



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

INFORME TÉCNICO

Regionalización de parámetros en cálculo de escorrentía en cuencas pluviales

REALIZADO POR:

División de Estudios y Planificación

SDT N° 321

Santiago, octubre de 2011

Jefe División de Estudios y Planificación

Carlos Salazar Méndez

Equipo de trabajo

Christina Maren Ude

Contenido

1	Introducción y Resumen	1
2	Datos básicos	2
2.1	Caudales	2
2.2	Precipitación.....	2
2.3	Evaporación.....	2
2.4	SIG-Shapes.....	2
3	Cuencas	3
3.1	Creación de las cuencas	3
3.2	Descripción de las cuencas (sin parámetros geomorfológicos).....	5
3.2.1	Proyecto Región VII y VIII	7
3.2.2	Proyecto IX Región	16
3.3	Resumen.....	21
4	Parámetros geomorfológicos	26
4.1	Procedimiento	26
4.2	Presentación de los parámetros	26
4.2.1	Explicación.....	26
4.2.2	Parámetros lineales.....	28
4.2.3	Parámetros areales	29
4.2.4	Parámetros de relieve	30
4.3	Cuadros sinópticos de los parámetros por cada cuenca.....	31
4.3.1	STRAHLER orden de río y valores relacionados.....	31
4.3.2	Otros parámetros.....	32
4.4	Resumen gráfica de las curvas hipsométricas y perfiles altimétricos.....	35
4.5	Análisis de los parámetros y resultados.....	37
4.5.1	Procedimiento	37
4.5.2	Análisis de las curvas hipsométricas y perfiles altimétricos.....	38
4.5.3	Parámetros en relación con los caudales.....	42
4.5.4	Parámetros en relación con los demás	47
4.5.5	Resumen.....	49
5	Análisis y selección de los datos.....	50

5.1	Procedimiento	50
5.2	Datos de los caudales.....	51
5.2.1	Análisis de datos diarios	51
5.2.2	Asignación de las cuencas a los regímenes pluvial/nival	58
5.3	Análisis de datos diarios de la precipitación	59
5.4	Análisis de datos diarios de la evaporación	64
5.5	Períodos de calibración y validación	66
5.5.1	Procedimiento	66
5.5.2	Selección de estaciones.....	67
5.5.3	Resultados	72
5.6	Medias anuales – Puntual, Isohietas y Thiessen-polígonos	73
5.6.1	Procedimiento	73
5.6.2	Precipitación.....	74
5.6.3	Evaporación.....	78
5.7	Valores Medios diarios – Thiessen-polígonos.....	80
5.7.1	Procedimiento	80
5.7.2	Precipitación.....	80
5.7.3	Evaporación.....	82
5.8	Distribución horaria de datos.....	83
5.8.1	Precipitación.....	83
5.8.2	Evaporación.....	88
6	Conclusiones.....	88
7	Bibliografía	89
Anexo A	– Gráficos – Datos diarios de los caudales [m³/s].....	90
Anexo B	– Gráficos – Weibull / Curva de variación estacional.....	117
Anexo C	– Gráficos – Datos diarios de la precipitación [mm].....	128
Anexo D	– Gráficos – Comparación datos diarios de la precipitación y caudales.....	238
Anexo E	– Gráficos – Datos diarios de la evaporación [mm].....	265

Tablas

Tabla 1: Comparación de las áreas.....	4
Tabla 2: Resumen de uso de suelo.....	22
Tabla 3: Resumen de geología	23
Tabla 4: Resumen de intervención humana.....	24
Tabla 5: Grupos – Uso de Suelo y Área	25
Tabla 6: Parámetros geomorfológicos	27
Tabla 7: Parámetros geomorfológicos (lineales).....	28
Tabla 8: Parámetros geomorfológicos (areales)	29
Tabla 9: Parámetros geomorfológicos (de relieve).....	30
Tabla 10: STRAHLER orden de río y valores relacionados por todas las cuencas	31
Tabla 11: Parámetros geomorfológicos (lineales) – Resultados para las cuencas.....	32
Tabla 12: Parámetros geomorfológicos (areales) – Resultados para las cuencas	33
Tabla 13: Parámetros geomorfológicos (de relieve) – Resultados para las cuencas	34
Tabla 14: Resultados curvas hipsométricas	38
Tabla 15: Grupos Perfiles altimétricos	40
Tabla 16: Grupos Área – Resultados de D2.....	46
Tabla 17: Grupos Orden de corriente – Resultados de D2.....	46
Tabla 18: Relación Q y Parámetros geomorfológicos – Tabla visual (parte).....	47
Tabla 19: Diferencias de los caudales calculados y medidos – Relaciones D2, C5 y C9.....	49
Tabla 20: Resumen datos de los caudales – todos los cuencas	52
Tabla 21: Régimen de las cuencas – nival / pluvial	58
Tabla 22: Resumen errores de los datos de la precipitación – todas las estaciones	61
Tabla 23: Resumen datos de la precipitación – parte 1	62
Tabla 24: Resumen datos de la precipitación – parte 2.....	63
Tabla 25: Resumen de errores de los datos de la evaporación – todas las estaciones	64
Tabla 26: Resumen datos de la evaporación	65
Tabla 27: Resumen de datos climáticos– Cuenca Río Lirquén	66
Tabla 28: Períodos de calibración y validación	72
Tabla 29: Resumen precipitación media anual	75
Tabla 30: Resumen relación Qma (caudal medio anual) y precipitación.....	78
Tabla 31: Resumen evaporación media anual	79
Tabla 32: Resumen de datos faltanos - precipitación	81
Tabla 33: Resumen de datos faltanos - evaporación	82
Tabla 34: Resumen datos de la precipitación (pluviográficas).....	83
Tabla 35: Selección de las estaciones pluviográficas - cuencas	84
Tabla 36: Datos pluviográficos – original	85
Tabla 37: Datos pluviográficos – forma nueva.....	85
Tabla 38: Distribución porcentual – 12 grupos	86
Tabla 39: Distribución horaria – 12 grupos	86
Tabla 40: Distribución de horas a base en estaciones	87
Tabla 41: Distribución horaria – 6 grupos, Bullileo Embalse.....	87

Ilustraciones

Ilustración 1: Cuencas del proyecto	6
Ilustración 2: Uso de suelo y Geología (Estero el Manzano antes Junta Río Teno)	7
Ilustración 3: Uso de suelo y Geología (Río Andalien Camino a Penco).....	7
Ilustración 4: Uso de suelo y Geología (Río Butamalal en Butamalal)	8
Ilustración 5: Uso de suelo y Geología (Río Caramávida en Caramávida).....	8
Ilustración 6: Uso de suelo y Geología (Río Carampangue en Carampangue).....	9
Ilustración 7: Uso de suelo y Geología (Río Cauquenes en El Arrayan)	9
Ilustración 8: Uso de suelo y Geología (Río Cayucupil en Cayucupil).....	10
Ilustración 9: Uso de suelo y Geología (Río Diguillin en San Lorenzo)	10
Ilustración 10: Uso de suelo y Geología (Río Laraquete en el Cajón)	11
Ilustración 11: Uso de suelo y Geología (Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos))	11
Ilustración 12: Uso de suelo y Geología (Río Lirquén en Cerro El Padre)	12
Ilustración 13: Uso de suelo y Geología (Río Lonquén en Trehuaco)	12
Ilustración 14: Uso de suelo y Geología (Río Malleco en Collipulli)	13
Ilustración 15: Uso de suelo y Geología (Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco).....	13
Ilustración 16: Uso de suelo y Geología (Río Nicodahue en Pichún)	14
Ilustración 17: Uso de suelo y Geología (Río Pingueral en Dichato)	14
Ilustración 18: Uso de suelo y Geología (Río Purapel en Nirivilo).....	15
Ilustración 19: Uso de suelo y Geología (Río Reputo en Reputo)	15
Ilustración 20: cuenca Estero Chufquen en Chufquen.....	16
Ilustración 21: Uso de suelo y Geología (Estero Chufquen en Chufquen)	16
Ilustración 22: Uso de suelo y Geología (Río Allipen en los Laureles).....	17
Ilustración 23: Uso de suelo y Geología (Río Cautin en Rari-Ruca).....	17
Ilustración 24: Uso de suelo y Geología (Río Dónguila en Gorbea)	18
Ilustración 25: Uso de suelo y Geología (Río Lumaco en Lumaco).....	18
Ilustración 26: Uso de suelo y Geología (Río Puyehue en Quitratue)	19
Ilustración 27: Uso de suelo y Geología (Río Quillen en Galvarino).....	19
Ilustración 28: cuenca Río Quillen en Galvarino	20
Ilustración 29: Uso de suelo y Geología (Río Trancura antes Río Llafenco).....	20
Ilustración 30: Curvas hipsométricas – Cuencas Región VII	35
Ilustración 31: Curvas Hipsométricas – Cuencas Región VIII	35
Ilustración 32: Curvas hipsométricas – Cuencas Región IX	35
Ilustración 33: Perfiles altimétricos.....	36
Ilustración 34: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 1	39
Ilustración 35: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 2	39
Ilustración 36: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 3	39
Ilustración 37: Perfiles altimétricos – Grupo 1.....	40
Ilustración 38: Perfiles altimétricos – Grupo 2.....	41

Ilustración 39: Perfiles altimétricos – Grupo 3	41
Ilustración 40: Relación de Caudal Q y Area A – Gráficos	42
Ilustración 41: Relación de Caudal Q y Area A1 – Gráficos	42
Ilustración 42: Relación de Caudal Q y C5 – Gráficos.....	43
Ilustración 43: Relación de Caudal Q y C9 – Gráficos.....	43
Ilustración 44: Relación de Caudal Q y C16 – Gráficos.....	44
Ilustración 45: Relación de Caudal Q y D1 – Gráficos	44
Ilustración 46: Relación de Caudal Q y D2 – Gráficos	44
Ilustración 47: Relación de ΣL_i y L1 – Gráficos	48
Ilustración 48: Relación de A y A1 – Gráficos.....	48
Ilustración 49: Caudales Río Cauquenes en el Arrayan – Años 1945-1969 malos	53
Ilustración 50: Aforos sistemáticos (series) y curvas de descarga 1945-1990 – Cauquenes en el Arrayan.....	53
Ilustración 51: Aforos sistemáticos (series) y curvas de descarga 1990-2011 – Cauquenes en el Arrayan.....	54
Ilustración 52: Caudales Estero el Manzano - Puntos ascendentes.....	54
Ilustración 53: Caudales Río Caramávida - Puntos ascendentes.....	55
Ilustración 54: Caudales Río Cayucupíl – Caudal base descendente.....	55
Ilustración 55: Caudales Río Purapél - Puntos ascendentes	56
Ilustración 56: Caudales Río Quillén – Caudal base ascendente.....	56
Ilustración 57: Caudales Río Dónguila - Puntos ascendentes	57
Ilustración 58: Caudales Río Allipén – Caudal base descendente.....	57
Ilustración 59: Pluviómetro	60
Ilustración 60: Comparación estaciones de evaporación: Pucon y Malalcahuello	71
Ilustración 61: Medias anuales – Puntual, Isohietas y Thiessen-polígonos	73
Ilustración 62: Relación precipitación anual y caudal medio anual – Estero Chufquen	76
Ilustración 63: Relación f (pendiente) y precipitación media	77
Ilustración 64: Relación f (pendiente) y PpMA (precipitación media por área).....	77
Ilustración 65: Aplicación de áreas con datos faltados.....	80

1 Introducción y Resumen

El objetivo de este trabajo es intentar establecer criterios de similitud entre cuencas pluviales de la VII, VIII y IX Regiones, con el fin de regionalizar los parámetros del modelo de generación de esorrentía diaria SIMED. Para este efecto se estudiaron 26 cuencas pluviales. El trabajo se dividirá en dos partes: Una primera parte que tratará acerca de los criterios de similitud entre cuencas considerando parámetros geomorfológicos, y una segunda parte que investigará la posible relación de estos parámetros y los parámetros del modelo SIMED. En este trabajo se presentan los resultados de la primera parte.

Para este trabajo se consideraron los datos y resultados de dos proyectos anteriores denominados: "Levantamiento de Parámetros para la modelación de Cuenca pluviales no controladas en la VII y VIII Región" y "Levantamiento de Parámetros para la modelación de Cuencas pluviales no controladas en la IX región de la Araucanía", además de la actualización de los datos meteorológicos y fluviométricos.

En primer lugar, se redefinieron todas las cuencas utilizando el software WMS y también se describen de acuerdo con las características de uso del suelo, geología y la intervención humana (ver capítulo 3).

Se recabó información de parámetros geomorfológicos en la literatura técnica internacional y se han encontrado 49 parámetros en 3 categorías (lineal, areal y de relieve), los cuales han sido calculados para cada una de las 26 cuencas y, a continuación, analizados. Por una parte se examinaron las dependencias de cada parámetro con el caudal y por otro lado las dependencias de cada parámetro entre los demás. Generalmente la relación entre el parámetro con los demás resulta mucho mejor que alguna relación con el caudal. También, no se encontró una clara dependencia dentro de grupos de cuencas. Los cálculos y los resultados se encuentran en el capítulo 4.

Por último, fueron considerados los registros de caudales, precipitación y evaporación, se analizaron y procesaron (véase el capítulo 5) para la posterior simulación. Además del descubrimiento de errores en los datos, a veces muy escasos, se analizó la posible dependencia entre la precipitación anual multiplicada por el área de la cuenca y el caudal medio anual. Un examen ulterior y la aplicación de este resultado se dejarán fuera de esta primera parte. La base de datos puede considerarse como insatisfactoria y en particular la evaporación debe ser considerada con más detalle porque las estaciones no cubren satisfactoriamente la zona de estudio.

2 Datos básicos

2.1 Caudales

Para el presente estudio se consideraron los registros diarios de caudales de 26 estaciones fluviométricas de la DGA. Una estación en la salida de cada cuenca. Una lista completa de las estaciones se encuentra en el Capítulo 5.2. El análisis de los datos se discute en el mismo Capítulo.

2.2 Precipitación

Para las cuencas consideradas en las Regiones VII a IX, se obtuvieron registros de lluvia diaria de 110 estaciones meteorológicas y registros horarios de 9 estaciones de la DGA para su posterior selección. Una lista completa se encuentra en el Capítulo 5.3. La selección de las estaciones y el análisis de los datos se discute en el mismo Capítulo.

2.3 Evaporación

Para las cuencas estudiadas en las Regiones VII a IX, se consideraron los registros diarios de evaporación de 35 estaciones de la DGA para su posterior selección. Una lista completa se encuentra en el Capítulo 5.4. La selección de las estaciones y el análisis de los datos se discute en el mismo Capítulo.

2.4 SIG-Shapes

Además, para este trabajo se dispuso de datos digitales de terreno, los ríos (fuentes_nacional), uso de suelo (Uso_suelo_VII a IX), la geología, la intervención humana tales como bocatomas, embalses, canales, las estaciones meteorológicas, y todos los datos de los dos proyectos anteriores, "Levantamiento de parámetros para la modelación de cuencas pluviales no controladas en la VII y VIII Región " y "Levantamiento de parámetros para la modelación hidrológica de cuencas pluviales no controladas en la IX Región de la Araucanía", los cuales sirvieron de comprobación.

El shape de ríos debió ser procesado manualmente, ya que los cuerpos de agua estaban representados a través de varias líneas (margen izquierda, margen derecha, bancos de arena y ripio, etc.) y se requería, por el camino a seguir, una delimitación clara de los ríos, es decir, sólo una línea por cada cuerpo de agua.

