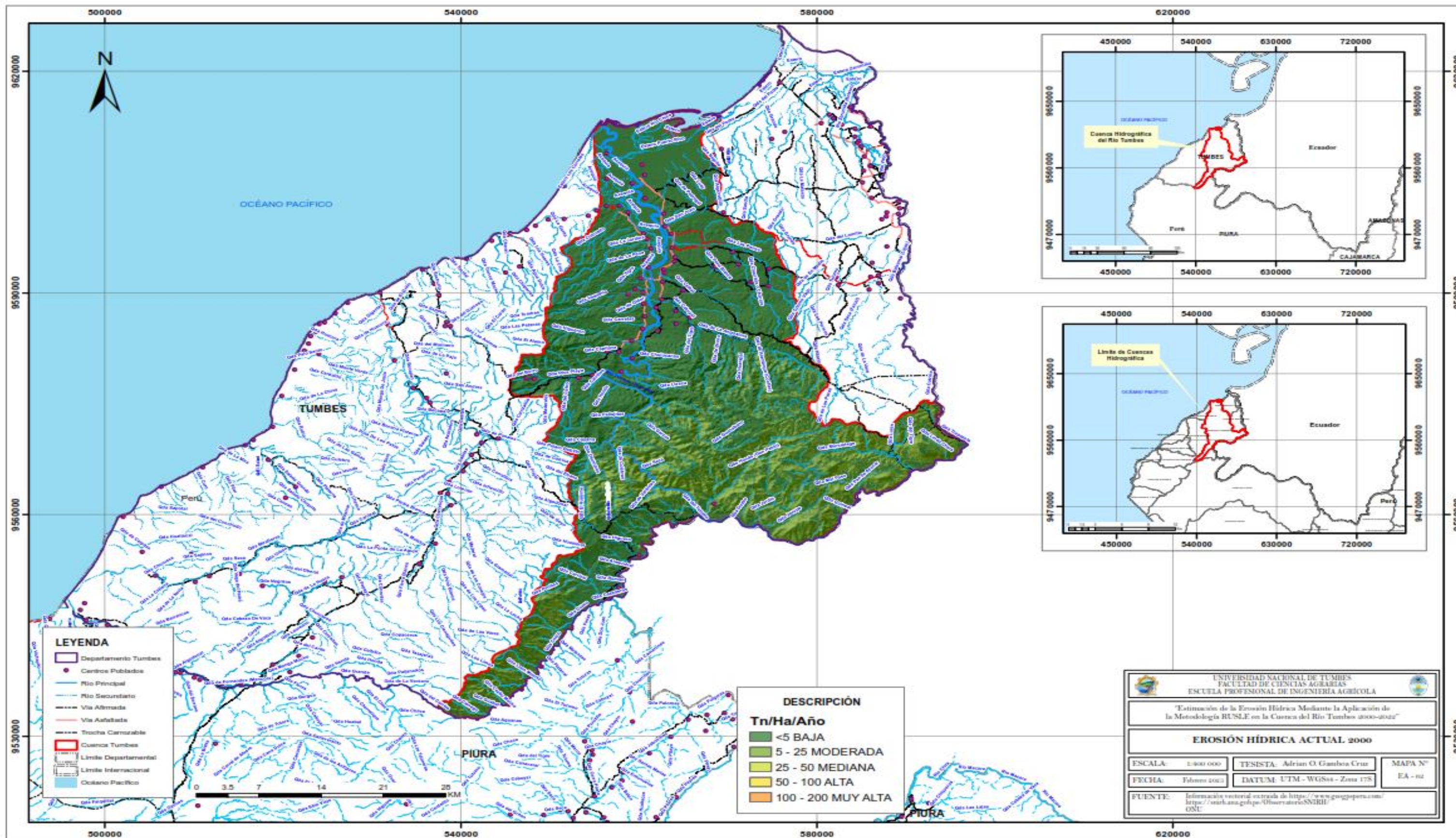
Anexo 70: Mapa de Erosión Hídrica Potencial (2022)



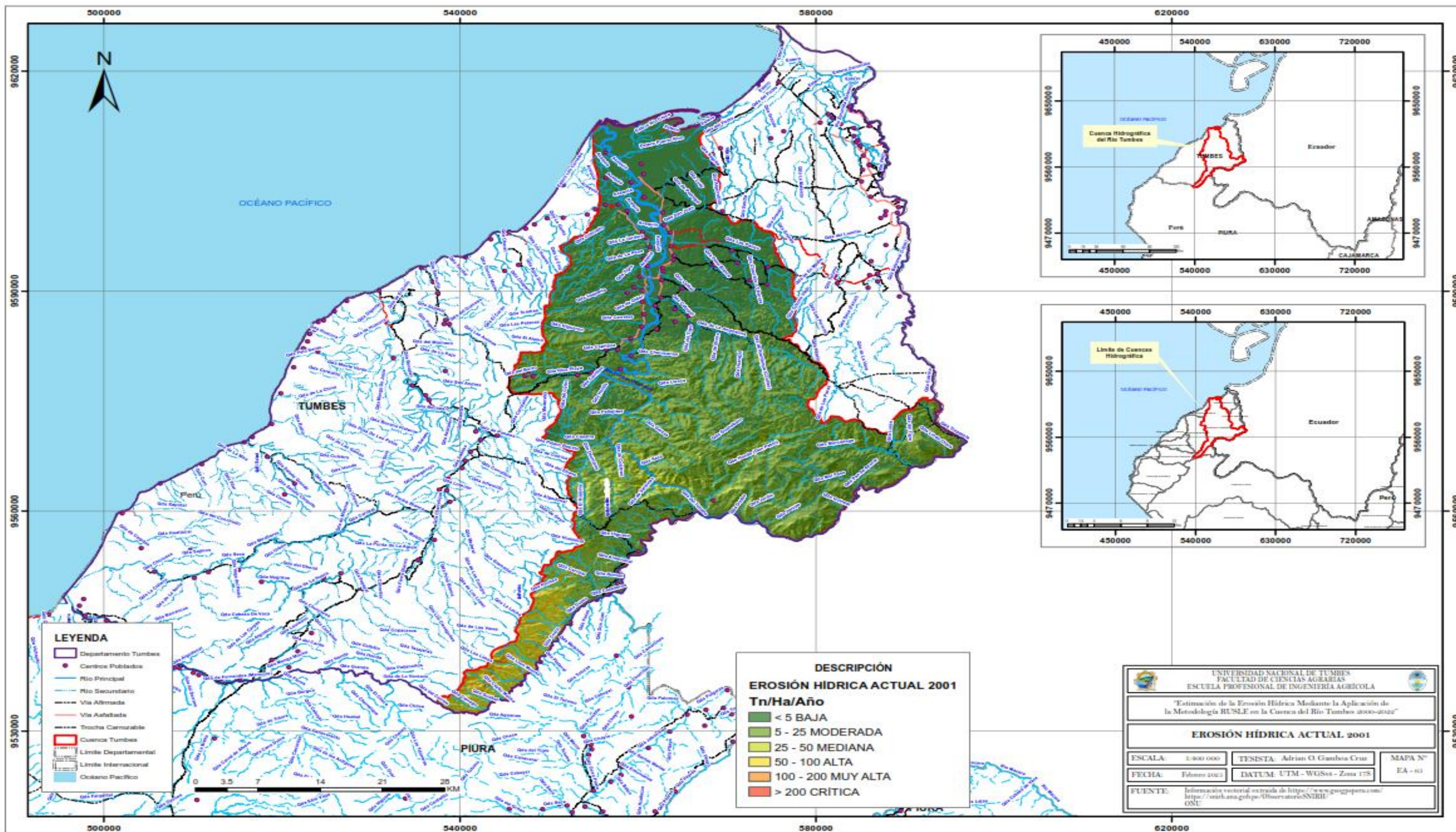
Anexo 71: Mapa de Erosión Hídrica Potencial promedio



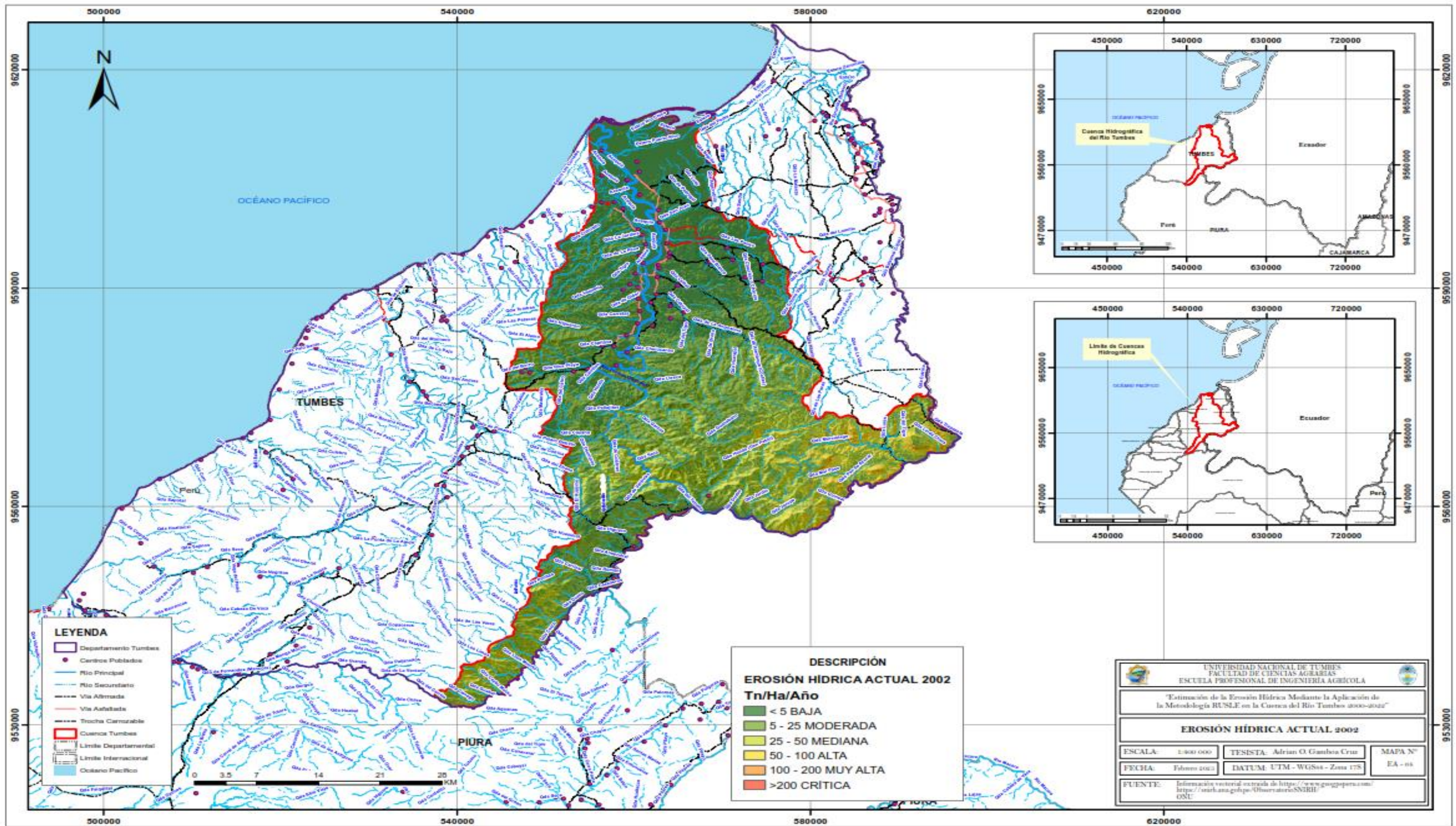
Anexo 72: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2000)



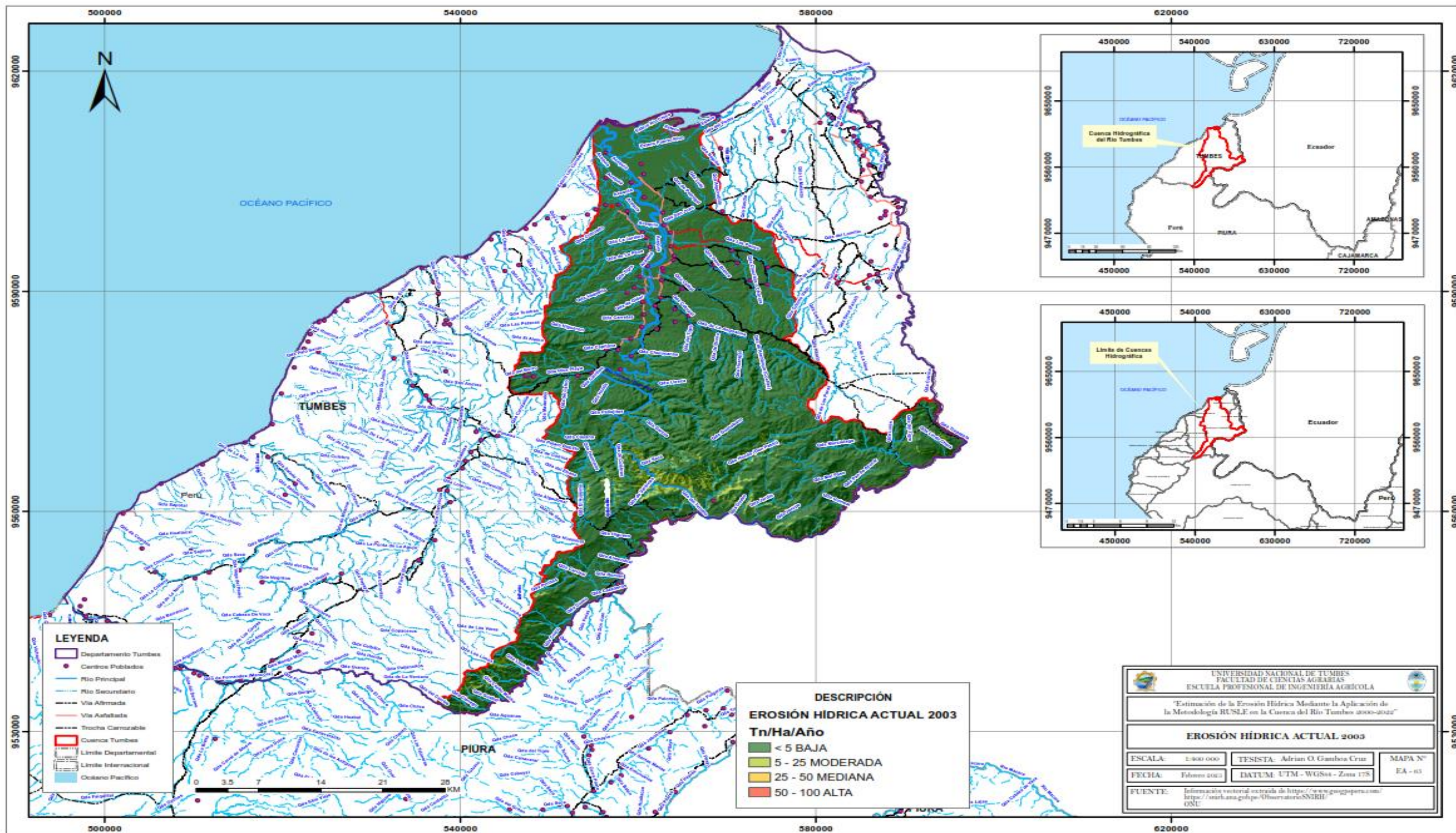
Anexo 73: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2001)



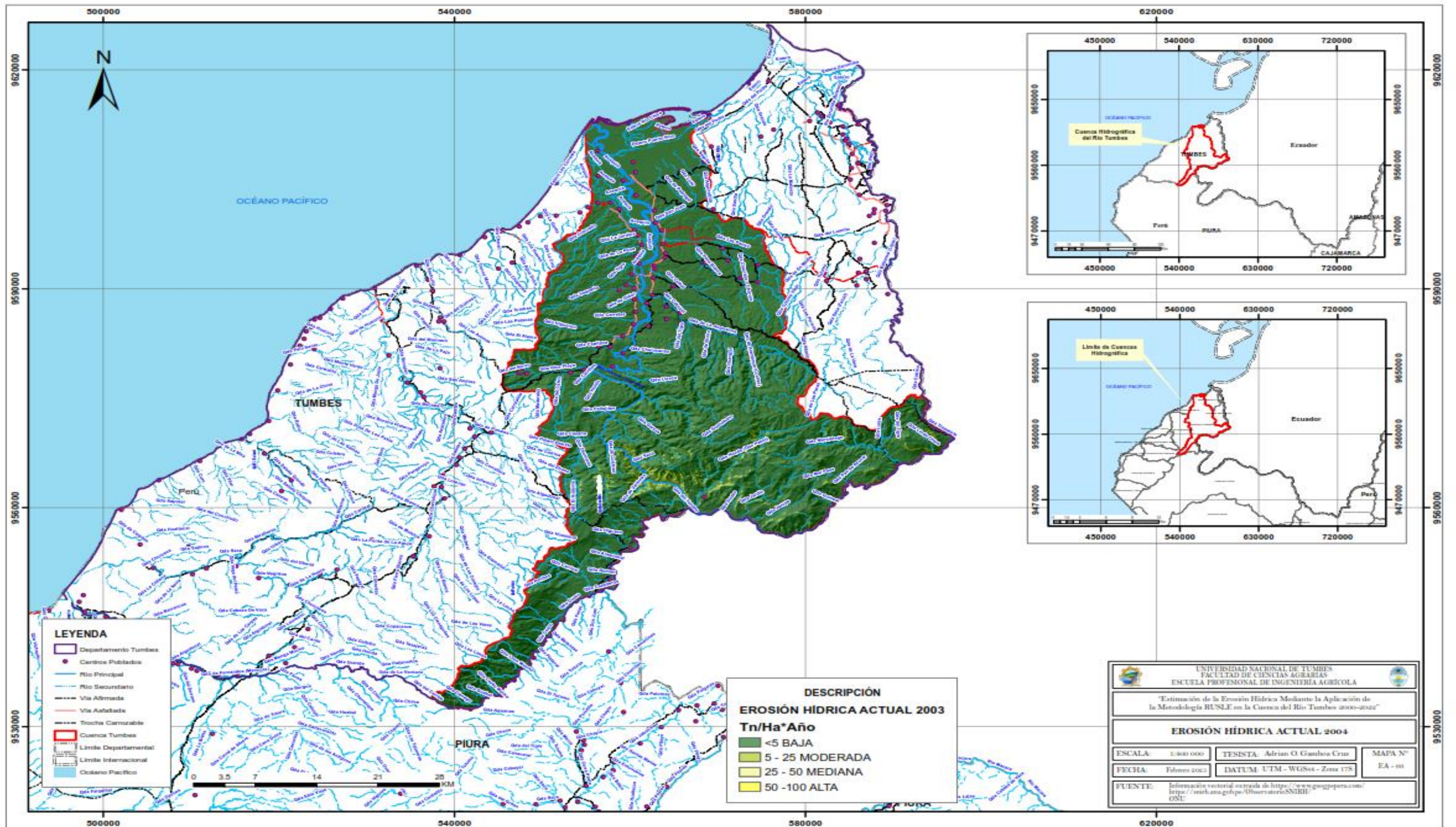
Anexo 74: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2002)



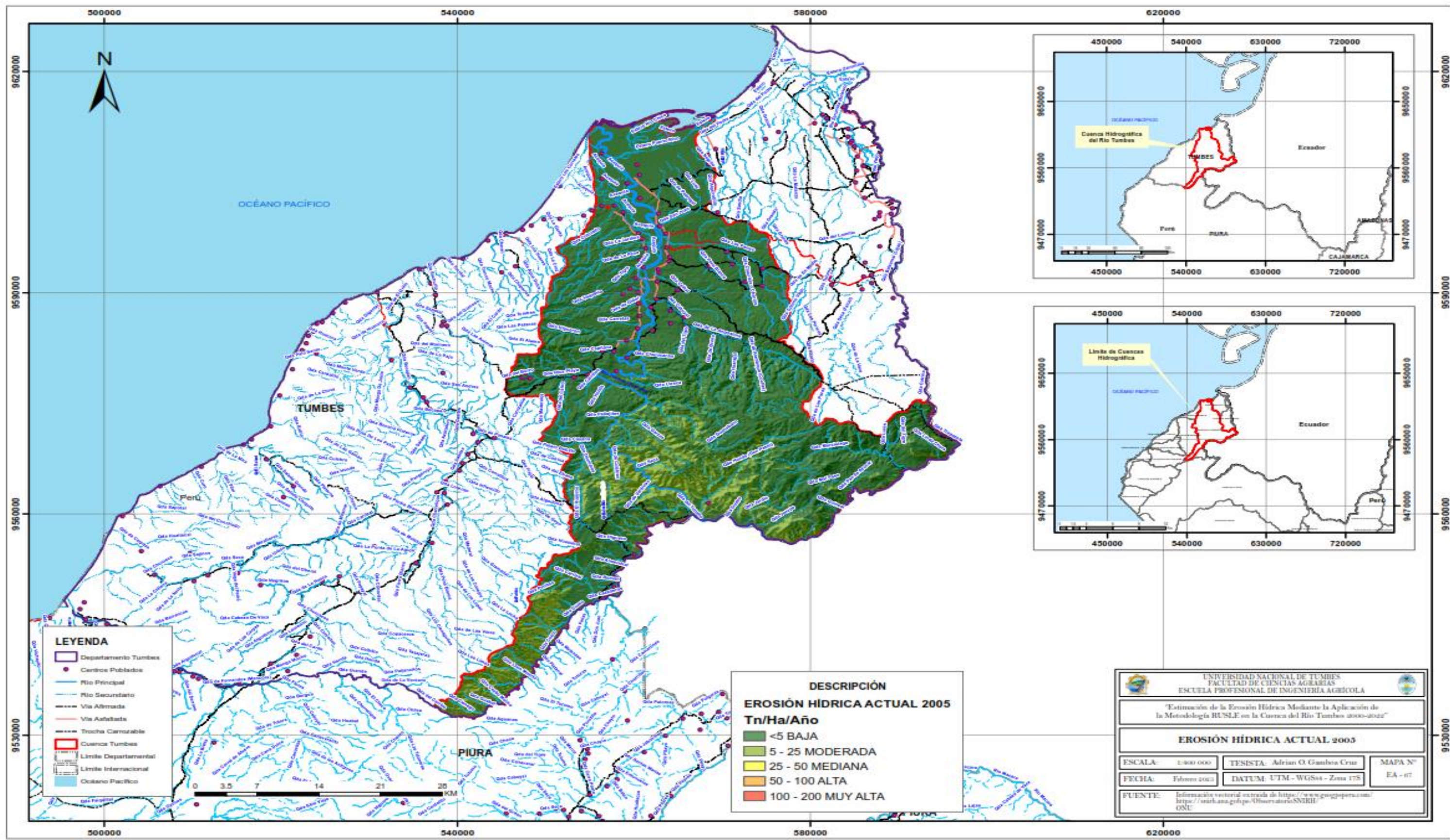
Anexo 75: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2003)