3 Cuencas

3.1 Creación de las cuencas

Para este trabajo se analizaron las 26 cuencas consideradas en los estudios "Levantamiento de parámetros para la modelación de Cuenca pluviales no controladas en la VII y VIII Región" y "Levantamiento de parámetros para la modelación de Cuenca pluviales no controladas en la IX Región de la Araucanía". Dos de las cuencas se encuentran en la VII Región, 13 en la VIII Región y 9 en la IX Región, además de una cuenca en la frontera de la VII y VIII Región y otra cuenca en la frontera de la VIII y IX Región (ver Ilustración 1).

Basado en los GeoTIFs SRTM_22-19 y SRTM_22-20, se generaron las cuencas pertenecientes a las estaciones fluviométricas mediante el programa WMS Watershed Modeling System. WMS calcula sus propias rutas de flujo desde los datos de terreno y requiere que se le proporcione un punto de salida (la estación fluviométrica) en este trazado de flujo y posteriormente delinea la cuenca encima de él. Dependiendo de la exactitud de los datos de terreno, pueden ocurrir algunas desviaciones de las rutas de flujo y por tanto del río real, generando un error en la delimitación de las cuencas.

Las cuencas generadas fueron importadas en ArcGIS y se verificaron con el Shape de ríos denominado fuentes_nacional.shp y el modelo digital de elevación. Esta verificación mostró algunas diferencias significativas de las cuencas reales que fueron corregidas manualmente en ArcGIS. También, con una excepción (Río Lonquén en Trehuaco), se verificaron pequeñas diferencias con las cuencas de los dos proyectos anteriores. La Tabla 1 compara los diferentes tamaños de las cuencas.

La corrección directa de las cuencas en WMS no fue posible, por tanto, se consideró adecuado desechar los cálculos de pendiente media y superficie que genera el este programa.

Cuencas	Area [km2]			Diferencias [km2]	
	WMS	DGA-2008	DGA-2011	DGA-2008/2011	WMS/DGA-2011
Región VII y VIII					
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	133,11	133,30	133,07	0,23	0,04
Río Andalien Camino a Penco	801,25	740,20	745,28	-5,08	55,97
Río Butamalal en Butamalal	118,19	114,43	113,97	0,46	4,22
Río Caramávida en Caramávida	149,57	148,97	149,55	-0,57	0,03
Río Carampangue en Carampangue	932,99	1204,03	1211,45	-7,42	-278,46
Río Cauquenes en El Arrayan	624,66	625,57	623,42	2,15	1,24
Río Cayucupil en Cayucupil	168,84	168,73	168,83	-0,10	0,01
Río Diguillin en San Lorenzo	209,10	199,22	208,32	-9,09	0,78
Río Laraquete en el Cajón	36,13	38,77	36,10	2,67	0,03
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	656,26	717,38	734,05	-16,67	-77,79
Río Lirquén en Cerro El Padre	104,94	101,52	106,43	-4,91	-1,49
Río Lonquén en Trehuaco	1182,77	1090,88	1178,41	-87,53	4,36
Río Malleco en Collipulli	419,93	410,02	415,59	-5,57	4,34
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	161,93	161,62	161,89	-0,28	0,04
Río Nicodahue en Pichún	741,57	791,99	792,52	-0,54	-50,95
Río Pingueral en Dichato	240,53	252,01	240,49	11,52	0,04
Río Purapel en Nirivilo	263,63	288,61	263,39	25,22	0,24
Río Reputo en Reputo	16,75	14,30	16,72	-2,42	0,03
Región IX					
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	728,80	708,01	716,37	-8,36	12,43
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	1686,23	1635,33	1644,53	-9,20	41,70
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1304,59	1296,57	1303,66	-7,09	0,93
RIO DONGUIL EN GORBEA	740,91	737,10	733,01	4,08	7,90
RIO LUMACO EN LUMACO	1035,97	1020,68	1021,44	-0,76	14,53
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	149,12	148,84	148,57	0,27	0,55
RIO QUILLEN EN GALVARINO	717,94	713,14	708,37	4,77	9,57
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1412,68	1406,82	1413,30	-6,47	-0,62

Tabla 1: Comparación de las áreas

3.2 Descripción de las cuencas (sin parámetros geomorfológicos)

Uso de suelo

El Shape de uso del suelo disponible para la cuenca del “Río Trancura antes de Llafenco” estaba incompleto, y para algunas otras cuencas existe un conflicto con el uso de suelo que muestra Google Earth. Las correcciones a estos tópicos se analizaron en forma individual, corrigiendo generalmente el shape de uso de suelo con un aumento de la superficie considerada a terrenos agrícolas.

Geología

Sobre la base de la geodatabase, Geologia.gdb de la DGA, se han definido en el área de estudio el tipo de formación rocosa para cada cuenca. Las abreviaturas originales del mapa geológico de Chile (Servicio Nacional de Geología y Minería) quedaron como una descripción completa de las abreviaturas individuales, esta descripción es amplia y puede consultarse en la leyenda del mapa geológico de Chile. Para una mejor visión general, en el Capítulo 3.3, se ha hecho una clasificación de las rocas en sus clases de desarrollo: secuencias sedimentarias, secuencias volcanosedimentarias, secuencias volcánicas, rocas intrusivas y rocas metamórficas.

Las cuencas en orden alfabético se describen a continuación por separado, estas cuencas son las consideradas en las Regiones VII y VIII (proyecto DGA 2008) y Región IX (proyecto DGA 2009). Una visión general de las cuencas se muestra en la Ilustración 1.



Ilustración 1: Cuencas del proyecto

3.2.1 Proyecto Región VII y VIII

Estero El Manzano Antes Junta Río Teno

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Estero el Manzano antes junta río Teno” es la cuenca ubicada más norte de las cuencas estudiadas y está a pocos kilómetros al este de Curicó en la VII Región. Con un área de 133,1 km² es una de las más pequeñas. La cuenca se caracteriza por su ubicación a los pies de la Cordillera de los Andes y por una alta proporción de bosque (en torno a un 51%) y con muy pocos terrenos agrícolas. Posee 12 km de canales, 5 bocatomas. Las rocas de la clase de secuencias volcanosedimentarias representan la mayor parte del suelo con un 76 %.



Ilustración 2: Uso de suelo y Geología (Estero el Manzano antes Junta Río Teno)

Río Andalien Camino a Penco

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Andalien Camino a Penco” está situada en la VIII Región y al este se conecta con la ciudad de Concepción. Con un área de 745,3 km² es una de las cuencas consideradas en el presente estudio como mediana a grande. La cuenca se caracteriza porque se ubica en el borde costero, por poseer una alta proporción de bosque (en torno al 69%) y un sustrato casi homogéneo con rocas de la clase de rocas intrusivas.



Ilustración 3: Uso de suelo y Geología (Río Andalien Camino a Penco)

Río Butamalal en Butamalal

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Butamalal en Butamalal” está situada al sur de la VIII Región, en la frontera de la IX Región, al sureste de Cañete. Con un área de unos 114 km², es una de las cuencas consideradas como pequeñas en el presente estudio. La cuenca se caracteriza por estar situada en la Cordillera de la Costa, además de poseer una parte importante de bosque (en torno a 91%). Las rocas de la clase de rocas intrusivas representan la mayor parte del suelo con 71 %.

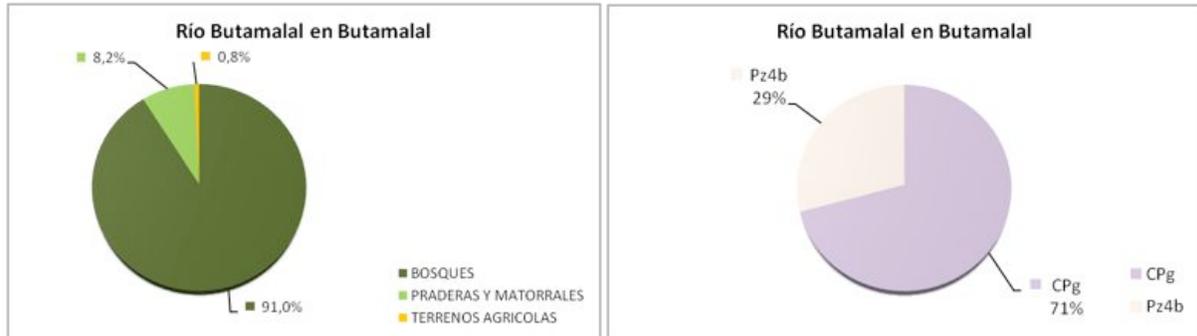


Ilustración 4: Uso de suelo y Geología (Río Butamalal en Butamalal)

Río Caramávida en Caramávida

La cuenca definida aguas arriba de la estación “Río Caramávida en Caramávida” está situada al sur de la VIII Región, en la frontera con la IX Región, al nororiente de Cañete. Con un área de la cuenca de 149,6 km² es una de las cuencas consideradas como pequeñas. La cuenca se caracteriza por estar situada en la Cordillera de la Costa y porque la cobertura de bosque alcanza un 95%. Las rocas de la clase de rocas metamórficas representan la mayor parte del suelo con un 88%.



Ilustración 5: Uso de suelo y Geología (Río Caramávida en Caramávida)

Río Carampangue en Carampangue

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Carampangue en Carampangue” está situada al sur de la VIII Región, al sur de Arauco. Con un área de aproximadamente de 1211,5 km², es una de las mayores cuencas consideradas en este estudio. La cuenca se caracteriza por estar ubicada cerca del borde costero, además de poseer una alta cobertura de bosque (en torno 86%). Las rocas de las clases rocas intrusivas y metamórficas con 44% y 33% forman la mayor parte del suelo. La ciudad de Carampangue está situada dentro del área cubierta por la cuenca, a la salida de la misma.



Ilustración 6: Uso de suelo y Geología (Río Carampangue en Carampangue)

Río Cauquenes en El Arrayan

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Cauquenes en El Arrayan” se ubica en la frontera de las Regiones VII y VIII al sur - sureste de Cauquenes. Con un área de aproximadamente 623,4 km² es una de las cuencas consideradas mediana a grande. La cuenca se caracteriza por estar situada en el interior de la Cordillera de la Costa, con una zona agrícola de aproximadamente 37% y una proporción de bosque del 46%. Se han corregido 163,9 km² de superficie de uso de suelo, utilizando las fotografías satelitales de GoogleEarth, que se desglosan en 21,8 km² de praderas y 142,1 km² de bosques. Además esta cuenca posee una pequeña cobertura de terrenos agrícolas (en torno a 0.2%). En la cuenca se encuentran 6 bocatomas y 3.5 Km de canales, así como en la zona alta de la cuenca en la frontera con la cuenca del Río Lónquen, se ubica una parte del área urbana de Quirihue. Las rocas de las clases rocas intrusivas y metamórficas conforman el 45% y 30% del suelo.



Ilustración 7: Uso de suelo y Geología (Río Cauquenes en El Arrayan)

Río Cayucupil en Cayucupil

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Cayucupil en Cayucupil” está situada en el sur de la VIII Región en la frontera de la IX Región al sureste de Cañete. Con un área de 168,8 km², es considerada como una cuenca pequeña en este estudio. La cuenca se caracteriza por estar situada en la cordillera de la Costa y poseer una cobertura de bosque de casi un 94%. En la cuenca hay 2 bocatomas, y 8,3 km de canales. Las rocas de la clase rocas intrusivas representan la mayor parte del suelo con un 74%.



Ilustración 8: Uso de suelo y Geología (Río Cayucupil en Cayucupil)

Río Diguillin en San Lorenzo

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Diguillin en San Lorenzo” se encuentra en la VIII Región a algunos kilómetros al sureste de Chillán. Con un área de 208,3 km², es una de las cuencas consideradas como pequeñas en este estudio. La cuenca se caracteriza porque se ubica a los pies de la Cordillera de los Andes, además posee una pequeña proporción de nieves y glaciares del orden de 20%, además tiene una parte importante de bosques (en torno a 59%) y una pequeña proporción de terrenos agrícolas. Las rocas de la clase de secuencias volcanosedimentarias representan la mayoría del suelo con un 62%. Las otras rocas proceden de secuencias volcánicas (17%) y de rocas intrusivas (15%).

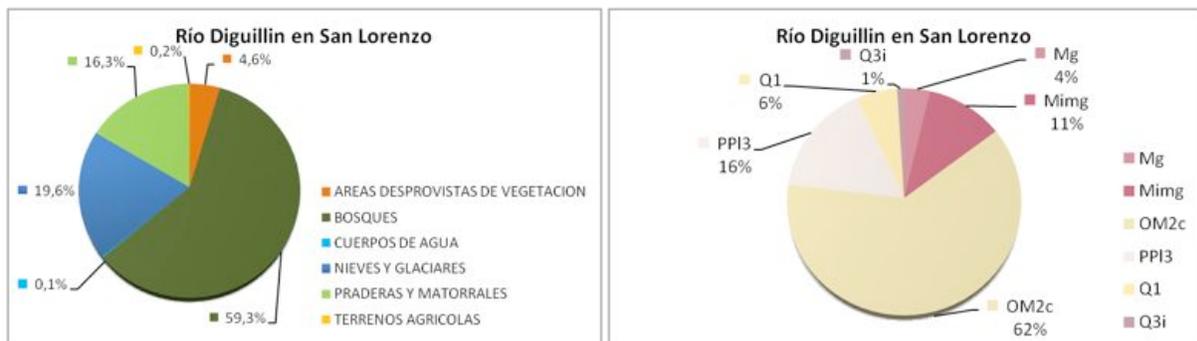


Ilustración 9: Uso de suelo y Geología (Río Diguillin en San Lorenzo)

Río Laraquete en el Cajón

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Laraquete en el cajón” se encuentra en la VIII Región, entre Lota y Arauco. Con un área aproximada de 36,1 km² es una de las cuencas más pequeñas consideradas en este estudio. La cuenca se caracteriza por estar ubicada cerca del borde costero en la Cordillera de la Costa, los bosques cubren casi el 100% del área de la cuenca, además posee un suelo casi homogéneo de la clase de rocas metamórficas.



Ilustración 10: Uso de suelo y Geología (Río Laraquete en el Cajón)

Río Lebu en las Corrientes (en los Alamos)

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Lebu en las Corrientes (en los Álamos)” está situada al sur de la VIII Región a pocos kilómetros al este de Lebu. Con un área de aproximadamente 734,1 km², es una de las cuencas consideradas como grandes en este estudio. La cuenca se caracteriza porque está ubicada cerca del borde costero y posee una alta proporción de bosques (alrededor de 91%). Las rocas de las clases de secuencias sedimentarias (56%) y rocas metamórficas (31%) conforman la mayor parte del suelo. La ciudad de Curanilahue y partes de las ciudades Los Álamos, Cerro Alto y Tres Pinos se encuentra dentro de la cuenca.



Ilustración 11: Uso de suelo y Geología (Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos))

Río Lirquén en Cerro El Padre

La cuenca definida aguas arriba de la estación “Río Lirquén en Cerro El Padre” está a pocos kilómetros al este de Mulchén al sur de la VIII Región. Con un área de 106,4 km², es una de las cuencas consideradas como pequeñas. La cuenca se caracteriza porque está ubicada a los pies de la Cordillera de los Andes y por poseer una alta proporción de bosque, alrededor de 83%, así como algunos usos agrícola (15% de la superficie). En la cuenca hay 24 bocatomas, 3 embalses pequeños y 20,2 km de canales. Las rocas de la clase de secuencias sedimentarias representan la mayoría de la superficie del suelo con 55%. Las otras rocas provienen de la clase secuencias volcano-sedimentarias.



Ilustración 12: Uso de suelo y Geología (Río Lirquén en Cerro El Padre)

Río Lonquén en Trehuaco

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Lonquén en Trehuaco” se ubica en el norte de la VII Región, en la frontera con la VIII Región, a pocos kilómetros al sur de Cauquenes. Con un área de aproximadamente 1178,4 km², es una de las cuencas grandes consideradas en este estudio. La cuenca está caracterizada porque se ubica en el interior de la Cordillera de la Costa, posee una zona agrícola de aproximadamente 44% y praderas de 36%. 64,3 km² de superficie de uso de suelo han sido corregidos a través de las fotografías satelitales de GoogleEarth, estas han sido convertidas en 9,4 km² de bosques y 54,9 km² de terrenos agrícolas. Las rocas de la clase de rocas intrusivas forman la mayoría de los suelos de la cuenca (alrededor de 70%).



Ilustración 13: Uso de suelo y Geología (Río Lonquén en Trehuaco)

Río Malleco en Collipulli

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Malleco en Collipulli” está situada al norte de la IX Región, al sudeste de la ciudad de Collipulli. Con un área de 415,6 km² es una de las cuencas consideradas de tamaño mediano. La cuenca se caracteriza por estar ubicada a los pies de la Cordillera de los Andes y su forma muy estrecha y alargada posee una alta proporción de bosque alcanzando un 78% de la superficie. En la cuenca hay 14 bocatomas y 11,3 km de canales, así como también se ubica dentro de su superficie una parte del área urbana de Collipulli. Las rocas de la clase de secuencias volcánicas representan la mayoría del suelo con un 87%.



Ilustración 14: Uso de suelo y Geología (Río Malleco en Collipulli)

Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Niblinto antes canal alimentador Embalse Coihueco” se ubica en la VIII región a pocos kilómetros al este de Chillán. Con un área de 161,9 km², es una de las cuencas más pequeñas. La cuenca se caracteriza por su ubicación al pie de la Cordillera de los Andes, una proporción de un 7% de nieves y glaciares y una superficie de bosque del 78%. En el área se encuentran 9 bocatomas y 6,4 km de canales. Las rocas de la clase de rocas intrusivas representan la mayoría de la superficie del suelo con 60%. Las otras rocas provienen principalmente de las secuencias volcánicas (25%) y clases de volcano-sedimentarias (10%).



Ilustración 15: Uso de suelo y Geología (Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco)

Río Nicodahue en Pichún

La cuenca definida aguas arriba de la estación “Río Nicodahue en Pichún” está ubicada en la frontera de las Regiones VIII y IX al suroeste de Nacimiento. Con un área de 792,5 km² es una de las cuencas de tamaño mediano. La cuenca se caracteriza por estar al interior de la Cordillera de la Costa, además de poseer una superficie de bosque de 87% y una escasa superficie agrícola que alcanza a un 4,1%. El suelo es casi homogéneo formado por rocas de la clase de rocas intrusivas (95%).



Ilustración 16: Uso de suelo y Geología (Río Nicodahue en Pichún)

Río Pingueral en Dichato

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Pingueral en Dichato” está ubicada en la VIII Región y se encuentra al este de la ciudad Tomé. Con un área de 240,5 km², es una de las cuencas consideradas como pequeña. La cuenca se caracteriza por estar ubicada cerca del borde costero, posee una superficie importante de bosque, alrededor del 65%, y un sustrato casi homogéneo con rocas de la clase de rocas intrusivas.



Ilustración 17: Uso de suelo y Geología (Río Pingueral en Dichato)

Río Purapel en Nirivilo

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Purapel en Nirivilo” está ubicada en la VII Región, se encuentra al sureste de la ciudad Constitución. Con un área de 263,4 km², es una de las cuencas consideradas como pequeñas en este estudio. La cuenca se caracteriza porque se encuentra en la Cordillera de la Costa y poseer una cobertura importante de bosque, alrededor de un 73%. En la parte alta de la cuenca se encuentra la ciudad de Santa Olga. Las rocas de la clase rocas metamórficas representan la mayoría del suelo con un 74%. Las otras rocas son en su mayoría de la clase de rocas intrusivas (27%).



Ilustración 18: Uso de suelo y Geología (Río Purapel en Nirivilo)

Río Reputo en Reputo

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Reputo en Reputo” está ubicada en la VIII Región al sureste de Cañete. Con un área de 16,7 km², es la cuenca más pequeña tratada en este estudio. La cuenca se caracteriza por estar ubicada en la Cordillera de la Costa y poseer una cobertura importante de bosque que alcanza un 87%. Las rocas de la clase de rocas metamórficas representan la mayor parte del suelo con un 89%.



Ilustración 19: Uso de suelo y Geología (Río Reputo en Reputo)

3.2.2 Proyecto IX Región

Estero Chufquen en Chufquen

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Estero Chufquen en Chufquen” está situada al norte de la IX Región, al sur de la ciudad de Victoria. Con un área de 716,4 km², es una de las cuencas de tamaño mediano. La cuenca se caracteriza por su largo trazado que comienza a los pies de la Cordillera de los Andes hasta el comienzo de la Cordillera de la Costa, atravesando el valle central con casi el 72% de terrenos agrícolas. En la cuenca se encuentran 17 bocatomas, 1 embalse, y 134,4 km de canales. Las rocas de la clase de secuencias volcánicas representan casi todo el suelo con un 99%

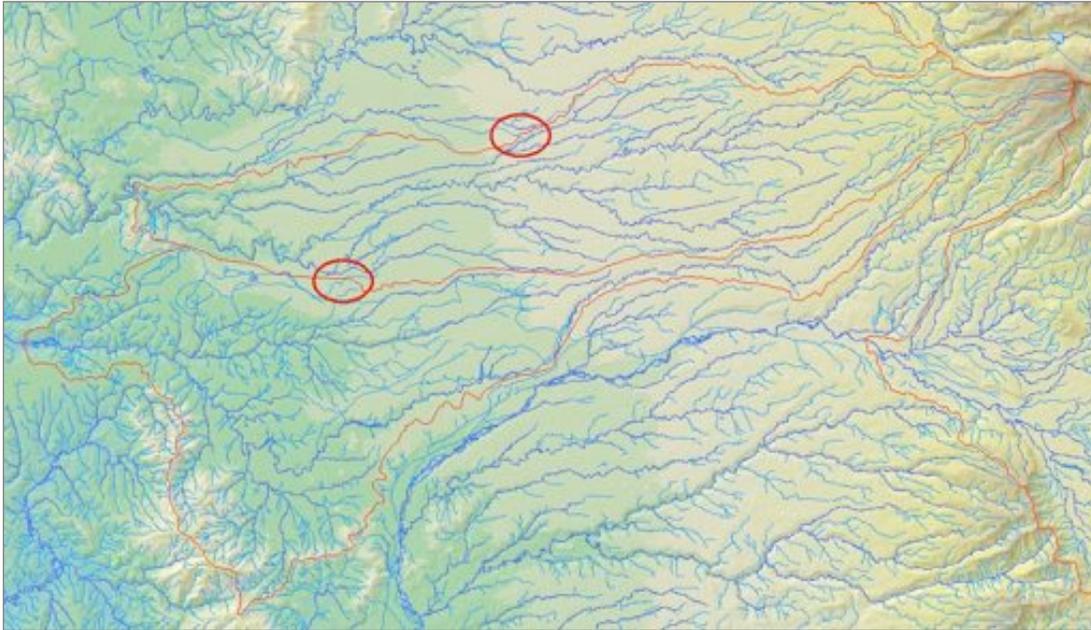


Ilustración 20: cuenca Estero Chufquen en Chufquen



Ilustración 21: Uso de suelo y Geología (Estero Chufquen en Chufquen)

Río Allipen en los Laureles

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Allipen en los Laureles” es una de las cuencas de más al sur de la zona de estudio y está a pocos kilómetros al este de la ciudad de Pitrufquén en el centro de la IX Región. Con un área de 1644,5 km², es la más grande de las cuencas tratadas. La cuenca se caracteriza por su ubicación a los pies de la Cordillera de los Andes. Esta cuenca posee un 9% de nieves y glaciares, así como aproximadamente un 48% de bosque. Se corrigieron 96,3 km² de praderas y matorrales a terrenos agrícolas utilizando las fotografías satelitales de Google Earth. En la cuenca hay 9 bocatomas, 2 embalses, y 19,5 km de canales. Las ciudades de Mellipeuco, Cunco y Hortensias se ubican también en esta cuenca. Las rocas de esta zona son del tipo mixtas 45%, 27% de la clase de rocas intrusivas y de 23% de la clase de secuencias sedimentarias.



Ilustración 22: Uso de suelo y Geología (Río Allipen en los Laureles)

Río Cautín en Rari-Ruca

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Cautín en Rari-Ruca” está situada al norte de la IX Región a pocos kilómetros al este de la ciudad de Vilcún. Con un área de 1303,7 km², es una de las cuencas más grandes consideradas en este estudio. La cuenca se caracteriza por su ubicación a los pies de la Cordillera de los Andes, posee una proporción de glaciares y nieves de un 6% y aproximadamente 51% de bosque, tiene una distribución en el uso de suelo muy parecida a la cuenca del Río Allipén. En la cuenca hay 11 bocatomas, 2 embalses, y 56,8 km de canales. Las ciudades de Curacautín y Malalcahuello se ubican en esta cuenca. Las rocas de esta zona son mayoritariamente mixtas con una composición de 77% proveniente de la clase de secuencias volcánicas y un 17% proveniente de la clase de secuencias volcano-sedimentarias.

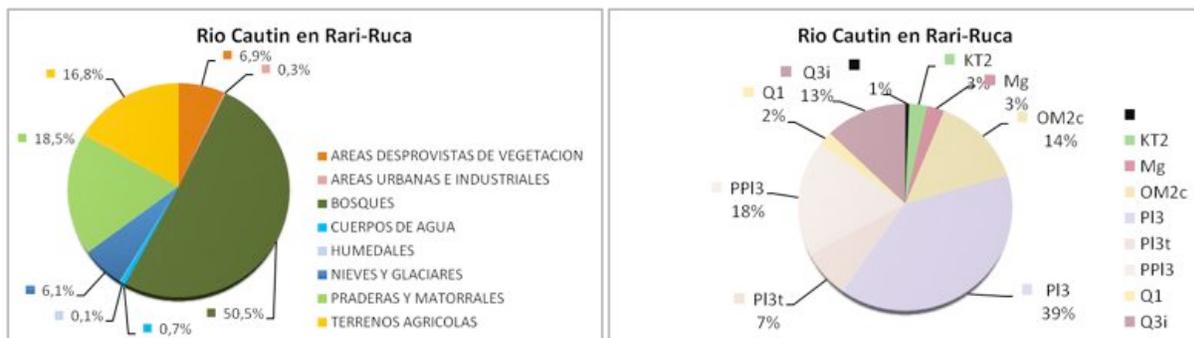


Ilustración 23: Uso de suelo y Geología (Río Cautin en Rari-Ruca)

Río Dónguil en Gorbea

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Dónguil en Gorbea” es una de las cuencas ubicadas al sur de la IX Región al oeste de la ciudad de Villarrica. Con un área de próximamente 733 km², es parte de las cuencas de tamaño mediano. La cuenca se caracteriza por su ubicación entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes y parte del 80% de su superficie corresponde a terrenos agrícolas. 531,5 km² de praderas y matorrales se han corregido a terrenos agrícolas utilizando GoogleEarth. En esta cuenca se ubican las ciudades de Quitratue y Lastarria, así como parte de la ciudad de Gorbea. Las rocas de la clase de secuencias sedimentarias representan la mayor parte del suelo con un 74%.



Ilustración 24: Uso de suelo y Geología (Río Dónguil en Gorbea)

Río Lumaco en Lumaco

La cuenca definida aguas arriba de la estación “Río Lumaco en Lumaco” está situada al norte de la IX Región, en la frontera con la VIII Región al noroeste de Traiguén. Con un área de 1021,4 km², es una de las cuencas más grandes consideradas en este estudio. La cuenca se caracteriza por estar ubicada al pie de la Cordillera de la Costa, así también, por un uso mixto (del orden de 32%) de terrenos agrícolas, 41% de bosques y 25% de praderas y matorrales. 56,7 km² praderas y matorrales se han corregido utilizando Google Earth. En la cuenca hay 13 bocatomas, 2 embalses, y 28,3 km de canales. Las ciudades de Purén, Lumaco y Capitán Pastene se ubican también en el área. El suelo consta de las clases de rocas metamórficas (41%), rocas intrusivas (38%) y secuencias sedimentarias (22%).



Ilustración 25: Uso de suelo y Geología (Río Lumaco en Lumaco)

Río Puyehue en Quitratue

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Puyehue en Quitratue” es una parte de la cuenca del Río Dónguil y, por consiguiente, es una de las cuencas de más al sur, ubicándose al sur de la IX Región al oeste de la ciudad de Villarrica. Con un área de 148,6 km², es una de las cuencas consideradas pequeñas. La cuenca se caracteriza porque tiene una cobertura de 44% de uso agrícola y 44% de bosques. Se han corregido 13,7 km² de praderas y matorrales a terrenos agrícolas utilizando GoogleEarth. En esta cuenca se ubica la ciudad de Quitratue y parte de la ciudad de Lastarria. Las rocas de la clase de rocas metamórficas conforma la mayor parte del suelo con un 68%.



Ilustración 26: Uso de suelo y Geología (Río Puyehue en Quitratue)

Río Quillen en Galvarino

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Quillen en Galvarino” está situada en el norte de la IX Región, al norte de la ciudad de Lautaro. Con un área de 708,4 km², es una de las cuencas de tamaño mediano. La cuenca se caracteriza por su largo trazado desde los pies de la Cordillera de los Andes hasta los faldeos de la Cordillera de la Costa, además de una cobertura agrícola de 82%. En la cuenca hay 11 bocatamos, 5 embalses, y 182,4 km de canales. En esta cuenca se ubican la ciudad de Perquenco y parte de la ciudad de Galvarino. Las rocas de la clase de secuencias volcánicas conforman casi todo el suelo con cerca del 80%.



Ilustración 27: Uso de suelo y Geología (Río Quillen en Galvarino)

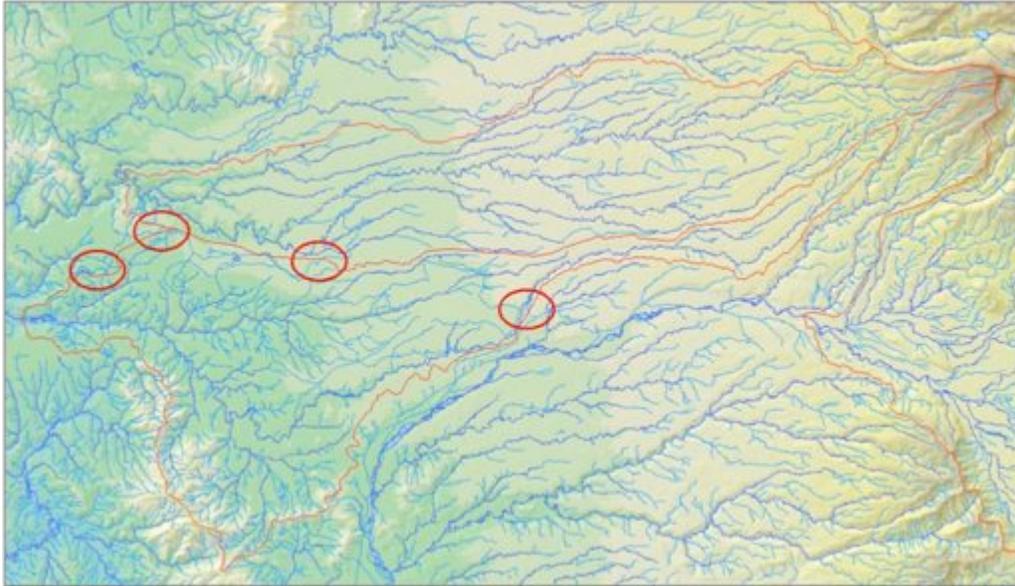


Ilustración 28: cuenca Río Quillen en Galvarino

Río Trancura antes Río Llafenco

La cuenca definida aguas arriba de la estación fluviométrica “Río Trancura antes Río Llafenco” está ubicada a pocos kilómetros al este de la ciudad de Villarrica, al sur de la IX Región. Con un área de 1413,4 km², es una de las cuencas más grandes. La cuenca se caracteriza por su ubicación a los pies de la Cordillera de los Andes y por una cobertura de casi el 4% de nieves y glaciares y alrededor de 63% de bosque. En la cuenca se ubica la ciudad de Currarehue. Las rocas de esta zona son mixtas y provienen de la clase de secuencias volcánicas con un 48%, rocas intrusivas con un 30% y de las secuencias volcano - sedimentarias con un 14%.