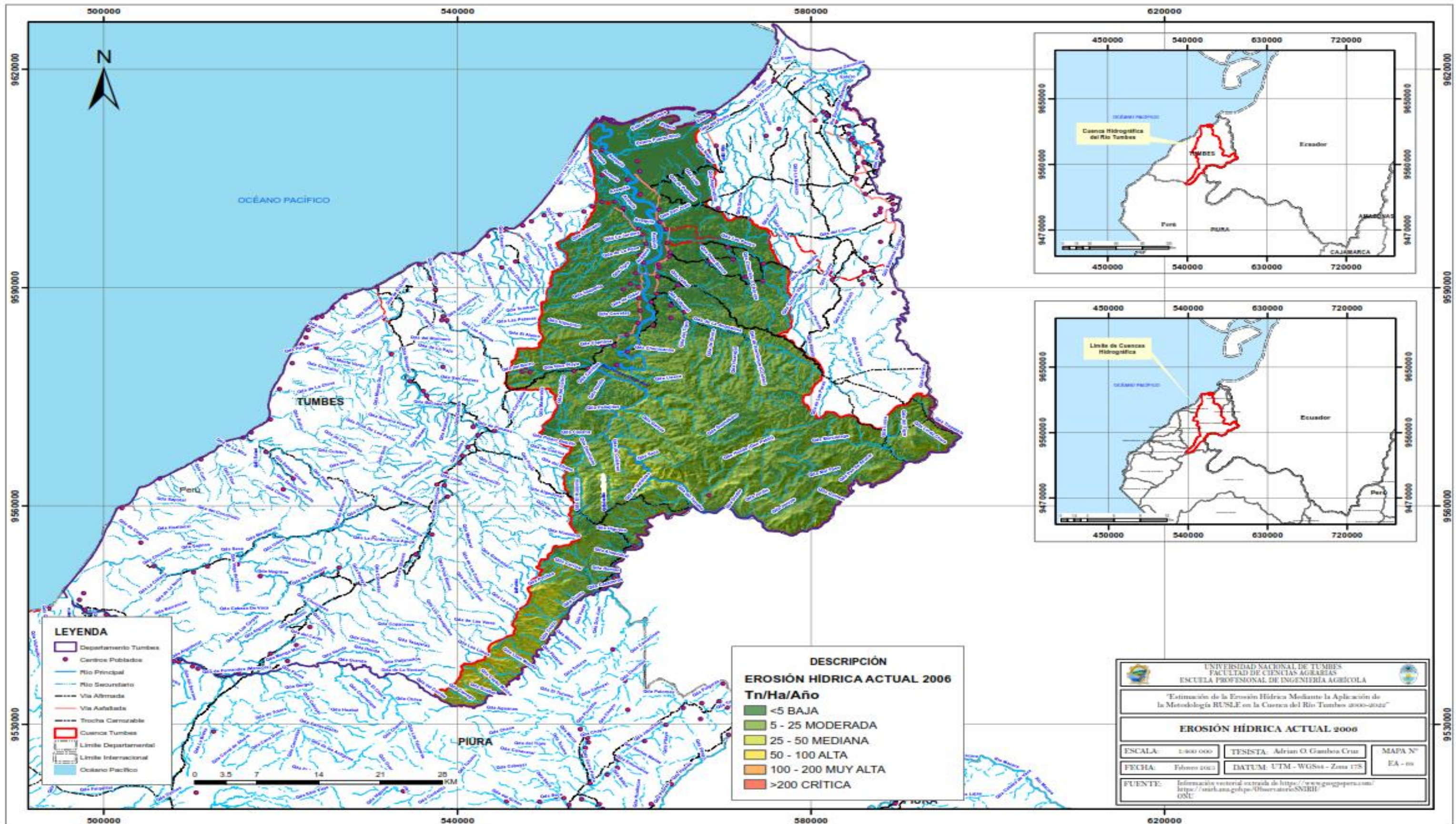
Anexo 76: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2004)



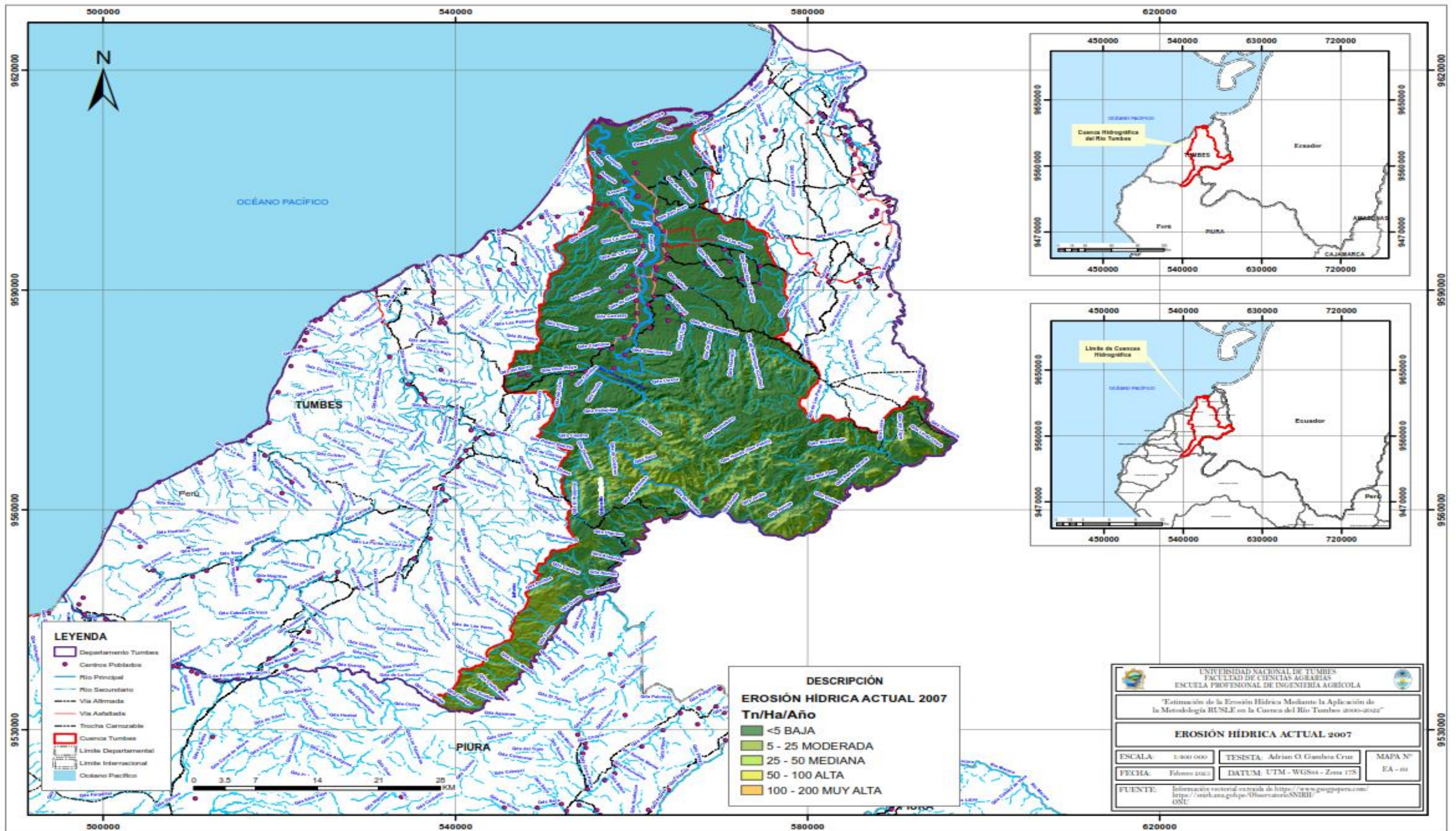
Anexo 77: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2005)



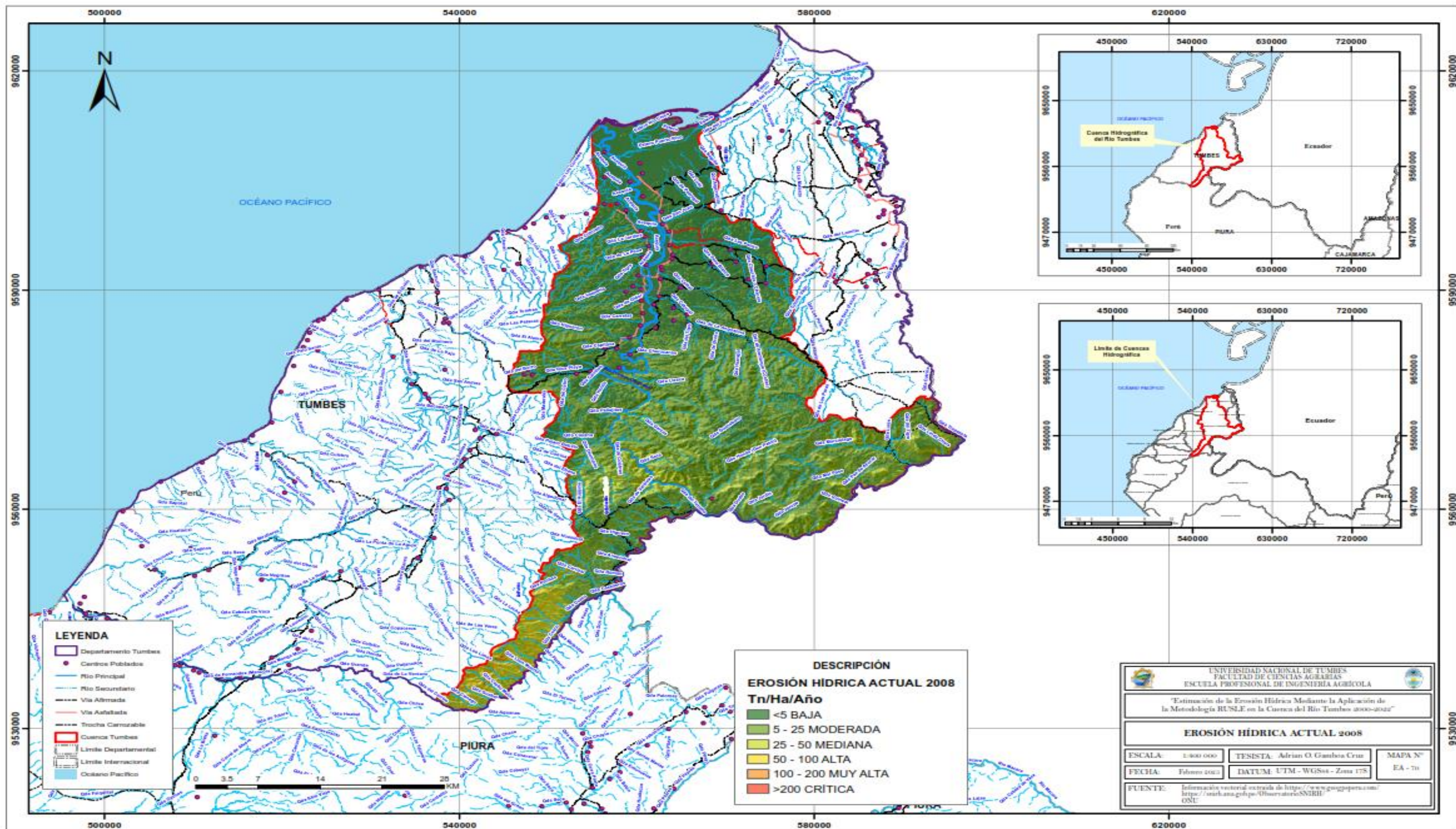
Anexo 78: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2006)



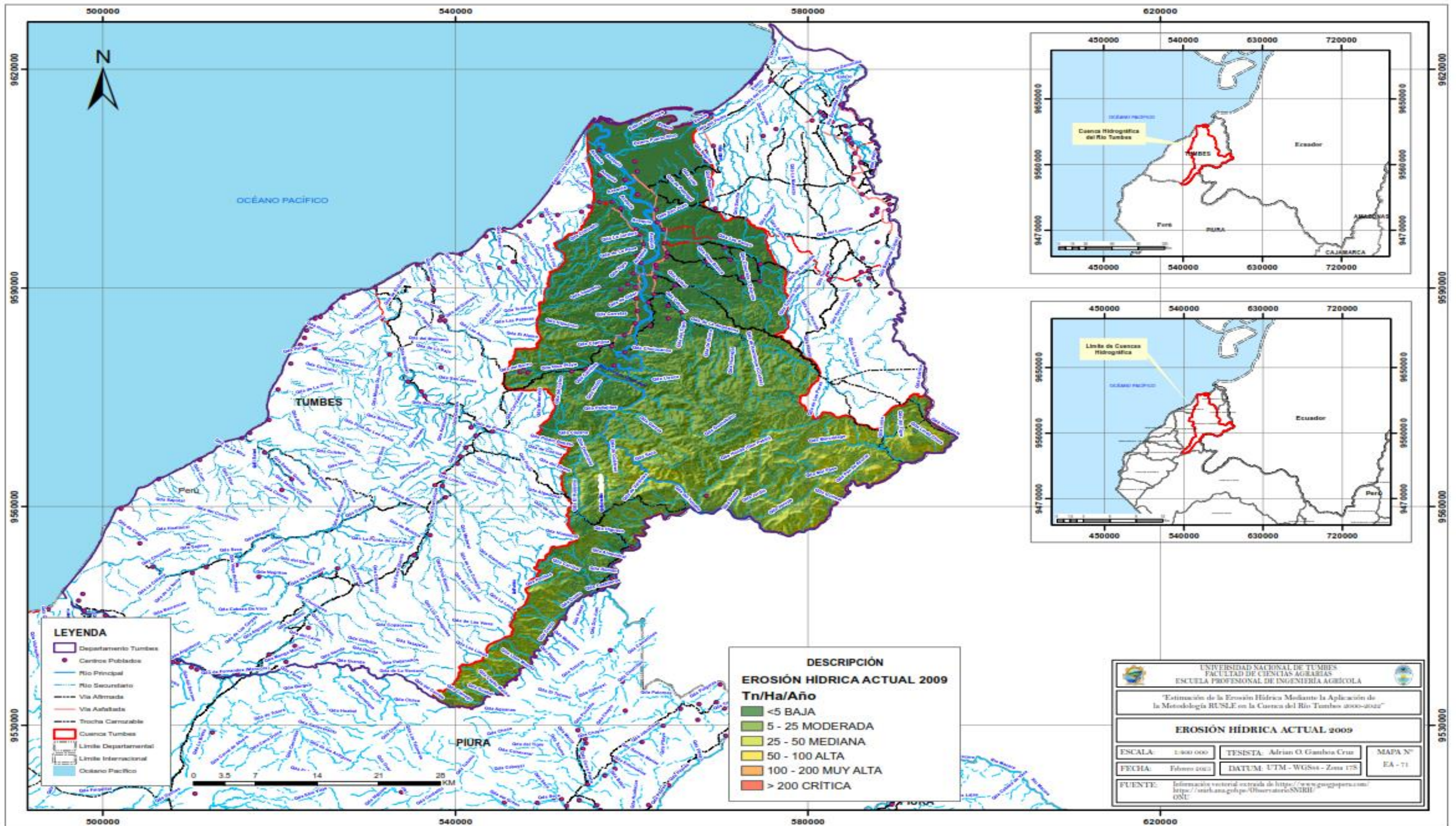
Anexo 79: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2007)



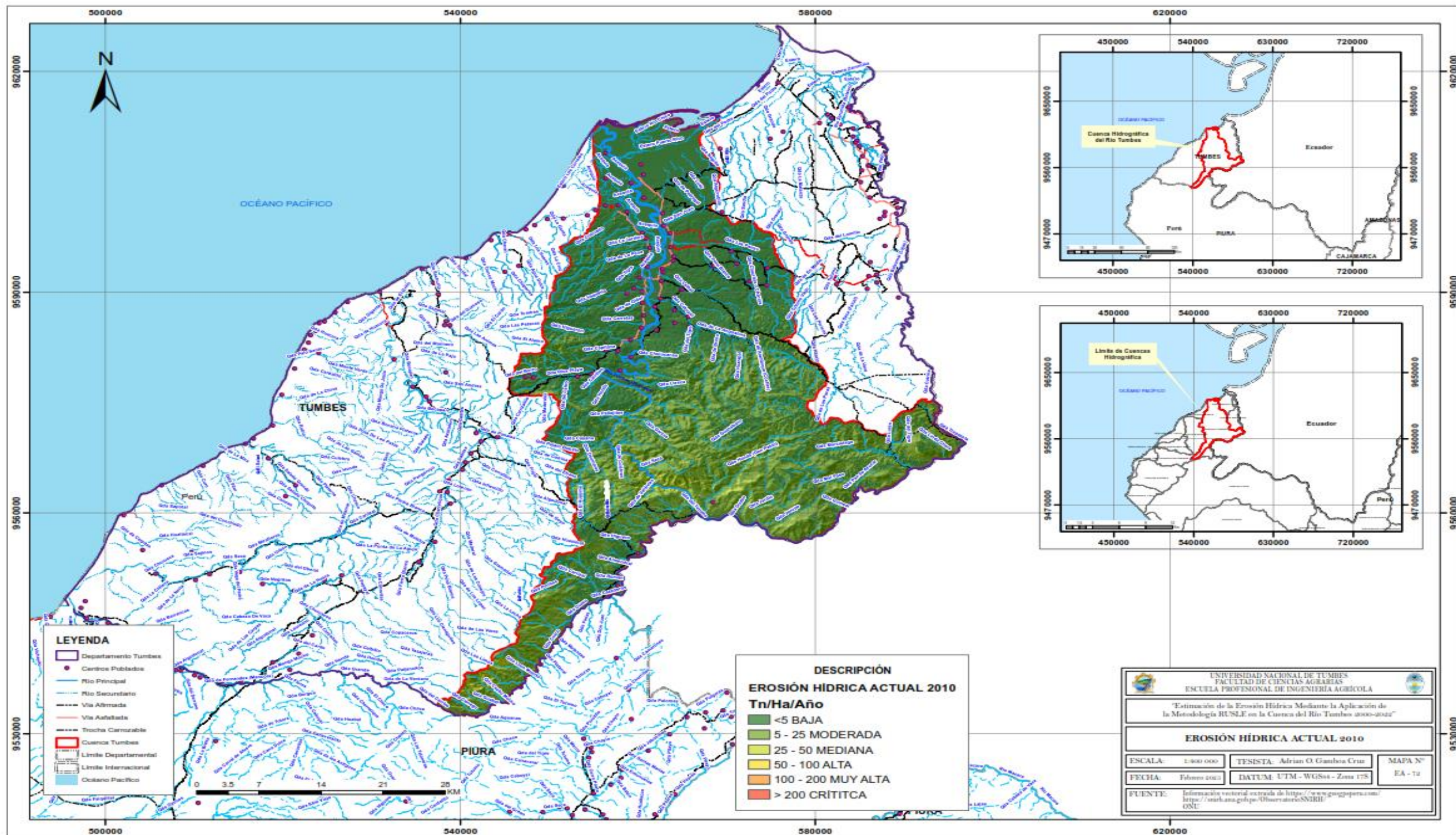
Anexo 80: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2008)



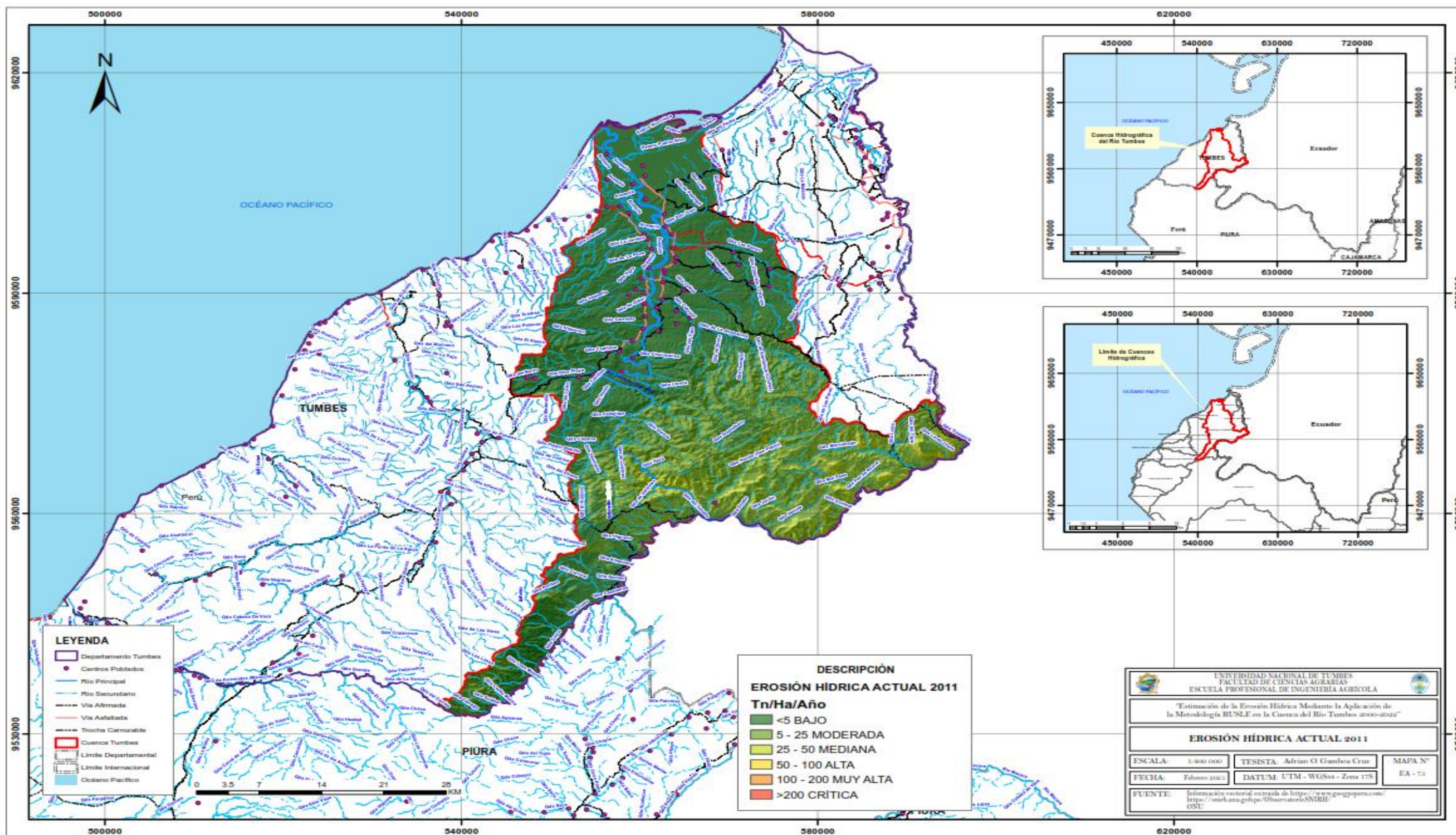
Anexo 81: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2009)