Ilustración 29: Uso de suelo y Geología (Río Trancura antes Río Llafenco)

3.3 Resumen

La Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 dan una visión general de las características de las cuencas que se describen en el Capítulo anterior. De acuerdo con estas características, una primera selección de áreas similares podría resultar satisfactoria, cuyos resultados podrían compararse más tarde con el cálculo de los caudales. En particular, las cuencas se agrupan por tamaño y uso de suelo (véase Tabla 5). Más propiedades de las cuencas están tratadas en el Capítulo 4 (Parámetros geomorfológicos).

Cuencas	Uso de Suelo - Area [%]										
	Desprovista de Vegetación	Area no reconocida	Urbana e industrial	Bosques	Cuerpos de Augua	Humedales	Nieves y Glaciares	Praderas y Matorrales	Sin Clasificación	Terrenos Agrícolas	-
Región VII y VIII											
Esteros El Manzano Antes Junta Río Teno	13,40			51,01				32,12		3,47	
Río Andalien Camino a Penco			1,04	68,83		0,07		8,17		21,84	
Río Butamalal en Butamalal				90,99				8,24		0,77	
Río Caramávida en Caramávida				94,91				2,17		2,92	
Río Carampangue en Carampangue			0,13	86,39	0,07	0,08		8,20		5,12	
Río Cauquenes en El Arrayan			0,20	46,18				16,21	0,61	36,63	0,17
Río Cayucupil en Cayucupil				93,67				5,31		1,02	
Río Diguillin en San Lorenzo	4,61			59,31	0,12		19,55	16,25		0,15	
Río Laraquete en el Cajón				99,99							
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	0,12		0,68	90,73				6,01		2,46	
Río Lirquén en Cerro El Padre				82,93				1,64		15,42	
Río Lonquén en Trehuaco.	0,64		0,09	19,92				35,71		43,63	
Río Malleco en Collipulli	0,08		0,16	78,20	0,19	0,07		7,72		13,59	
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	10,41			77,96			6,50	3,39		1,74	
Río Nicodahue en Pichún				87,29				8,33	0,19	4,12	
Río Pingueral en Dichato			0,38	64,93				10,44		24,25	
Río Purapel en Nirivilo			0,26	72,63				17,98		9,14	
Río Reputo en Reputo				87,03				3,98		8,99	
Región IX											
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN			0,19	25,67				1,36		72,74	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	6,46		0,18	47,54	0,59	1,46	8,85	19,56		15,33	
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	6,91		0,30	50,51	0,73	0,11	6,13	18,52		16,78	
RIO DONGUIL EN GORBEA			0,20	17,87				1,71		80,22	
RIO LUMACO EN LUMACO			0,38	40,69		1,13		25,44		32,36	
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE			0,39	44,33				11,23		44,05	
RIO QUILLEN EN GALVARINO			0,29	15,06		0,36		2,06		82,22	
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	7,49			63,08	0,51	0,57	3,56	24,71			

Tabla 2: Resumen de uso de suelo

Cuencas	Geología - Area [%]					
	Secuencias Sedimentarias	Secuencias Volcano-sedimentarias	Secuencias Volcanicas	Rocas Intrusivas	Rocas Meta-morforicas	-
Región VII y VIII						
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	6,10	76,37	3,48	14,05		
Río Andalien Camino a Penco				99,50	0,50	
Río Butamalal en Butamalal	0,09			70,79	29,13	
Río Caramávida en Caramávida	0,39			11,49	88,12	
Río Carampangue en Carampangue	22,40			44,30	33,30	
Río Cauquenes en El Arrayan	24,61			44,97	30,43	
Río Cayucupil en Cayucupil	1,39			73,88	24,73	
Río Diguillin en San Lorenzo	5,92	62,24	17,10	14,74		
Río Laraquete en el Cajón	2,43				97,57	
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	56,40			12,98	30,62	
Río Lirquén en Cerro El Padre	55,25	44,75				
Río Lonquén en Trehuaco.	30,61			69,39		
Río Malleco en Collipulli	1,31	11,45	86,41	0,83		
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	5,22	10,16	25,02	59,60		
Río Nicodahue en Pichún				95,25	4,75	
Río Pingueral en Dichato				99,67	0,33	
Río Purapel en Nirivilo	0,04			26,46	73,50	
Río Reputo en Reputo	11,47				88,53	
Región IX						
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN			99,49		0,51	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	23,20	3,10	45,45	26,49	0,14	1,62
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	2,30	17,16	77,22	2,70		0,62
RIO DONGUIL EN GORBEA	73,79			2,63	23,58	
RIO LUMACO EN LUMACO	21,57			38,16	40,28	
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	20,64			11,03	68,33	
RIO QUILLEN EN GALVARINO	19,63		80,37			
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	6,77	13,57	48,36	30,43		0,87

Tabla 3: Resumen de geología

Cuencas	Intervención Humana						Ciudades [-]
	Bocatomas [-]	Embalses [-]	Canales [-]	Canales [km]	Conexión [-]	Singulares [-]	
Región VII y VIII							
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	5	1	7	12,10		6 --	
Río Andalien Camino a Penco							Concepción, Florida
Río Butamalal en Butamalal						--	
Río Caramávida en Caramávida						--	
Río Carampangue en Carampangue							Carampangue
Río Cauquenes en El Arrayan	6	1	6	3,52		1	Quirihue
Río Cayucupil en Cayucupil	2		2	8,30		4 --	
Río Diguillin en San Lorenzo						--	
Río Laraquete en el Cajón						--	
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)							Curanilahue, Los Alamos, Cerro Alto Tres Pinos
Río Lirquén en Cerro El Padre	24	3	30	20,24		14 --	
Río Lonquén en Trehuaco.							Quirihue, Ninhue, Portezuelo
Río Malleco en Collipulli	14	1	15	11,28		2	Collipulli
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	9		9	6,41		1 --	
Río Nicodahue en Pichún						--	
Río Pingueral en Dichato						--	
Río Purapel en Nirivilo							Santa Olga
Río Reputo en Reputo						--	
Región IX							
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	17	1	20	134,43	Quillen y otras	15 --	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	9	2	9	19,50		5	Mellipeuco, Cunco, Hortensias
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	11	2	12	56,88		9	Curacautin, Malalcahuello
RIO DONGUIL EN GORBEA							Gorbea, Quitratue, Lastarria
RIO LUMACO EN LUMACO	13	2	17	28,25		9	Purén, Lumaco, Capitan Pastene
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE							Quitratue, Lastarria
RIO QUILLEN EN GALVARINO	11	5	20	182,42	Chufquen y otras	54	Perquenco, Galvarino
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO							Currarehue

Tabla 4: Resumen de intervención humana

Usos similares Terrenos agrícolas	Area [km²]	Distribución típica	Grupos
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	716,4	 <ul style="list-style-type: none"> ■ BOSQUES ■ PRADERAS Y MATORRALES ■ TERRENOS AGRICOLAS 	1
RIO DONGUIL EN GORBEA	733,0		1
RIO QUILEN EN GALVARINO	708,4		1
Mezcla			
Río Cauquenes en El Arrayan	623,4	 <ul style="list-style-type: none"> ■ BOSQUES ■ PRADERAS Y MATORRALES ■ TERRENOS AGRICOLAS 	2
Río Lonquén en Trehuaco	1178,4		3
RIO LUMACO EN LUMACO	1021,4		3
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	148,6		2
Nieves y Glaciares			
RIO ALUPEN EN LOS LAURELES	1644,5	 <ul style="list-style-type: none"> ■ AREA DESPROVISTA DE VEGETACION ■ BOSQUES ■ NIEVES Y GLACIARES ■ PRADERAS Y MATORRALES ■ TERRENOS AGRICOLAS 	4
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1303,7		4
Río Diguillín en San Lorenzo	208,3		5
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	161,9		5
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1413,3		4
Bosques			
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	133,1	 <ul style="list-style-type: none"> ■ BOSQUES ■ PRADERAS Y MATORRALES ■ TERRENOS AGRICOLAS 	6
Río Andalien Camino a Penco	745,3		7
Río Butamalal en Butamalal	114,0		6
Río Caramávida en Caramávida	149,5		6
Río Carampangue en Carampangue	1211,4		-
Río Cayucupil en Cayucupil	168,8		6
Río Laraquete en el Cajón	36,1		8
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	734,1		7
Río Lirquén en Cerro El Padre	106,4		6
Río Malleco en Collipulli	415,6		-
Río Nicodahue en Pichún	792,5		7
Río Pingueral en Dichato	240,5		6
Río Purapel en Nirivilo	263,4		6
Río Reputo en Reputo	16,7		8

Tabla 5: Grupos – Uso de Suelo y Área

4 Parámetros geomorfológicos

4.1 Procedimiento

Primero se recabó información acerca de la definición y determinación de parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas, utilizadas en diversos países del mundo. Se seleccionó una lista de 29 documentos y libros de interés para el estudio, en particular diversos informes indios (ver Bibliografía). Basándose en los parámetros geomorfológicos de las cuencas se examinaron aquellas en busca de dependencias. De esta manera, se recogieron 49 parámetros, que se explican en el Capítulo 4.2. Se calcularon digitalmente los parámetros de cada cuenca base. Se determinaron los perfiles altimétricos, derivados de los shapes de los ríos con el modelo digital del terreno.

Los parámetros fueron relacionados entre ellos para ver si tienen dependencias y también se estudió la relación con el caudal de la cuenca (véase el Capítulo 4.5). A continuación, basados en los valores de los parámetros, las cuencas se combinaron en diferentes grupos para verificar las diferencias de los caudales medidos y calculados y comprobar dependencias de "parámetros fundamentales". Los resultados se encuentran en el Capítulo 4.5.5.

4.2 Presentación de los parámetros

4.2.1 Explicación

Los parámetros fueron, como se trata en muchos de los informes, subdivididos en tres grupos para permitir una mejor visión general y un análisis estratégico. El primer grupo contiene los parámetros lineales (marca verde), el segundo grupo contiene los parámetros areales (marca amarilla) y el tercer grupo, los del relieve (marca roja). Tabla 6 a continuación contiene todos los parámetros, que se explican con más detalle en los Capítulos 4.2.2 a 4.2.4. La columna "Fuente" se refiere al número correspondiente en la bibliografía.

Parámetro lineal	Linear Parameter	Símbolo	Formula	Fuente
Longitud promedio del cauces	average stream length	Lu	$L_u = \sum L_u / N_u$	[3]
bifurcación de los canales	bifurcation ratio (stream number)	Rb	$R_b = N_u / N_{u+1}$	[3],[7],[9]
exposición	exposition	Ex	--	
relación de finura	Fineness ratio	RF	$RF = L / P$	[3]
índice de alargamiento	Length index	la	$l_a = L_v / W_{max}$	[17]
Longitud de la cuenca (línea recta)	Length of basin	Lv	--	[3],[6]
Longitud del cauce principal entre la boca y centroid	Length of main channel between outlet and point nearest to centroid	Lca	--	[3]
Longitud del flujo superficial	Length of overland flow	Lo	$L_o = 0,5 * D_d$	[3], [13]
Longitud del cauce principal	main channel length	L	--	[3]
índice de sinuosidad	sinuosity index (wandering ratio)	IS	L / L_v	[3],[12]
relación de longitud de río (Horton)	stream length ratio (Horton)	RI	$RI = L_{u+1} / L_u$	[3],[7],[9]
orden de corriente (Horton, Strahler)	Stream order (Horton, Strahler)	OHS	--	[1],[6],[17]
longitud total de cauces	total length of channels	$\sum Li$	--	[3]
excentricidad	Watershed eccentricity	t	$t = \sqrt{(\text{abs}(L_{ca}^2 - W_i^2))} / W_i$	[3]
Parámetro areal	Areal Parameter			
Area	area	A	--	[6]
ancho promedio	average basin width	W	$W = A / L$	[6]
ratio de media de caudales máximos	average max. Flow ratio	Qr	$Q = C * A^n$, c y n determinar con cuencas disponibles	[6]
relación de circularidad	Circularity ratio	Rc	$R_c = 4 * \pi * A / P^2$	[3],[16]
coeficiente de compacidad (gravelius índice)	compactness ratio (Gravelius index)	Rk	$R_k = 0,282 * P / \sqrt{A}$	[3],[5],[6]
constante de mantenimiento	constant of channel maintenance	C	$C = 1 / D_d$	[3],[6]
densidad de drenaje	Drainage density	Dd	$D_d = \sum li / A$	[3],[6]
relación de elongación	Elongation ratio	Re	$R_e = d / L$	[3]
relación caudales	flow relation	Q1/Q2	$Q1/Q2 = (A1/A2)^n$ por cuencas semejantes	[6]
factores de forma de Horton 1	form factor (Horton) 1	Rf	$R_f = A / L^2$	[3]
factores de forma de Horton 2	form factor (Horton) 2	Rfc	cuadrado de la longitud L, $L = 1.41 * A^{0,568}$	[6]
ancho máximo	max. Basin width	Wmax	--	
Perímetro	Perimeter	P	--	[6]
factor de forma	shape factor	Ff	$Ff = L * L_{ca}$	[9]
índice de forma	shape index	If	$S = L^2 / A$	[5]
relación de área de río (Horton)	Stream area ratio (Horton)	Ra	$R_a = A_{i+1} / A_i$	[1],[7],[9]
Frecuencia de cauces	Stream frequency	F	$F = 0,694 * Dd^2$	[3]
factor de forma 2	unity shape factor	Ru	$R_u = L_v / \sqrt{A}$	[3]
factor de forma 3	watershed shape factor	RS	$R_s = L / D$	[3]
Parámetro de relieve	Relieve Parameter			
Pendiente promedio del cauce principal	average channel slope	Sc	$(H_{max} - H_{min}) / L$	[1],[6]
elevación media	average elevation	Em	<i>referida al nivel del mar</i>	[6]
altura media	average height	Hm	<i>referida al nivel de la boca de la cuenca</i>	[6]
Pendiente promedio (cuenca)	average slope	S	--	[6]
relieve	basin relief	HR	<i>difference in elevation between outlet and farthest stream point</i>	[5]
relación de elevación	elevation relief ratio = hypsometric integral	E = Hsi	$E = H_{si} = (\text{mean Elev.} - \text{min. Elev.}) / (\text{max. Elev.} - \text{min. Elev.})$	[10]
perfil altimétrico del cauce principal	height profile of main stream	--	--	[6]
curva hipsométrica	hypsometric curve	--	$X = A [\%], Y = H [\%]$	[6],[15]
coeficiente de masividad	Mass coefficient	Km	$K_m = H_m / A$	[17]
altura max.	max. Height	Hmax	--	[4]
altura min.	min. Height	Hmin	--	[4]
relieve relativo	relative relief	Rhp	$R_{hp} = 100 * (H_{max} - H_{min}) / P$	[3],[7]
número de rugosidad	ruggedness number	NR	$HR * D_d$	[3]
relación de textura	texture ratio	T	$T = N_s / P$	[11]
tiempo de concentración	time of concentration	tc	$tc = 0,06626 * (L^2 / Sc)^{0,385}$ (Kirpich)	[1],[17]

Tabla 6: Parámetros geomorfológicos

4.2.2 Parámetros lineales

El siguiente conjunto contiene la descripción de cada parámetro lineal en orden alfabético

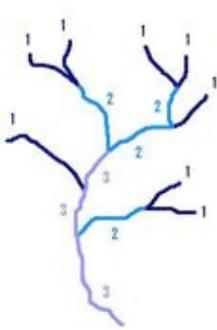
Longitud promedio del cauces Average stream length	Lu	$Lu = \Sigma L_u / N_u$ Relación de la longitud total del cauces del orden u y el número del cauces del orden u
Bifurcación de los canales Bifurcation ratio (stream number)	Rb	$Rb = N_u / N_{u+1}$ Relación del número de cauces del orden u y del número del cauces del orden u+1, Rb = promedio de todos los ordenes
Exposición Exposition	Ex	Vorherrschende Ausrichtung der Oberflaechen des Einzugsgebietes
Relación de finura Fineness ratio	RF	$RF = L / P$ Relación de la longitud del cauce principal y el perímetro de la cuenca
Indice de alargamiento Length index	la	$la = Lv / Wmax$ Relación de la longitud de la cuenca y el ancho máximo
Longitud de la cuenca (línea recta) Length of basin	Lv	Longitud de la cuenca medida en el sentido del cauce principal (línea recta)
Longitud del cauce principal entre la boca y centroid Length of main channel between outlet and point nearest to centroid	Lca	Longitud del cauce principal entre la boca de la cuenca y el punto mas cerca al centroid dentro el cauce
Longitud del flujo superficial Length of overland flow	Lo	$Lo = 0,5 * Dd$ La mitad de la densidad de drenaje
Longitud del cauce principal Main channel length	L	Longitud del cauce principal
Indice de sinuosidad Sinuosity index (wandering ratio)	IS	L / Lv Relación de la longitud del cauce principal y la longitud de la cuenca
Relación de longitud de río (Horton) Stream length ratio (Horton)	RI	$RI = L_{u+1} / L_u$ Relación de la longitud promedio del cauces del orden u y la longitud promedio del cauces del orden u-1, RI = promedio de todos los ordenes
Orden de río (Horton,Strahler) Stream order (Horton,Strahler)	OHS	<p>Método de STRAHLER</p>  <p>Un río que no tiene afluentes = primer orden Cuando se reúnen dos ríos del primer orden = segundo orden Cuando se reúnen dos ríos del segundo orden = tercer orden </p>
Longitud total de cauces Total length of channels	ΣLi	Longitud total de todos los cauces
Excentricidad Watershed eccentricity	t	$t = \sqrt{abs(Lca^2 - WI^2)} / WI$ Relación de la longitud del cuace principal la boca de la cuenca y el punto más cerca al centroid dentro el cauce Lca y el ancho de la cuenca en el centroid

Tabla 7: Parámetros geomorfológicos (lineales)

4.2.3 Parámetros areales

El siguiente conjunto contiene la descripción de cada parámetro areal en orden alfabético.

Area Area	A	Area de la cuenca
Ancho promedio Average basin width	W	$W = A / L_v$ Relación de el área y la longitud de la cuenca
Ratio de media de caudales maximos Average max. Flow ratio	Qr	$Q = C * A^n$ Relación de los caudales y las áreas, c y n determinar con cuencas disponibles
Relación de circularidad Circularity ratio	Rc	$Rc = 4 * \pi * A / P^2$ Relación de el área de la cuenca y el área de un círculo con el mismo perímetro
Coefficiente de compacidad (gravelius indice) Compactness ratio (Gravelius index)	Rk	$R_k = 0,282 * P / \sqrt{A}$ Relación del perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo con la misma área
Constante de mantenimiento Constant of channel maintenance	C	$C = 1 / D_d$ Kehrwert de la densidad de drenaje
Densidad de drenaje Drainage density	Dd	$D_d = \sum l_i / A$ Relación de la suma de todos los corrientes y el área de la cuenca
Relación de elongación Elongation ratio	Re	$R_e = d / L$ Relación del diámetro de un círculo con el mismo área y la longitud de la cuenca
Relación caudales Flow relation	Q1/Q2	$Q1/Q2 = (A1/A2)^n$, n determinar con cuencas disponibles Relación de los caudales y los áreas de cuencas semejantes
Factores de forma de Horton 1 Form factor (Horton) 1	Rf	$R_f = A / L_v^2$ Relación de el área de la cuenca y la longitud de la cuenca
Factores de forma de Horton 2 Form factor (Horton) 2	Rfc	$L = 1.41 * A^{0,568}$ cuadrado de la longitud L con el mismo área de la cuenca
Ancho maximo Max. Basin width	Wmax	Ancho máximo perpendicular al sentido del cauce principal
Perímetro Perimeter	P	Perímetro de la cuenca
Factore de forma Shape factor	Ff	$Ff = L * L_{ca}$ Relación de la longitud del cauce principal y la longitud del cauce principal entre la boca de la cuenca y el punto más cerca al centroid dentro el cauce
Indice de forma Shape index	If	$S = L^2 / A$ Relación de la longitud del cauce principal y el área de la cuenca
Relación de area de río (Horton) Stream area ratio (Horton)	Ra	$R_a = A_{i+1} / A_i$ Relación de el área promedia del cauces del orden i y el área promedia del cauces del orden i+1
Frecuencia de cauces Stream frequency	F	$F = 0,694 * Dd^2$ Relación de la densidad de drenaje y la frecuencia de cauces
Factor de forma 2 Unity shape factor	Ru	$R_u = L_v / \sqrt{A}$ Relación de la longitud de la cuenca y el área
Factor de forma 3 Watershed shape factor	RS	$R_s = L / D$ Relación de la longitud del cauce principal y el diámetro de un círculo con el mismo área

Tabla 8: Parámetros geomorfológicos (areales)

4.2.4 Parámetros de relieve

El siguiente conjunto contiene la descripción de cada parámetro de relieve en orden alfabético.

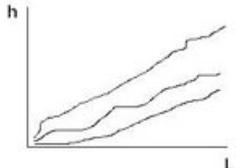
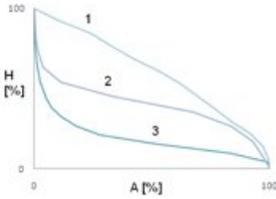
Pendiente promedio del cauce principal Average channel slope	Sc	$Sc = (H_{max} - H_{min}) / L$ La diferencia entre la altura máxima y la altura mínima del cauce principal sobre la longitud del cauce principal
Elevación media Average elevation	Em	<i>referida al nivel del mar</i>
Altura media Average height	Hm	<i>referida al nivel de la boca de la cuenca</i>
Pendiente promedio (cuenca) Average slope	S	Pendiente promedio de las superficiales de la cuenca
Relieve Basin relief	HR	Diferencia de la altura del punto más lejos del cauce principal y la altura de la boca de la cuenca
Relación de elevación Elevation relief ratio = hypsometric integral	$E = H_{si}$	$E = H_{si} = (\text{mean Elev.} - \text{min. Elev.}) / (\text{max. Elev.} - \text{min. Elev.})$ Relación de la diferencia de la elevación media y la elevación mínima y la diferencia de la elevación máxima y la elevación mínima
Perfil altimétrico del cauce principal Height profile of main stream	--	 Perfil altimétrico del cauce principal Altura h del cauce sobre la longitud L del cauce
Curva hipsométrica Hypsometric curve	--	 Curvas hipsométricas Cuanto % de la altura corresponde con cuanto % del área de la cuenca Línea 1 = Ríos jóvenes Línea 2 = Ríos maduros Línea 3 = Ríos viejos
Coefficiente de masividad Mass coefficient	Km	$K_m = H_m / A$ Relación de la altura media y el área de la cuenca
Altura max. Max. Height	Hmax	<i>referida al nivel del mar</i>
Altura min. Min. Height	Hmin	<i>referida al nivel del mar</i>
Relieve relativo Relative relief	Rhp	$R_{hp} = 100 * (H_{max} - H_{min}) / P$ Relación de la diferencia de la altura máxima y la altura mínima y el perímetro de la cuenca
Número de rugosidad Ruggedness number	NR	$NR = HR * D_d$ Relación del relieve y la densidad de drenaje
Relación de textura Texture ratio	T	$T = N_1 / P$ Relación de la número de cauces del orden 1 y el perímetro de la cuenca
Tiempo de concentración Time of concentration	tc	$tc = 0,06626 * (L^2 / Sc)^{0,385}$ (Kirpich) Tiempo de una partícula de agua desde el punto más lejos hasta la boca de la cuenca. Existen varias ecuaciones, por ejemplo KIRPICH con la longitud del cauce principal y el pendiente del cauce principal.

Tabla 9: Parámetros geomorfológicos (de relieve)

4.3 Cuadros sinópticos de los parámetros por cada cuenca

4.3.1 STRAHLER orden de río y valores relacionados

Cuenca	OHS	Número Nu	Longitud [km]	Longitud media Lu [km]	Rb [-]	Rl [-]	Area [km]	Area medio Au [km2]	Ra [-]
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	1	27	298,02	11,04	4,155	0,794	439,08	16,26	0,806
	2	16	116,34	7,27			153,48	9,59	
	3	9	79,39	8,82			116,67	12,96	
	4	1	4,51	4,51			6,18	6,18	
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	1	10	42,88	4,29	1,917	1,143	67,50	6,75	1,348
	2	3	5,93	1,98			12,65	4,22	
	3	6	21,64	3,61			52,39	8,73	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	1	42	353,71	8,42	1,675	0,880	961,09	22,88	0,792
	2	24	146,63	6,11			467,57	19,48	
	3	15	94,82	6,32			213,94	14,26	
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1	37	336,95	9,11	7,040	0,603	882,39	23,85	0,490
	2	17	122,52	7,21			278,56	16,39	
	3	18	63,19	3,51			137,90	7,66	
	4	1	1,86	1,86			2,42	2,42	
RIO DONGUIL EN GORBEA	1	51	288,81	5,66	2,126	0,822	356,52	6,99	1,013
	2	28	90,77	3,24			94,69	3,38	
	3	18	74,21	4,12			124,28	6,90	
	4	6	15,35	2,56			21,32	3,55	
RIO LUMACO EN LUMACO	1	46	226,00	4,91	3,829	0,740	445,64	9,69	0,922
	2	24	113,33	4,72			258,30	10,76	
	3	10	58,51	5,85			141,55	14,15	
	4	10	40,83	4,08			175,56	17,56	
	5	1	0,26	0,26			0,39	0,39	
RIO QUILLEN EN GALVARINO	1	24	189,44	7,89	1,834	0,896	454,66	18,94	0,909
	2	11	82,70	7,52			166,64	15,15	
	3	7	19,64	2,81			44,61	6,37	
	4	4	15,28	3,82			38,37	9,59	
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1	37	245,59	6,64	1,884	0,918	838,25	22,66	0,814
	2	17	92,88	5,46			336,44	19,79	
	3	13	63,70	4,90			167,66	12,90	
	4	6	30,37	5,06			70,95	11,82	
Río Andalien Camino a Penco	1	22	168,94	7,68	3,302	0,802	406,39	18,47	0,944
	2	14	61,62	4,40			179,78	12,84	
	3	6	42,32	7,05			154,79	25,80	
	4	1	1,63	1,63			3,29	3,29	
Río Butamalal en Butamalal	1	4	22,75	5,69	1,333	1,210	38,47	9,62	2,610
	2	3	20,65	6,88			75,31	25,10	
Río Carampangue en Carampangue	1	65	331,76	5,10	1,885	0,976	582,19	8,96	1,133
	2	32	121,79	3,81			287,80	8,99	
	3	21	87,01	4,14			212,97	10,14	
	4	10	45,27	4,53			128,49	12,85	
Río Caramávida en Caramávida	1	5	33,30	6,66	1,667	1,334	80,05	16,01	1,442
	2	3	26,65	8,88			69,27	23,09	
Río Cauquenes en El Arrayan	1	17	98,82	5,81	1,563	0,874	366,10	21,54	0,828
	2	8	40,01	5,00			138,39	17,30	
	3	8	35,48	4,44			117,92	14,74	
Río Cayucupil en Cayucupil	1	7	38,78	5,54	1,167	0,939	80,11	11,44	1,291
	2	6	31,21	5,20			88,63	14,77	
Río Diguillin en San Lorenzo	1	4	35,51	8,88	1,333	0,441	147,43	36,86	0,543
	2	3	11,73	3,91			60,08	20,03	
Río Laraquete en el Cajón	1	2	19,61	9,80	2,000	0,334	28,21	14,11	0,543
	2	1	3,28	3,28			7,66	7,66	
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	1	25	236,98	9,48	2,072	0,819	418,71	16,75	0,816
	2	13	94,95	7,30			187,88	14,45	
	3	8	36,72	4,59			99,72	12,47	
	4	3	14,55	4,85			27,04	9,01	
Río Lirquén en Cerro El Padre	1	7	51,04	7,29	1,875	0,520	73,27	10,47	0,858
	2	4	11,65	2,91			20,23	5,06	
	3	2	3,73	1,86			12,48	6,24	
Río Lonquén en Trehuaco.	1	41	244,33	5,96	2,127	0,838	662,83	16,17	1,019
	2	14	35,58	2,54			116,94	8,35	
	3	19	81,67	4,30			365,68	19,25	
	4	7	11,88	1,70			31,64	4,52	
Río Malleco en Collipulli	1	13	91,74	7,06	1,813	1,901	176,09	13,55	1,885
	2	8	38,69	4,84			97,83	12,23	
	3	4	60,28	15,07			140,22	35,05	
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	1	1	38,20	38,20	--	--	161,14	161,14	--
Río Nicodahue en Pichún	1	38	249,27	6,56	1,976	0,956	455,84	12,00	1,100
	2	22	81,84	3,72			171,64	7,80	
	3	10	44,10	4,41			96,00	9,60	
	4	5	24,61	4,92			68,08	13,62	
Río Pingueral en Dichato	1	8	54,76	6,84	1,708	1,798	119,75	14,97	1,736
	2	3	7,37	2,46			24,48	8,16	
	3	4	31,79	7,95			95,56	23,89	
Río Purapel en Nirivilo	1	26	99,84	3,84	1,591	0,855	151,18	5,81	1,024
	2	13	28,03	2,16			51,65	3,97	
	3	11	27,24	2,48			59,64	5,42	
Río Reputo en Reputo	1	1	5,19	5,19	--	--	16,59	16,59	--
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	1	8	28,92	3,61	1,333	1,316	35,92	4,49	3,587
	2	6	28,55	4,76			96,63	16,11	