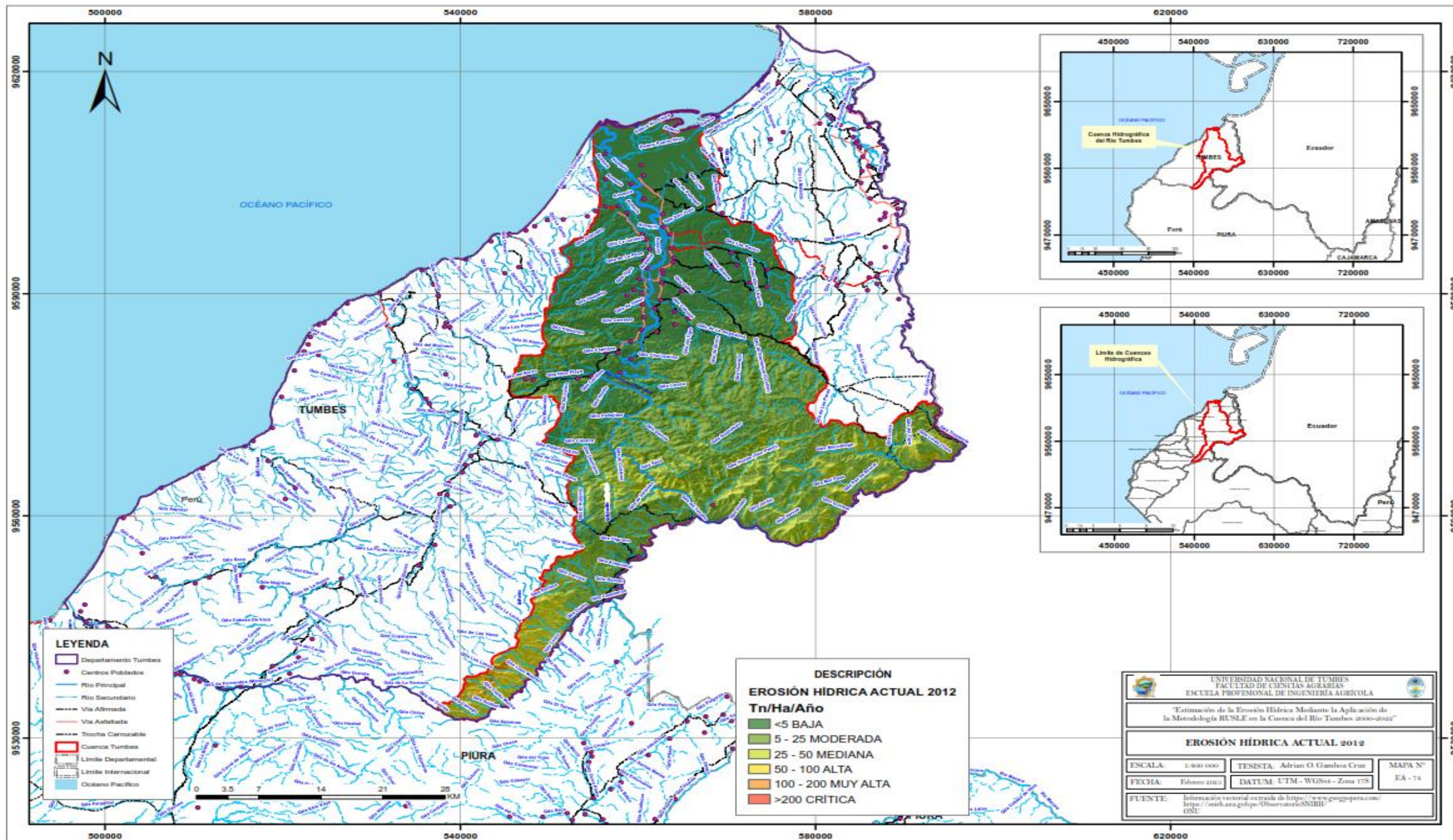
Anexo 82: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2010)



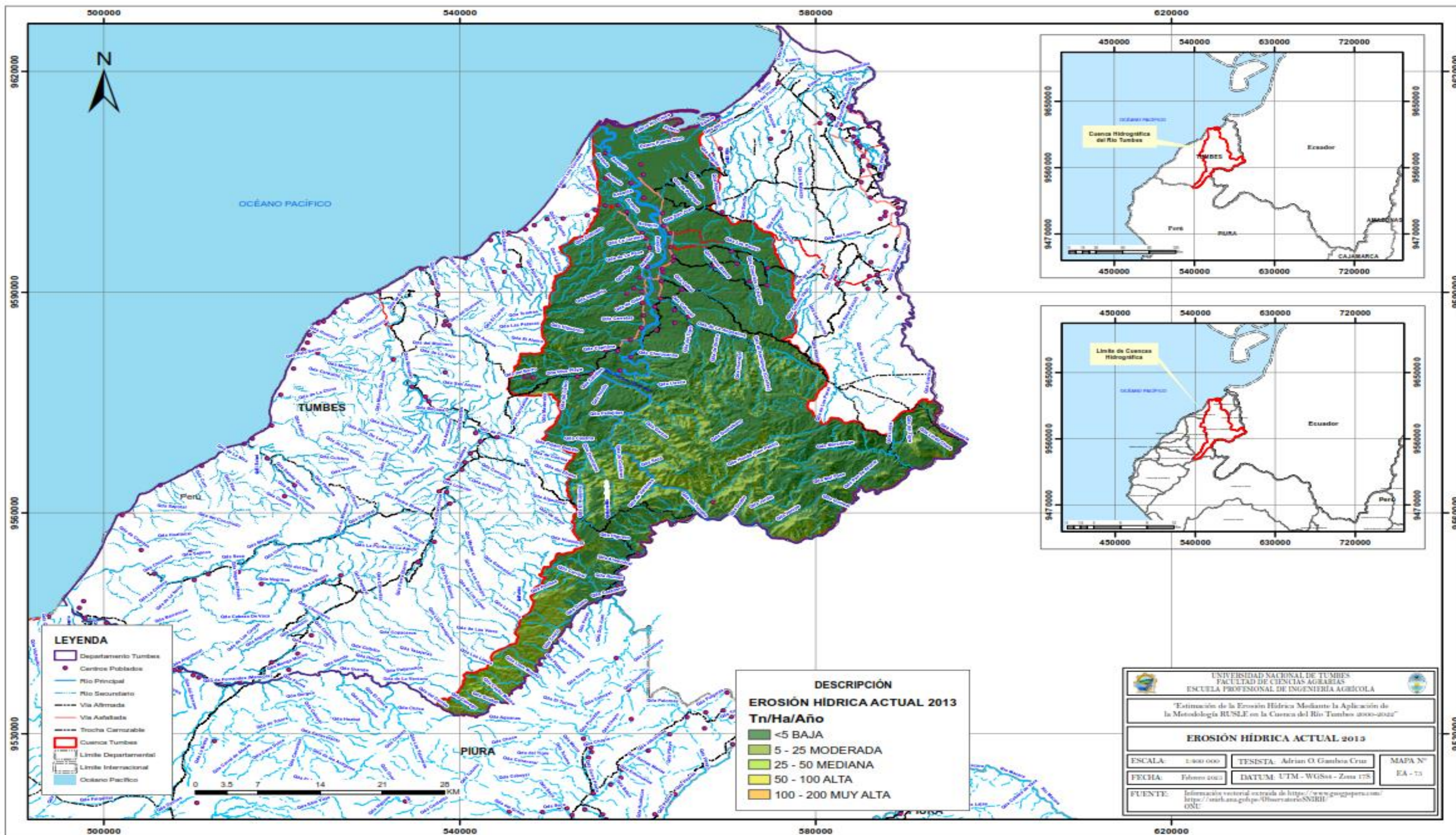
Anexo 83: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2011)



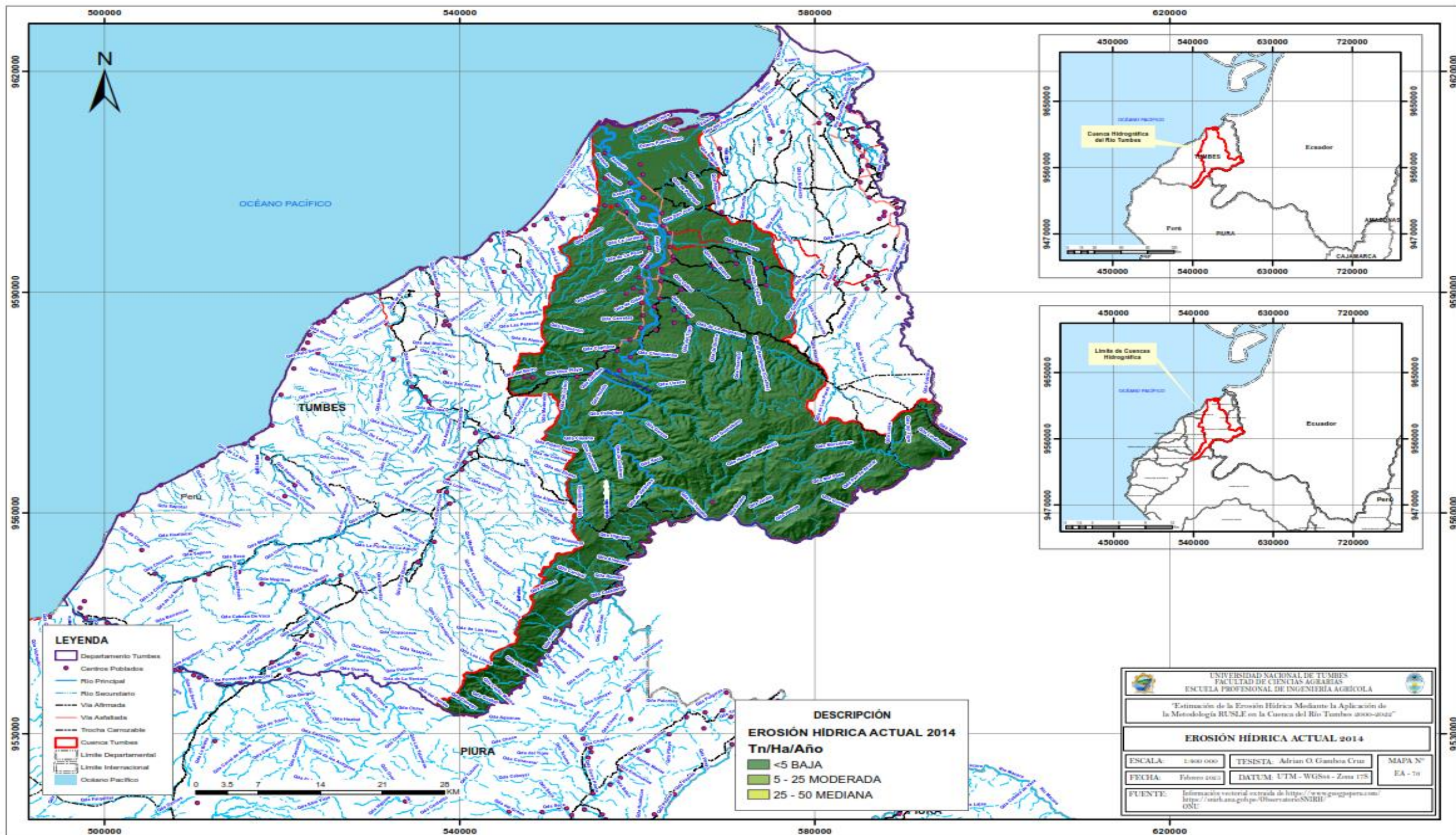
Anexo 84: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2012)



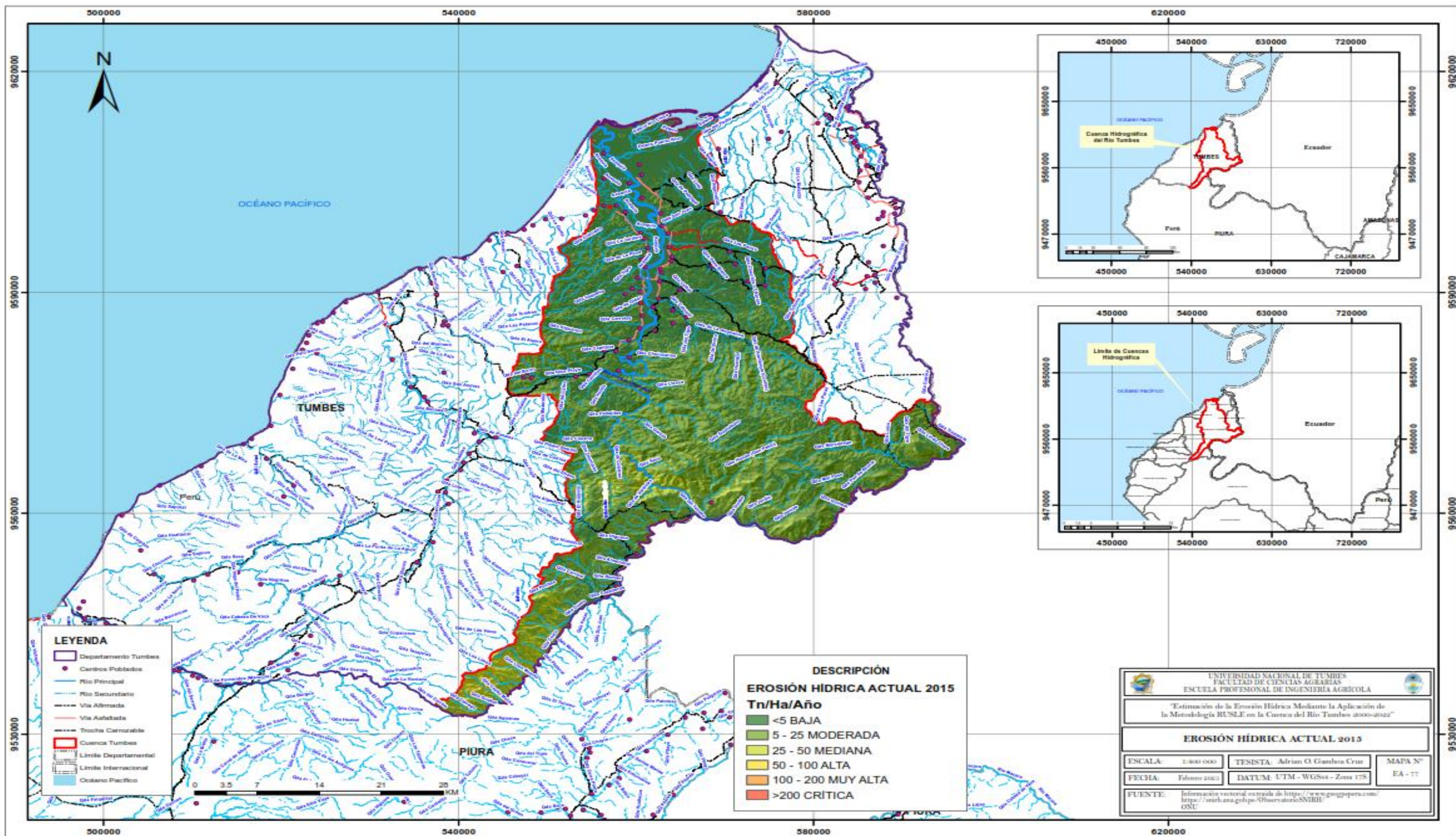
Anexo 85: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2013)



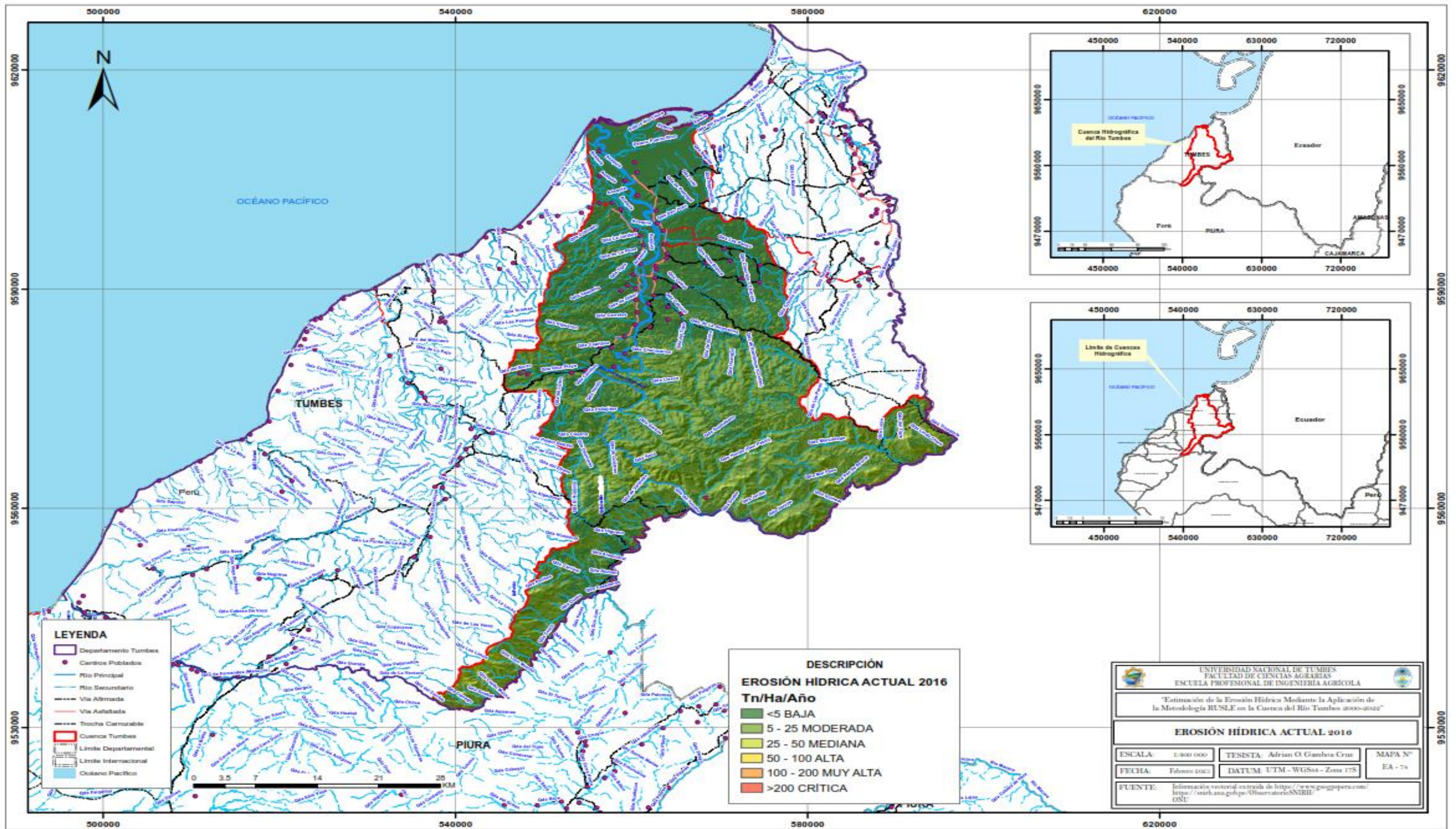
Anexo 86: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2014)



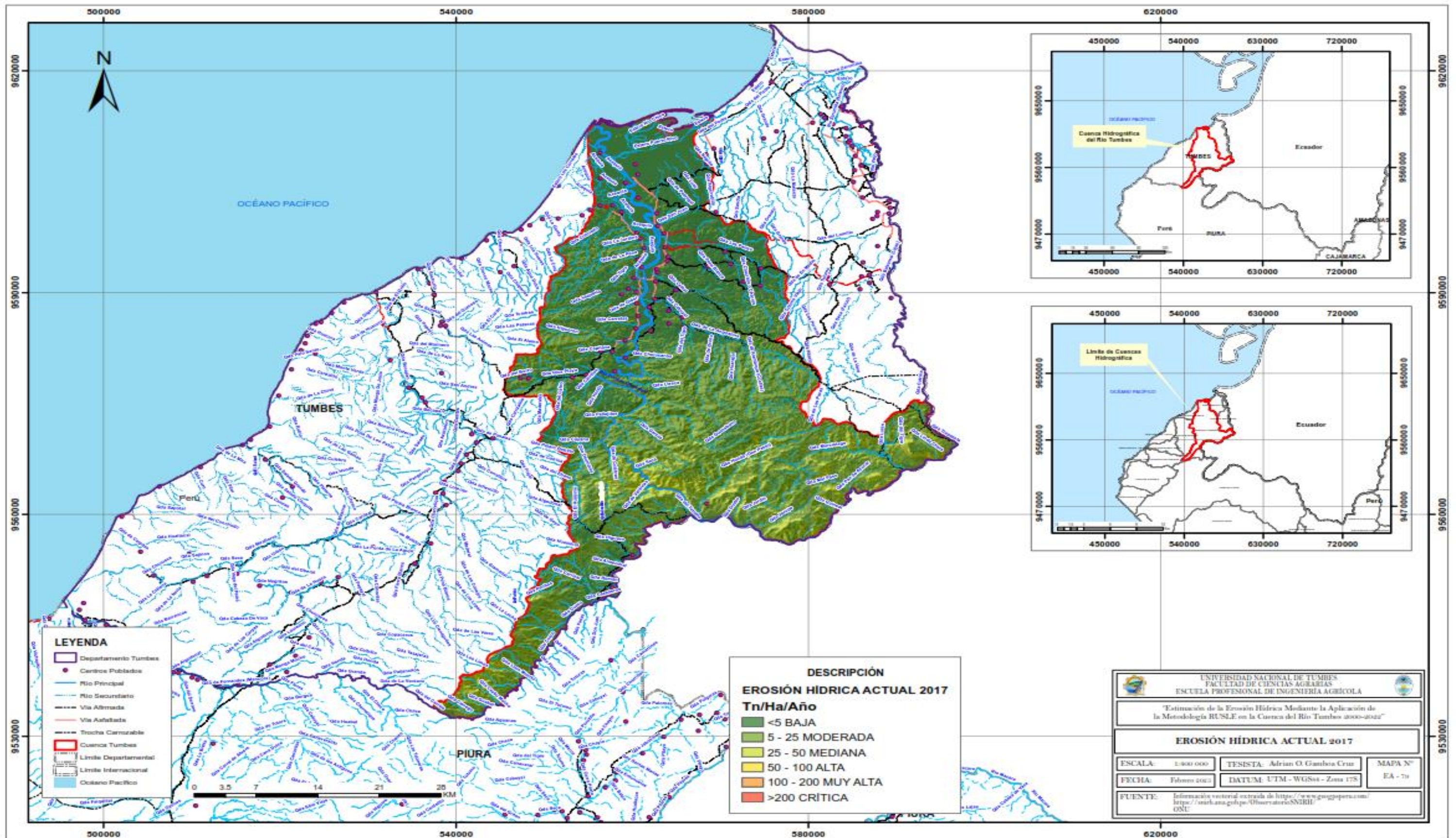
Anexo 87: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2015)