Tabla 10: STRAHLER orden de río y valores relacionados por todas las cuencas

4.3.2 Otros parámetros

Cuenca	Rb	Ex	RF	la	Lv	Lca	Lo	L	IS	RI	ΣLi	t
	[-]		[-]	[-]	[km]	[km]	[km/km ²]	[km]	[-]	[-]	[km]	[-]
Río Carampangue en Carampangue	1,89	NW	0,29	1,22	50,02	33,77	0,24	82,10	1,64	0,98	585,84	0,40
Río Caramávida en Caramávida	1,67	SW	0,36	1,63	21,90	14,37	0,20	28,59	1,31	1,33	59,95	0,64
Río Cayucupil en Cayucupil	1,17	S	0,40	2,01	22,40	18,59	0,21	33,99	1,52	0,94	69,99	1,86
Río Butamalal en Butamalal	1,33	NW	0,42	2,58	19,78	14,32	0,19	29,32	1,48	1,21	43,41	2,03
Río Nicodahue en Pichún	1,98	N	0,36	1,31	42,66	34,14	0,25	70,53	1,65	0,96	399,82	0,31
Río Reputo en Reputo	0,00	SW	0,25	1,32	5,10	3,10	0,16	5,71	1,12	0,00	5,19	0,44
Río Laraquete en el Cajón	2,00	W	0,47	1,54	9,24	7,63	0,32	16,95	1,84	0,33	22,89	0,63
Río Malleco en Collipulli	1,81	N	0,40	5,40	72,55	55,35	0,23	93,79	1,29	1,90	190,70	19,46
Río Purapel en Nirivilo	1,59	E	0,28	1,66	25,57	13,20	0,29	37,47	1,47	0,85	155,11	1,07
Río Lirquén en Cerro El Padre	1,88	N	0,26	1,13	13,66	6,19	0,31	16,91	1,24	0,52	66,42	0,57
Río Andalien Camino a Penco	3,30	W	0,38	1,43	38,88	30,81	0,18	69,59	1,79	0,80	274,51	0,49
Río Pingüeral en Dichato	1,71	W	0,41	1,99	28,07	27,32	0,20	50,43	1,80	1,80	93,91	2,24
Río Cauquenes en El Arrayan	1,56	NE	0,25	1,48	36,83	24,93	0,14	52,11	1,41	0,87	174,32	0,26
Río Lonquén en Trehuaco.	2,13	N	0,38	1,18	47,28	63,34	0,16	100,38	2,12	0,84	373,45	0,96
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	0,00	SW	0,36	3,19	31,82	38,20	0,12	39,15	1,23	0,00	38,20	5,48
Río Diguillín en San Lorenzo	1,33	NW	0,30	1,97	25,87	30,53	0,11	30,53	1,18	0,44	47,24	3,12
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	2,07	W	0,39	1,46	37,50	34,34	0,26	67,75	1,81	0,82	383,20	0,72
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	1,92	W	0,42	2,05	20,36	13,83	0,26	29,65	1,46	1,14	70,46	1,07
RIO LUMACO EN LUMACO	3,83	E	0,34	1,38	40,83	28,79	0,21	82,34	2,02	0,74	438,94	0,74
RIO QUILLEN EN GALVARINO	1,83	S	0,47	2,86	79,91	52,20	0,22	119,90	1,50	0,90	307,07	3,45
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	4,16	SW	0,54	4,78	75,80	57,66	0,35	114,70	1,51	0,79	498,27	4,48
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	1,68	S	0,38	1,89	81,15	72,66	0,18	113,00	1,39	0,88	595,16	2,18
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	7,04	W	0,35	1,09	54,33	37,09	0,20	75,94	1,40	0,60	524,52	0,62
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1,88	W	0,30	1,61	69,83	30,48	0,15	93,19	1,33	0,92	432,54	0,35
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	1,33	NE	0,38	1,73	18,25	12,45	0,19	26,75	1,47	1,32	57,47	0,90
RIO DONGUIL EN GORBEA	2,13	N	0,49	1,70	40,50	31,89	0,32	78,68	1,94	0,82	469,15	0,90

Tabla 11: Parámetros geomorfológicos (lineales) – Resultados para las cuencas

Cuenca	A	W	Wmax	Rc	Rk	C	Dd	Re	Rf	Rfc	P	Ff	If	Ra	F	Ru	RS
	[km ²]	[km]	[km]	[-]	[-]	[km ² /km]	[km/km ²]	[-]	[-]	[km]	[km]	[km ²]	[-]	[-]	[km/km ²]	[-]	[-]
Río Carampangue en Carampangue	1211,5	24,22	40,9	0,19	2,31	2,07	0,48	0,48	0,48	79,5	284,8	2773	5,56	1,13	0,16	1,44	2,09
Río Caramávida en Caramávida	149,6	6,83	13,4	0,30	1,81	2,50	0,40	0,48	0,31	24,2	78,6	411	5,47	1,44	0,11	1,79	2,07
Río Cayucupil en Cayucupil	168,8	7,54	11,1	0,30	1,84	2,41	0,41	0,43	0,34	26,0	84,8	632	6,84	1,29	0,12	1,72	2,32
Río Butamalal en Butamalal	114,0	5,76	7,7	0,29	1,86	2,63	0,38	0,41	0,29	20,8	70,6	420	7,54	2,61	0,10	1,85	2,43
Río Nicodahue en Pichún	792,6	18,58	32,6	0,25	1,99	1,98	0,50	0,45	0,44	62,5	198,4	2408	6,28	1,10	0,18	1,52	2,22
Río Reputo en Reputo	16,7	3,29	3,9	0,41	1,56	3,23	0,31	0,81	0,64	7,0	22,6	18	1,95	0,00	0,07	1,25	1,24
Río Laraquete en el Cajón	36,1	3,91	6,0	0,35	1,69	1,58	0,63	0,40	0,42	10,8	36,1	129	7,95	0,54	0,28	1,54	2,50
Río Malleco en Collipulli	415,7	5,73	13,4	0,09	3,28	2,18	0,46	0,25	0,08	43,3	237,4	5192	21,16	1,88	0,15	3,56	4,08
Río Purapel en Nirivilo	263,4	10,30	15,4	0,18	2,33	1,70	0,59	0,49	0,40	33,4	134,0	495	5,33	1,02	0,24	1,58	2,05
Río Lirquén en Cerro El Padre	106,5	7,80	12,1	0,31	1,80	1,60	0,62	0,69	0,57	20,0	65,9	105	2,69	0,86	0,27	1,32	1,45
Río Andalien Camino a Penco	745,2	19,17	27,2	0,27	1,91	2,71	0,37	0,44	0,49	60,3	184,6	2144	6,50	0,94	0,09	1,42	2,26
Río Pingueral en Dichato	240,5	8,57	14,1	0,20	2,25	2,56	0,39	0,35	0,31	31,7	123,8	1378	10,58	1,74	0,11	1,81	2,88
Río Cauquenes en El Arrayán	623,5	16,93	24,9	0,18	2,37	3,58	0,28	0,54	0,46	54,5	209,8	1299	4,35	0,83	0,05	1,48	1,85
Río Lonquén en Trehuaco.	1178,5	24,93	40,0	0,21	2,17	3,16	0,32	0,39	0,53	78,3	264,0	6357	8,55	1,02	0,07	1,38	2,59
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	161,9	5,09	10,0	0,18	2,38	4,24	0,24	0,37	0,16	25,4	107,5	1495	9,46	0,00	0,04	2,50	2,73
Río Diguillin en San Lorenzo	208,4	8,05	13,1	0,26	1,97	4,41	0,23	0,53	0,31	29,3	100,8	932	4,47	0,54	0,04	1,79	1,87
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	734,1	19,57	25,7	0,30	1,81	1,92	0,52	0,45	0,52	59,8	174,3	2326	6,25	0,82	0,19	1,38	2,22
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	133,1	6,54	10,0	0,34	1,72	1,89	0,53	0,44	0,32	22,7	70,2	410	6,61	1,35	0,19	1,76	2,28
RIO LUMACO EN LUMACO	1021,4	25,02	29,5	0,22	2,15	2,33	0,43	0,44	0,61	72,2	243,3	2371	6,64	0,92	0,13	1,28	2,28
RIO QUILLEN EN GALVARINO	708,4	8,87	27,9	0,14	2,69	2,31	0,43	0,25	0,11	58,6	253,6	6259	20,29	0,91	0,13	3,00	3,99
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	716,4	9,45	15,9	0,20	2,23	1,44	0,70	0,26	0,12	59,0	211,5	6614	18,37	0,81	0,34	2,83	3,80
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	1644,7	20,27	42,9	0,23	2,08	2,76	0,36	0,40	0,25	94,6	299,0	8210	7,76	0,79	0,09	2,00	2,47
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1303,7	24,00	50,0	0,35	1,69	2,49	0,40	0,54	0,44	82,9	216,3	2817	4,42	0,49	0,11	1,50	1,86
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1413,4	20,24	43,4	0,18	2,33	3,27	0,31	0,46	0,29	86,8	310,5	2840	6,14	0,81	0,06	1,86	2,20
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	148,6	8,14	10,5	0,38	1,62	2,59	0,39	0,51	0,45	24,2	70,2	333	4,82	3,59	0,10	1,50	1,94
RIO DONGUIL EN GORBEA	733,1	18,10	23,9	0,36	1,67	1,56	0,64	0,39	0,45	59,8	160,4	2509	8,44	1,01	0,28	1,50	2,58

Tabla 12: Parámetros geomorfológicos (areales) – Resultados para las cuencas

Cuenca	Sc [m/m]	Em [mSM]	Hm [mSB]	S [°]	HR [m]	E = Hsi [-]	Km [m/km2]	Hmax [mSM]	Hmin [mSM]	Rhp [-]	NR [-]	T [1/km]	tc [min]
Río Carampangue en Carampangue	0,016	418,5	410,5	11,0	1283	0,31	0,34	1319	8	0,46	0,62	0,23	9,79
Río Caramávida en Caramávida	0,046	630,6	562,6	14,7	1312	0,43	3,76	1380	68	1,67	0,53	0,06	2,87
Río Cayucupil en Cayucupil	0,034	789,2	738,2	12,7	1163	0,51	4,37	1503	51	1,71	0,48	0,08	3,67
Río Butamalal en Butamalal	0,049	800,7	748,7	12,2	1433	0,51	6,57	1520	52	2,08	0,55	0,06	2,86
Río Nicodahue en Pichún	0,019	582,8	517,8	11,5	1315	0,39	0,65	1384	65	0,66	0,66	0,19	8,13
Río Reputo en Reputo	0,092	330,6	267,6	13,4	525	0,51	15,98	588	63	2,32	0,16	0,04	0,64
Río Laraquete en el Cajón	0,038	396,3	376,3	10,9	649	0,57	10,42	677	20	1,82	0,41	0,06	2,06
Río Malleco en Collipulli	0,016	805,3	650,3	13,4	1533	0,40	1,56	1786	155	0,69	0,70	0,05	10,66
Río Purapel en Nirivilo	0,005	334,9	166,9	8,6	192	0,30	0,63	724	168	0,42	0,11	0,19	8,22
Río Lirquén en Cerro El Padre	0,064	660,4	322,4	12,8	1086	0,30	3,03	1424	338	1,65	0,68	0,11	1,68
Río Andalien Camino a Penco	0,006	221,5	209,5	7,1	441	0,36	0,28	589	12	0,31	0,16	0,12	12,20
Río Pingueral en Dichato	0,008	254,8	237,8	6,8	392	0,55	0,99	448	17	0,35	0,15	0,06	8,80
Río Cauquenes en El Arrayan	0,009	317,3	175,3	7,9	443	0,29	0,28	746	142	0,29	0,12	0,08	8,72
Río Lonquén en Trehuaco.	0,003	181,8	159,8	5,7	340	0,18	0,14	907	22	0,34	0,11	0,16	20,58
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	0,051	1160,3	835,3	20,7	1990	0,42	5,16	2319	325	1,86	0,47	0,01	3,51
Río Diguillin en San Lorenzo	0,056	1505,9	808,9	22,3	1708	0,33	3,88	3162	697	2,44	0,39	0,04	2,80
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	0,019	366,88	351,88	9,8	1276	0,27	0,48	1308	15	0,74	0,67	0,14	7,86
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	0,069	1274,6	758,6	20,3	2033	0,37	5,70	2572	516	2,93	1,08	0,14	2,53
RIO LUMACO EN LUMACO	0,016	341,2	283,2	9,2	1341	0,21	0,28	1425	58	0,56	0,58	0,19	9,65
RIO QUILLEN EN GALVARINO	0,008	296,6	246,6	3,4	938	0,26	0,35	988	50	0,37	0,41	0,09	17,10
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	0,014	458,3	341,3	2,6	1574	0,22	0,48	1691	117	0,74	1,09	0,13	13,31
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	0,019	1008,5	793,5	14,2	2192	0,28	0,48	3054	215	0,95	0,79	0,14	11,52
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	0,021	1158,7	733,7	13,5	1605	0,28	0,56	3066	425	1,22	0,65	0,17	8,21
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFCO	0,017	1147,4	788,4	17,7	1586	0,23	0,56	3723	359	1,08	0,49	0,12	10,44
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	0,023	210,4	121,4	8,6	607	0,20	0,82	696	89	0,86	0,23	0,11	3,58
RIO DONGUIL EN GORBEA	0,009	211,9	125,9	4,7	677	0,19	0,17	763	86	0,42	0,43	0,32	11,92

Tabla 13: Parámetros geomorfológicos (de relieve) – Resultados para las cuencas

4.4 Resumen gráfica de las curvas hipsométricas y perfiles altimétricos

Los diagramas siguientes de las curvas hipsométricas y perfiles altimétricos también se encuentran en los archivos "curvas_hipsométricas.xls" y "parámetros_geomorfológicos.xls".