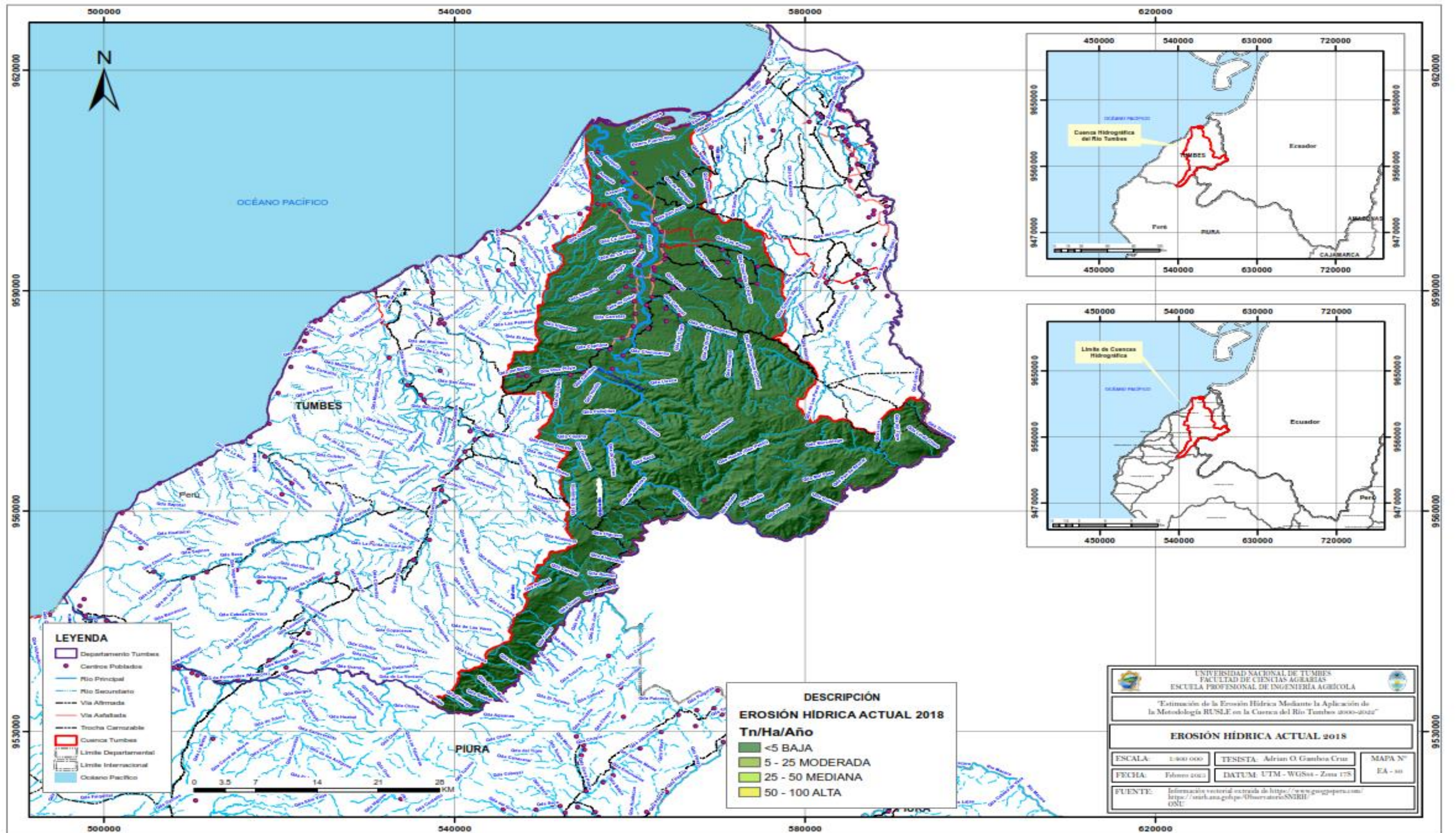
Anexo 88: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2016)



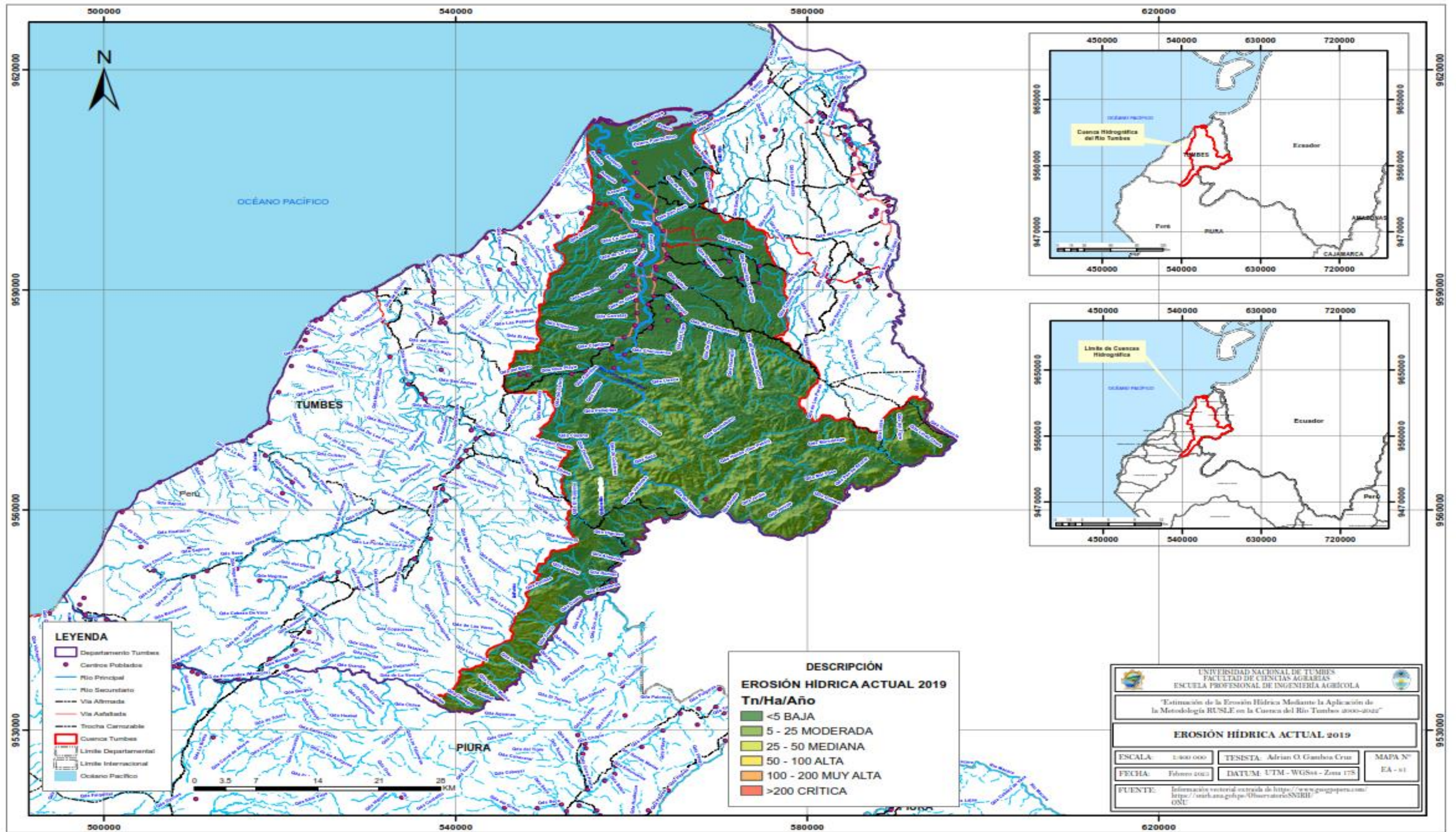
Anexo 89: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2017)



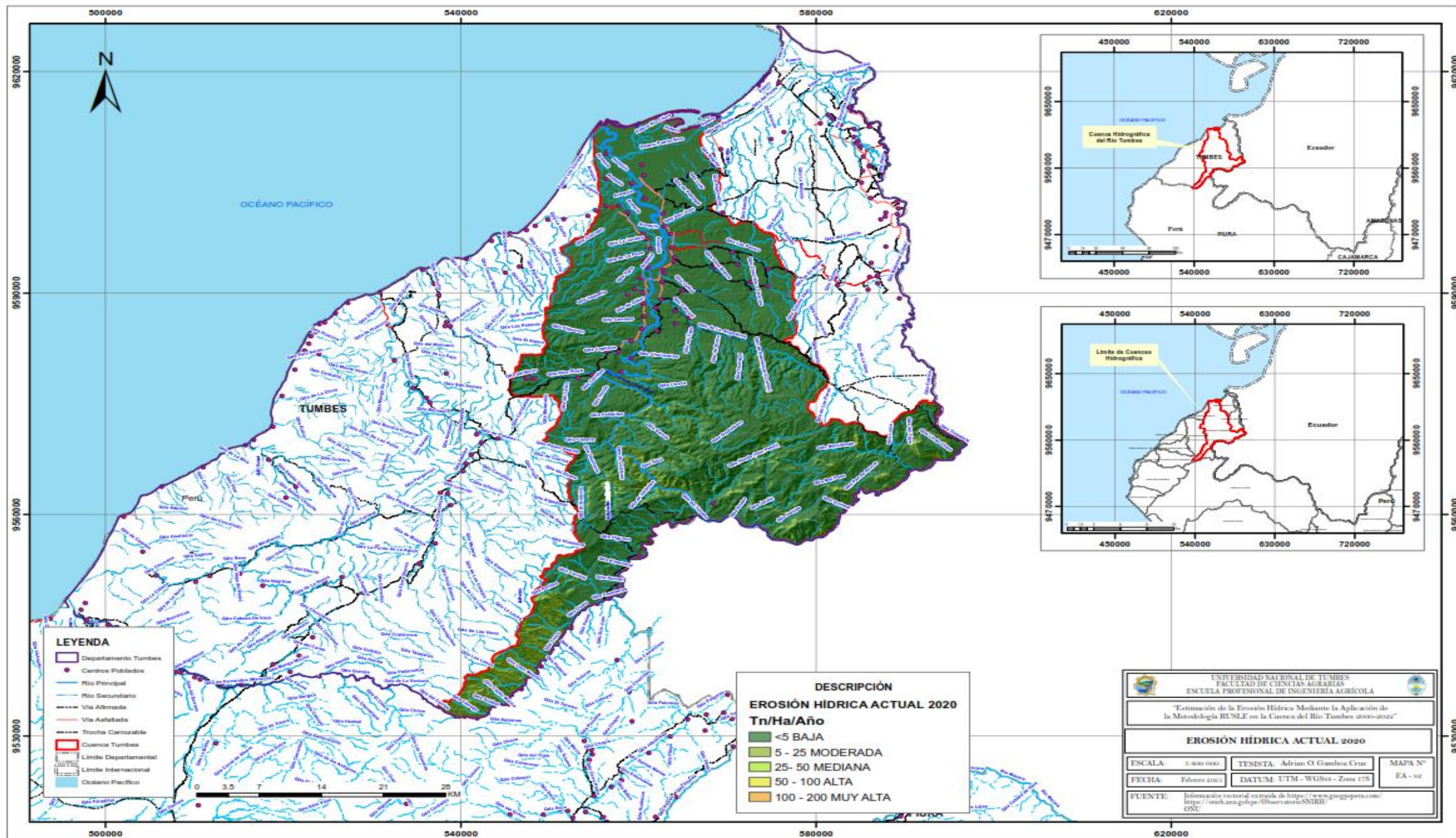
Anexo 90: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2018)