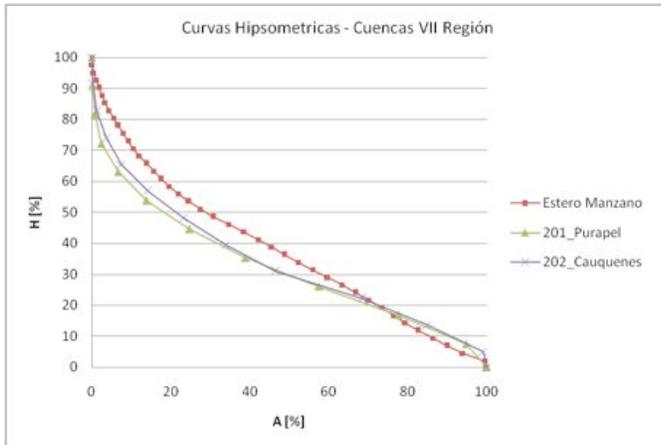


Ilustración 30: Curvas hipsométricas – Cuencas Región VII

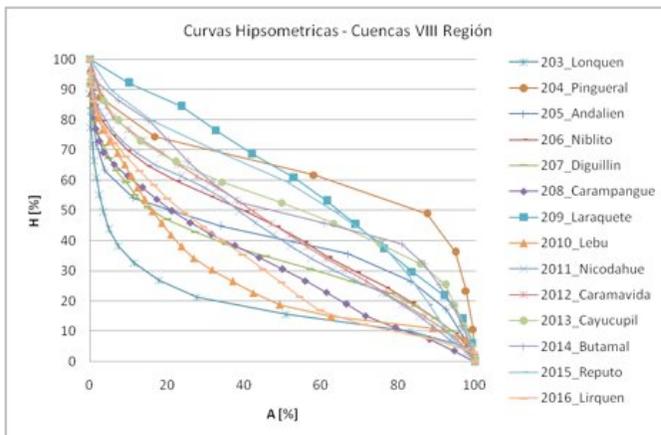


Ilustración 31: Curvas Hipsométricas – Cuencas Región VIII

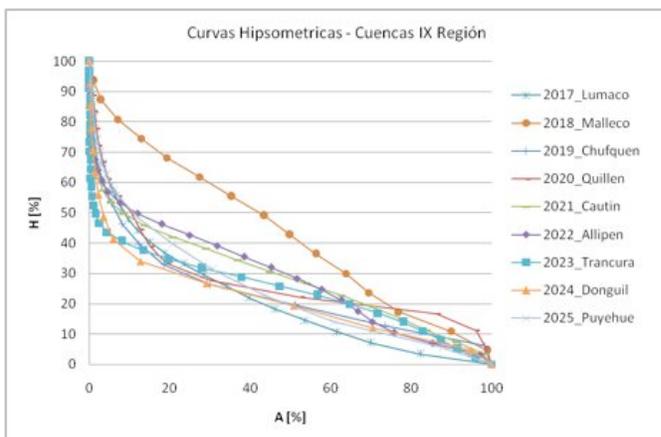


Ilustración 32: Curvas hipsométricas – Cuencas Región IX

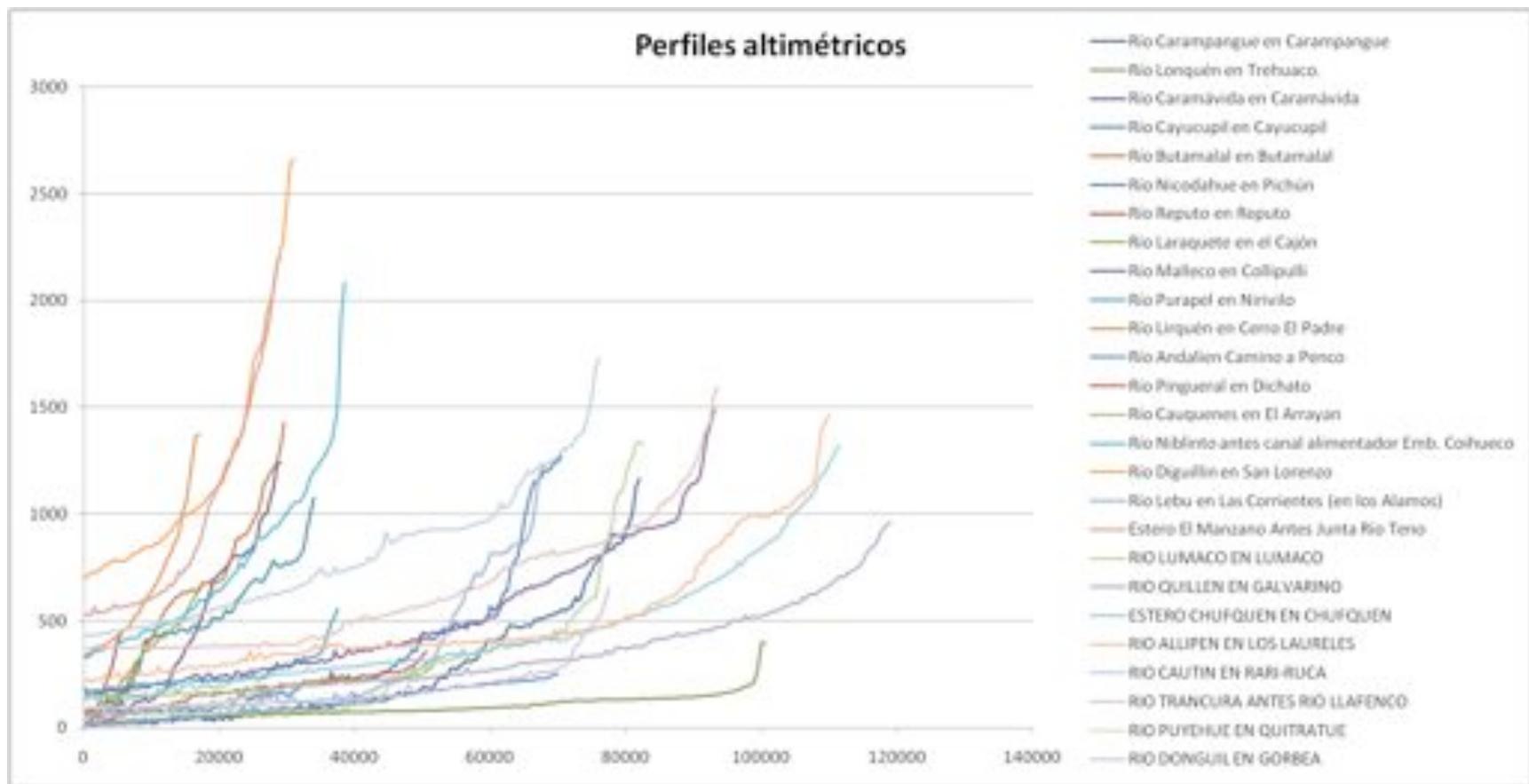


Ilustración 33: Perfiles altimétricos

4.5 Análisis de los parámetros y resultados

4.5.1 Procedimiento

El objetivo de este análisis consiste en encontrar posibles dependencias entre los parámetros, con la idea de determinar similitudes entre cuencas, que permita realizar una transposición adecuada de caudales en cuencas no controladas.

En un primer paso se analizaron las curvas hipsométricas y los perfiles altimétricos, porque ellos no pueden relacionarse con los otros parámetros a través de un valor en la tabla para su posterior.

La dependencia lineal directa entre los caudales y los parámetros geomorfológicos fue probada y se muestra gráficamente (véase el Capítulo 4.5.3).

El caudal medio de todos los años disponibles y completos, a base de los valores mensuales de cada estación, se consideró como caudal medio representativo de la cuenca. El coeficiente de correlación CORR y la suma de las desviaciones cuadráticas R^2 lineales sirvió como criterio de calidad para la dependencia entre los parámetros. En otros casos, la expresión considerada se amplió a dos o tres parámetros adicionales a través de la multiplicación y división de ellos. De esta manera fueron seleccionadas 72 relaciones considerando la correlación y desviación estándar (generalmente valores mayores a 0,94), se representaron gráficamente, determinándose para cada uno, la línea de tendencia, para luego en base a la ecuación de regresión, se calcularon los caudales y las diferencias de los flujos medidos para todas las cuencas.

Luego, basado en algunos parámetros y propiedades de las cuencas, las cuencas se dividieron en grupos, para determinar las dependencias o restricciones en grupos específicos. Algunos grupos se consideraron en el Capítulo 4.5.3, una lista completa se encuentra en el archivo "parametros_analisis_Q.xls". Las tres dependencias con las desviaciones más pequeñas, se analizaron sobre la base de estos grupos (véase el Capítulo 4.5.3).

Además, se verificaron si los parámetros tenían alguna dependencia lineal simple entre ellos. Los resultados de este análisis se encuentran en el Capítulo 4.5.4 y en el archivo "parametros_analisis_otros.xls".

El análisis de la relación entre los valores de los parámetros con el orden de río mayor que 1, no fue considerado, porque no todas las cuencas tienen órdenes superiores. El análisis basada en el parámetro R_a , R_b , y R_l también es problemático, porque estos valores para ríos de orden 1 no existen (véase también la Tabla 10).

Los resultados de estos análisis se resumen en el Capítulo 4.5.5.

4.5.2 Análisis de las curvas hipsométricas y perfiles altimétricos

Curvas hipsométricas

En el análisis de las curvas hipsométricas, se hizo un intento en determinar un valor característico de cada curva con fines de comparación. Un primer factor considerado fue el área bajo la curva. Dada la forma por sobre o debajo de la línea que une los extremos de la curva, los ríos se pueden clasificar como jóvenes o viejos. En este sentido una gran área puede indicar ríos jóvenes, o una pequeña ríos viejos, pero no indicativos del curso que toma la curva.

Para definir mejor el significado del área bajo la curva asociada al tipo de río se creó una línea recta que determina la intersección con la curva (véase Ilustración 34 hasta Ilustración 36). Las curvas que no cruzan la línea, como ríos muy jóvenes y muy viejos, pueden clasificarse sucesivamente en base a las áreas bajo las curvas y la línea recta (por encima o por debajo de la línea). Una comparación de las áreas con la intersección permite una interpretación sobre el curso de la curva hipsométrica. Sin embargo, el método de visualización gráfica de las curvas es mucho más fácil para clasificarlos en grupos.

Además, se determinó la ecuación de la línea de tendencia para cada curva, sin embargo esto no es muy útil en la identificación de una curva. En la Tabla 14 se resumen los valores calculados por ascendente del área.

Curva hipsométrica de la cuenca	AUC AreaUnderCurve	Intersección LR (approx.)	Línea de tendencia	Grupos
Línea recta (LR)	5000,00		$y = -1x + 100$	
Río Lonquén en Trehuaco.	1913,73	94	$y = -0,730x + 65,28$	1
RIO DONGUIL EN GORBEA	2107,75	0	$y = -0,760x + 67,73$	1
RIO LUMACO EN LUMACO	2131,51	0	$y = -0,958x + 71,47$	1
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	2328,54	92	$y = -0,767x + 69,21$	1
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	2424,02	0	$y = -0,742x + 68,59$	1
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	2447,20	0	$y = -0,858x + 73,04$	1
RIO QUILLEN EN GALVARINO	2737,20	83	$y = -0,717x + 70,50$	1
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	2775,69	89	$y = -0,834x + 73,92$	1
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	2867,04	96	$y = -0,837x + 74,65$	1
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	2881,63	94	$y = -0,780x + 73,14$	1
Río Lirquén en Cerro El Padre	3159,04	95	$y = -0,913x + 79,80$	1
Río Carampangue en Carampangue	3194,35	0	$y = -0,875x + 78,59$	1
Río Purapel en Nirivilo	3237,13	90	$y = -0,815x + 77,68$	1
Río Cauquenes en El Arrayan	3380,47	88	$y = -0,818x + 78,88$	1
Río Diguillin en San Lorenzo	3491,98	77	$y = -0,755x + 76,82$	2
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	3750,01	97	$y = -0,895x + 83,86$	2
Río Andalien Camino a Penco	3948,42	63	$y = -0,719x + 79,00$	2
Río Nicodahue en Pichún	4135,74	82	$y = -0,862x + 85,95$	2
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	4261,52	73	$y = -0,821x + 85,30$	2
Río Malleco en Collipulli	4304,53	88	$y = -0,911x + 89,66$	2
Río Caramávida en Caramávida	4421,78	78	$y = -0,883x + 89,23$	2
Río Cayucupil en Cayucupil	5174,53	46	$y = -0,780x + 90,14$	2
Río Butamalal en Butamalal	5250,16	51	$y = -0,804x + 91,95$	2
Río Reputo en Reputo	5536,63	26	$y = -0,905x + 99,68$	3
Río Laraquete en el Cajón	6019,22	0	$y = -0,950x + 105,4$	3
Río Pingüeral en Dichato	6265,69	29	$y = -0,739x + 95,00$	3

Tabla 14: Resultados curvas hipsométricas

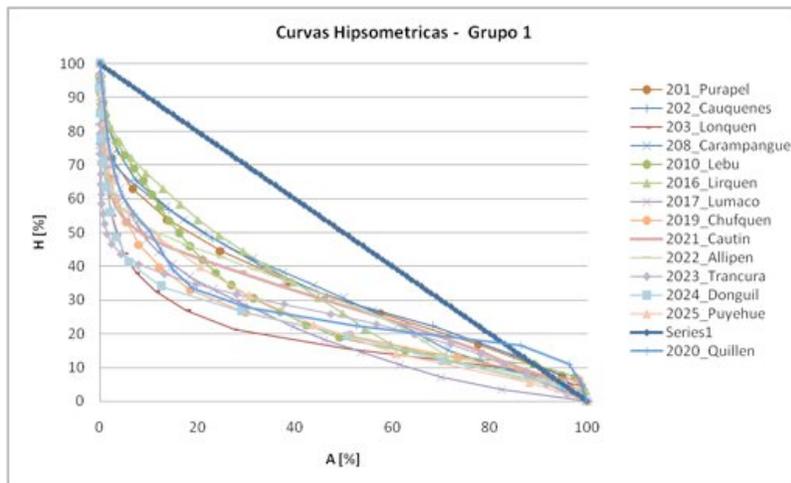


Ilustración 34: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 1

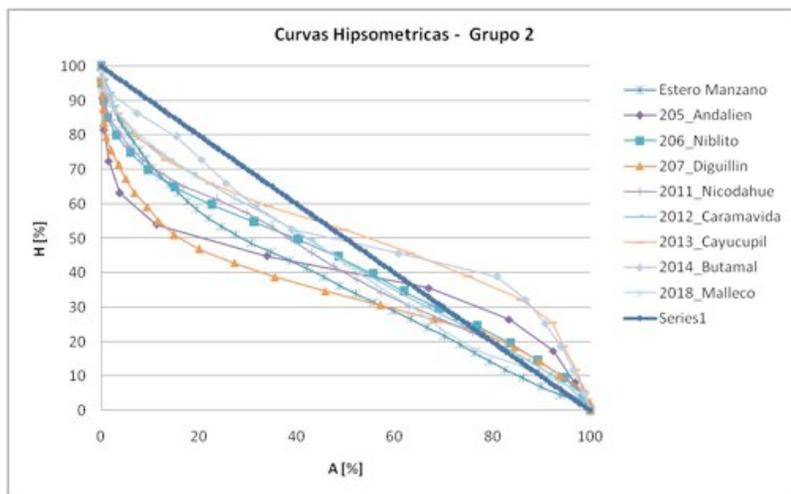


Ilustración 35: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 2

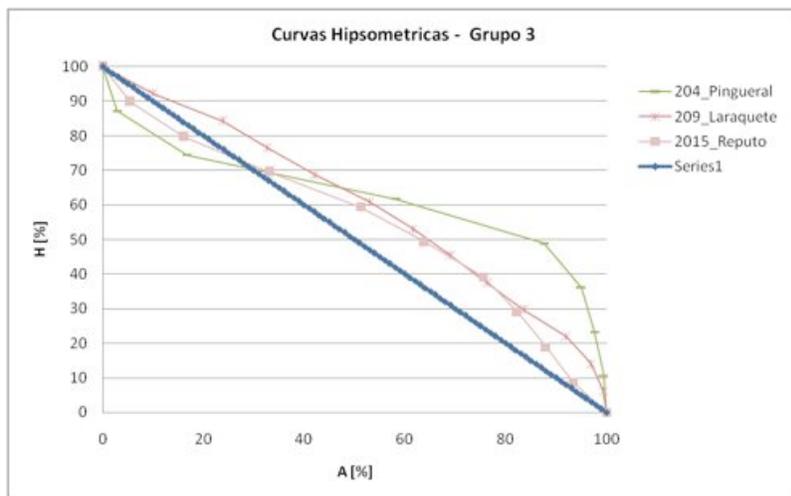


Ilustración 36: Curvas hipsométricas y Línea recta – Grupo 3

Perfiles altimétricos

Los perfiles altimétricos muestran el curso de la pendiente del cauce principal. La pendiente media esta incluida en el parámetro S_c , por lo que las curvas sólo se dividieron en grupos sobre la base de la forma de la curva (Tabla 15 e Ilustración 37 hasta Ilustración 39) para su posterior análisis.