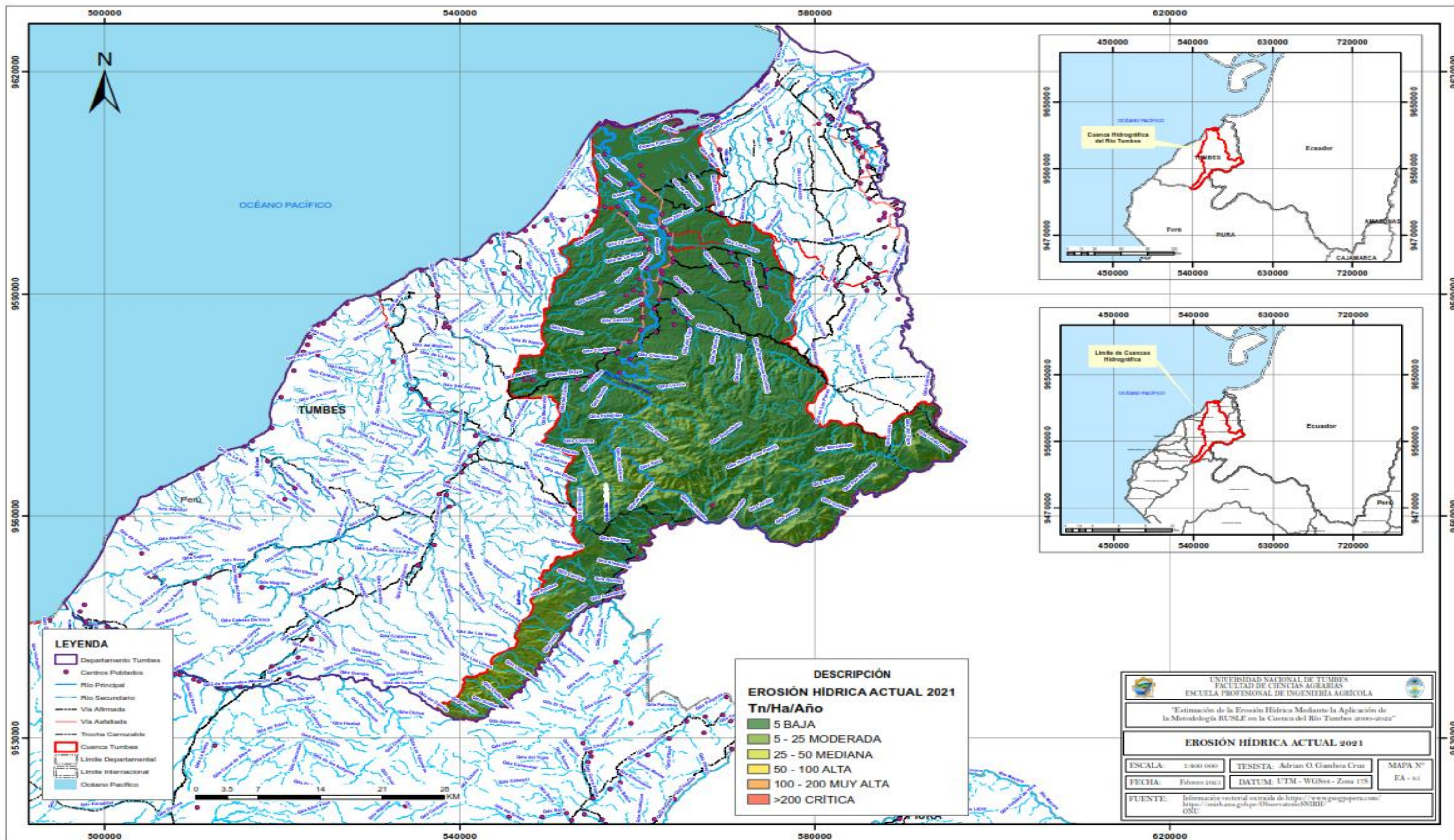
Anexo 91: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2019)



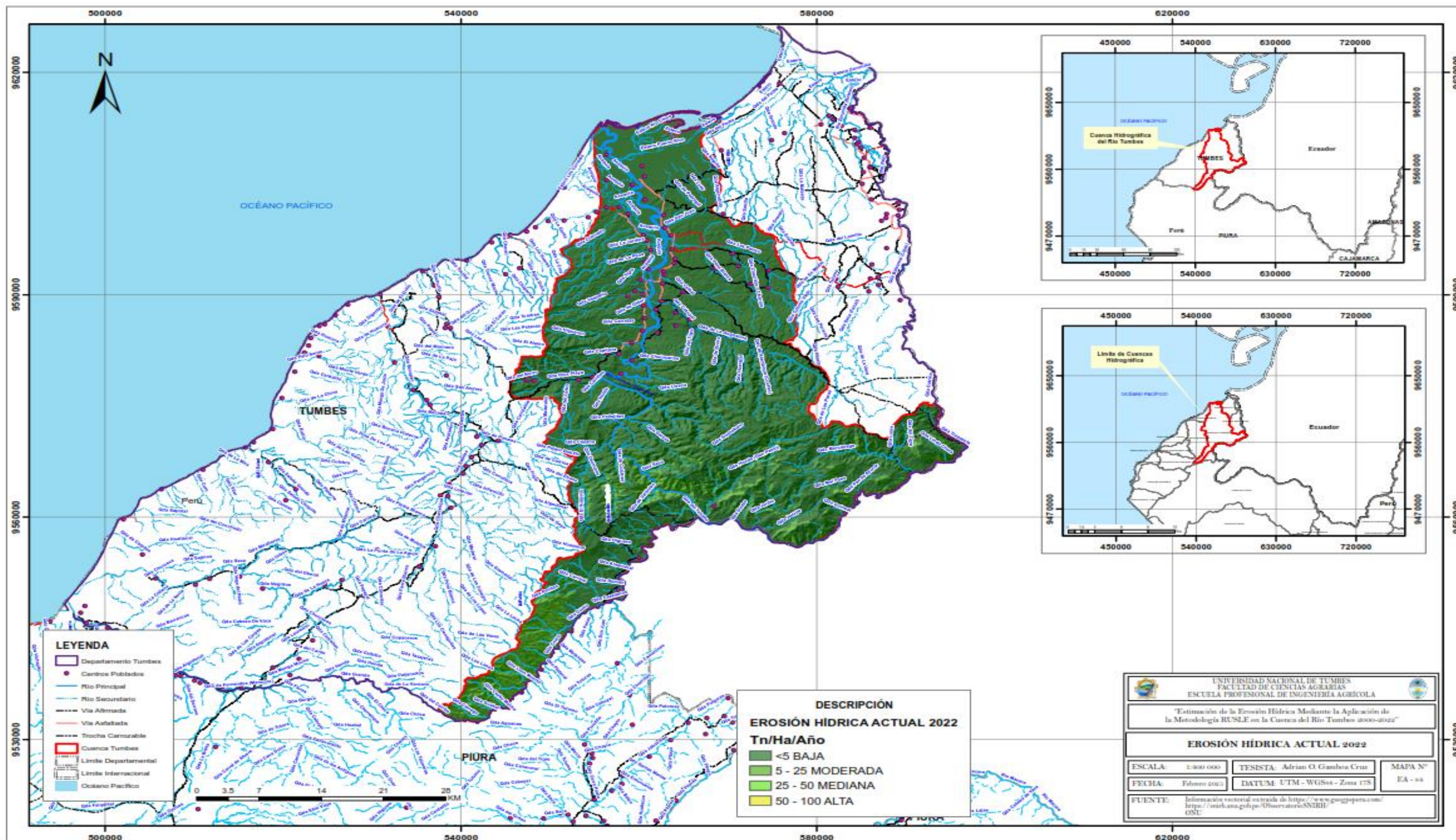
Anexo 92: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2020)



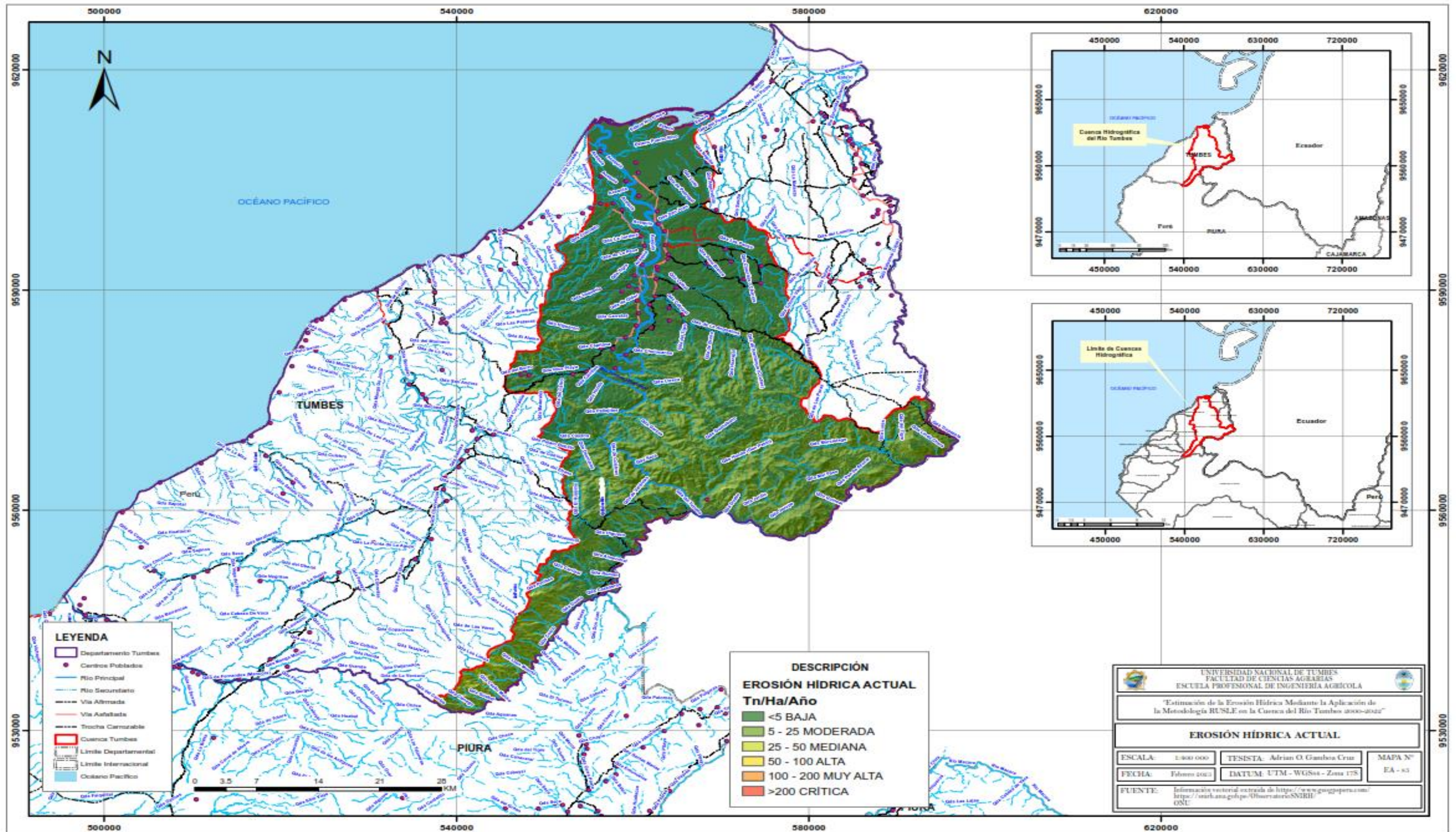
Anexo 93: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2021)



Anexo 94: Mapa de Erosión Hídrica Actual (2022)



Anexo 95: Mapa de Erosión Hídrica Actual promedio



Anexo 96: Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	UNIDADES
<p>“ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA APLICANDO LA METODOLOGÍA RUSLE CON TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO TUMBES 2000-2022”</p>	<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cuál es la tasa de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>- ¿De qué manera intervienen los factores de erosividad, erodabilidad, factor topográfico, cobertura vegetal y prácticas de conservación; en el cálculo de la tasa de erosión hídrica?</p> <p>- ¿Cuáles son niveles de erosión hídrica y potencial en la cuenca del río Tumbes, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección?</p> <p>- ¿Cuáles son las zonas más propensas al riesgo de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Estimar la tasa de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS</p> <p>- Determinar los factores que intervienen en el cálculo de la tasa de erosión hídrica. El factor erosividad, erodabilidad, factor topográfico, cobertura vegetal y prácticas de conservación, para la cuenca del río Tumbes.</p> <p>- Determinar los niveles de erosión hídrica real y potencial, aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río Tumbes.</p> <p>- Identificar las zonas con mayor riesgo de erosión hídrica y proponer medidas de conservación y recuperación.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La tasa de erosión hídrica en la cuenca del río Tumbes puede ser estimada aplicando la metodología RUSLE con técnica de teledetección.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>- Los factores: erosividad, erodabilidad, factor topográfico, cobertura vegetal y prácticas de conservación; tienen vínculo directo en el cálculo de la tasa de erosión hídrica.</p> <p>- Los niveles de erosión hídrica real y potencial pueden ser determinados aplicando la metodología RUSLE con técnicas de teledetección en la cuenca del río Tumbes.</p> <p>- Las zonas más propensas al riesgo de erosión hídrica se presentan en la cabecera de la cuenca del río Tumbes.</p>	<p>VARIABLES</p> <p>INDEPENDIENTES</p> <p>Factores que intervienen en la erosión hídrica</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Erosión Hídrica</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>La población está constituida por todas las cuencas hidrográficas de la región Tumbes.</p> <p>MUESTRA</p> <p>La muestra está constituida por la Cuenca del río Tumbes con un área de 1663.28 km²</p>

Fuente: Elaboración propia