Perfil altimétrico de la cuenca	Grupo
Río Caramávida en Caramávida Río Cayucupil en Cayucupil Río Butamalal en Butamalal Río Reputo en Reputo Río Laraquete en el Cajón Río Lirquén en Cerro El Padre Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco Río Diguillin en San Lorenzo Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	1
Río Lonquén en Trehuaco. Río Purapel en Nirivilo Río Andalien Camino a Penco Río Pingueral en Dichato Río Cauquenes en El Arrayan RIO PUYEHUE EN QUITRATUE RIO DONGUIL EN GORBEA	2
Río Carampangue en Carampangue Río Nicodahue en Pichún Río Malleco en Collipulli Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos) RIO LUMACO EN LUMACO RIO QUILLEN EN GALVARINO ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES RIO CAUTIN EN RARI-RUCA RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	3

Tabla 15: Grupos Perfiles altimétricos

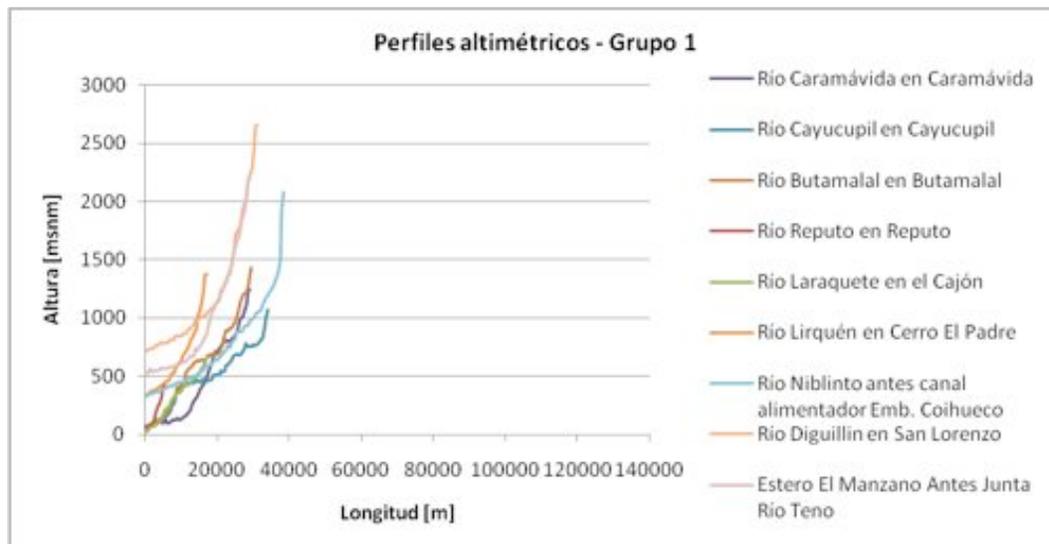


Ilustración 37: Perfiles altimétricos – Grupo 1

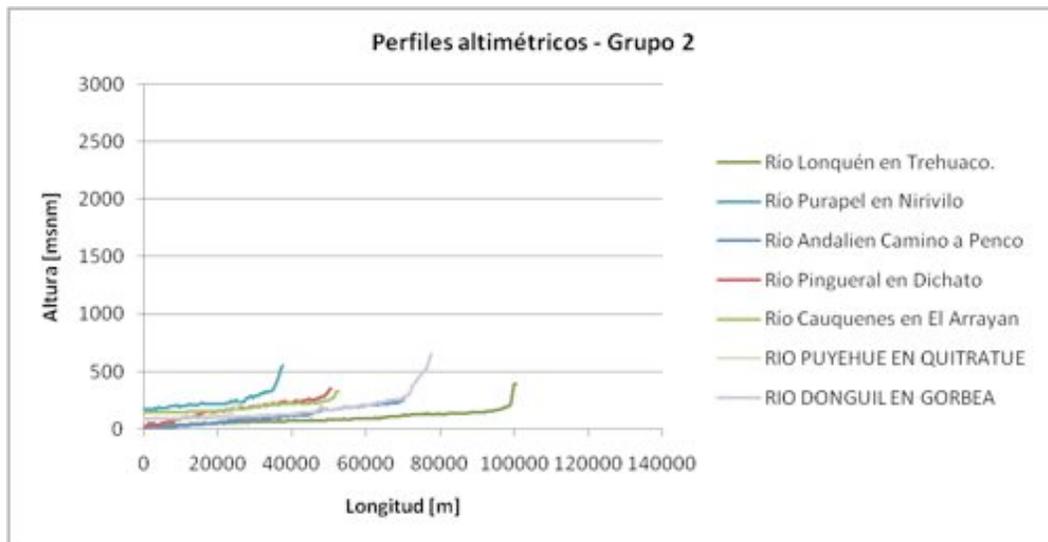


Ilustración 38: Perfiles altimétricos – Grupo 2

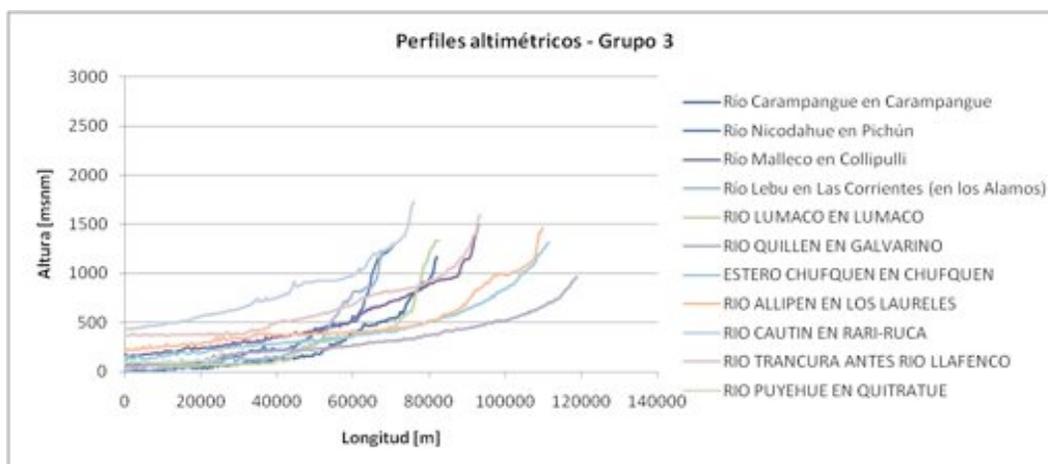


Ilustración 39: Perfiles altimétricos – Grupo 3

4.5.3 Parámetros en relación con los caudales

Paso 1

En primer lugar, el caudal de la cuenca ha sido relacionado directamente con los parámetros geomorfológicos y se muestran gráficamente. Se consideró útil la representación logarítmica porque interpreta mejor una posible relación lineal. Como ejemplo, los dos parámetros que se muestran a continuación presentan la mejor tendencia. Por una parte se considera el área A y por otro lado el área total A1 de todas las sub-cuencas de orden de 1. Los coeficientes de CORR y R^2 para el parámetro de área A son: 0,82 y 0,76 y para el parámetro del área total A1 : 0,85 y 0,73. La desviación media de los caudales calculadas es del orden de 66,93% y 73,25%. La relación de Q-A también está incluida en el parámetro de Qr, y por lo tanto, ya no aparece en las tablas.

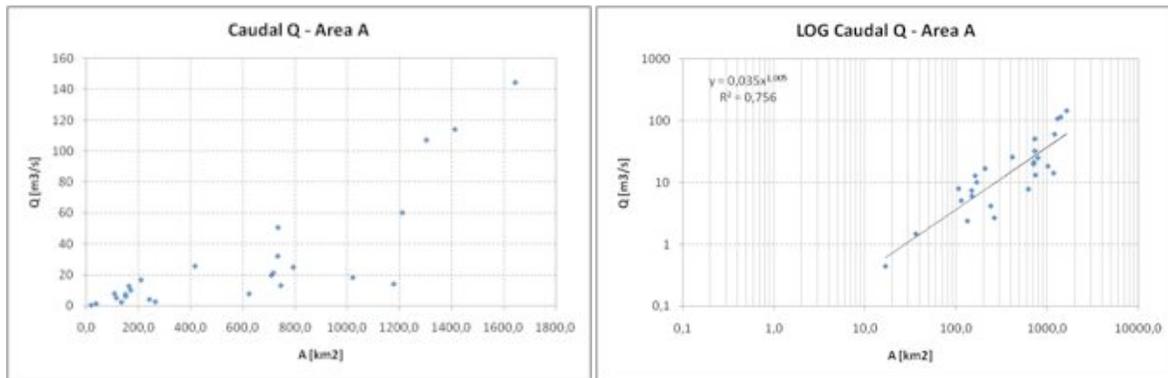


Ilustración 40: Relación de Caudal Q y Area A – Gráficos

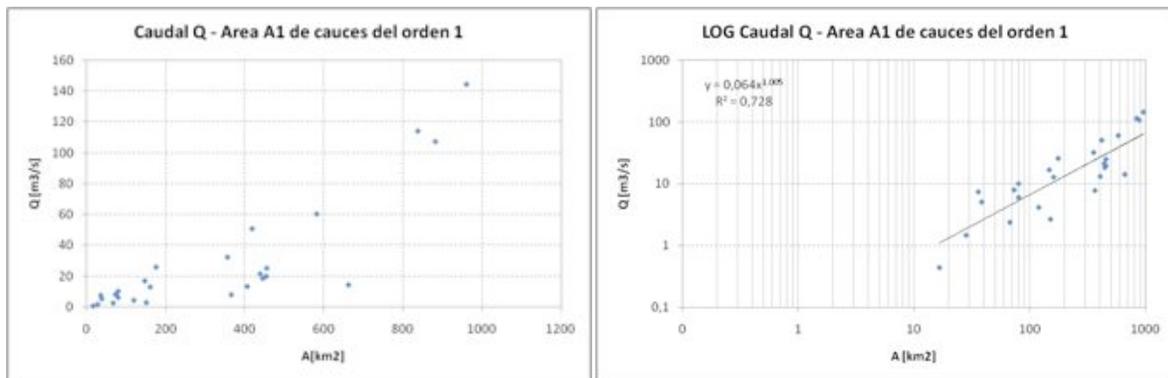


Ilustración 41: Relación de Caudal Q y Area A1 – Gráficos

Paso 2

En el siguiente paso, dos parámetros se multiplican y correlacionan con el caudal. Esto dio lugar a 15 ecuaciones con una dependencia relativa buena, con CORR y R^2 normalmente superior a 0,94. 6 de estos parámetros dependen los parámetros geomorfológicos principales y el resto de los "Parámetros de auxiliares" sirvió por ejemplo, para el cálculo de los parámetros principales (por ejemplo, WI ancho de la cuenca en el centro, N1 número de cauces del primer orden etc.). El mejor resultado en este paso fue para los parámetros A*Hm (resultado C5) el que se muestra a continuación. Los valores de CORR y R^2 son 0,97 y 0,83 con una desviación promedio de 42,40%.

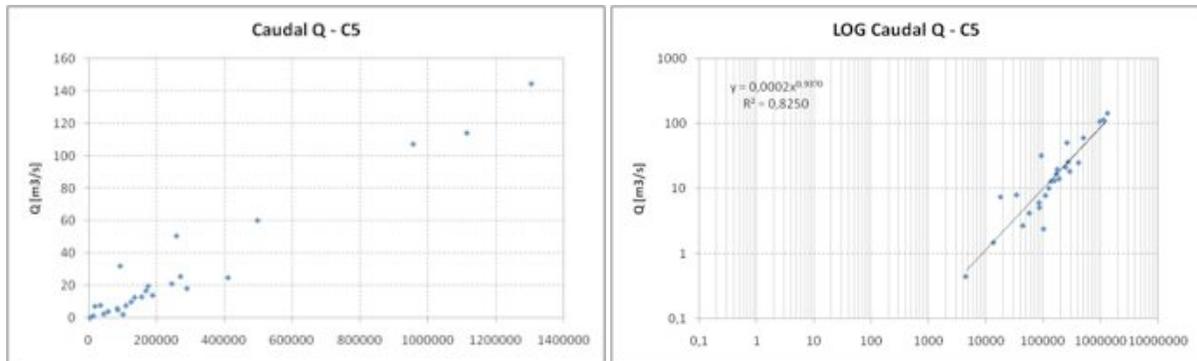


Ilustración 42: Relación de Caudal Q y C5 – Gráficos

Paso 3

Estas 6 ecuaciones, a su vez dependientes de los principales parámetros, fueron luego multiplicadas con otro parámetro. Los dos mejores resultados en este paso fueron las ecuaciones de C9 ($\Sigma li * Hm * C / 1000$) y C16 ($A * Hm * Rfc / 1000$) con los valores de CORR igual a 0,97 y R^2 igual a 0,83 o 0,85. La desviación media de los caudales calculadas es 44,09% y 45,65% respectivamente.

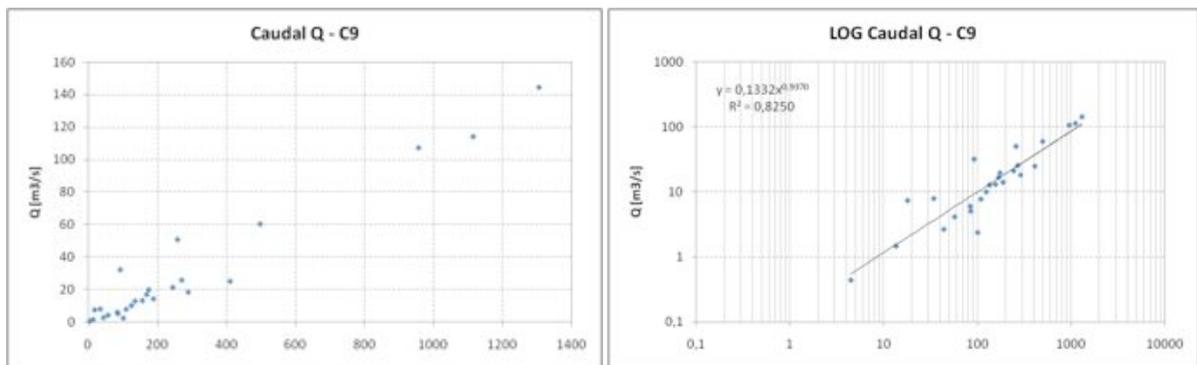


Ilustración 43: Relación de Caudal Q y C9 – Gráficos

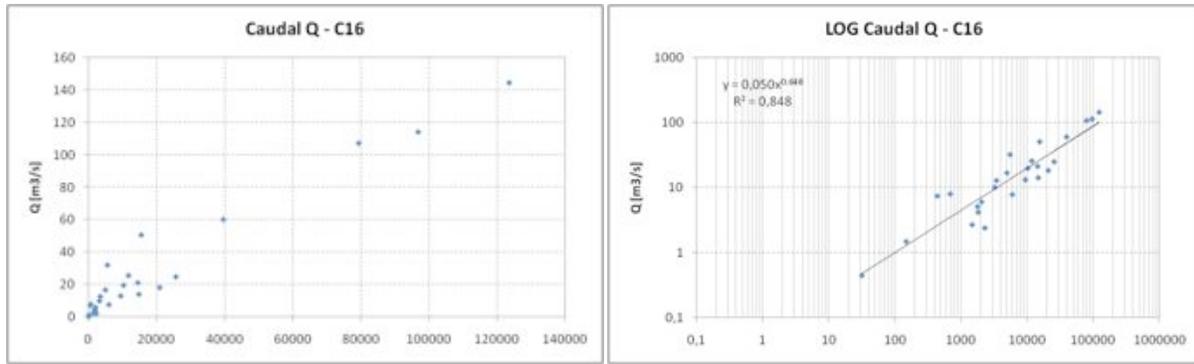


Ilustración 44: Relación de Caudal Q y C16 – Gráficos

Paso 4

A continuación, los 8 resultados anteriores mencionados fueron cada uno divididos por un parámetro. Esto dio lugar a 4 resultados con una relativamente buena correlación y desviación estándar, además los dos mejores (D1 con $\Sigma li \cdot Hm / Lo / 1000$ y D2 con $\Sigma li \cdot Hm / Dd / 1000$) estaban divididos a su vez cada uno por un parámetro. La correlación lograda fue CORR 0,97 y la desviación de R^2 0,82 para ambas ecuaciones. La desviación media de los caudales calculadas es 36,59% o 36,58%.

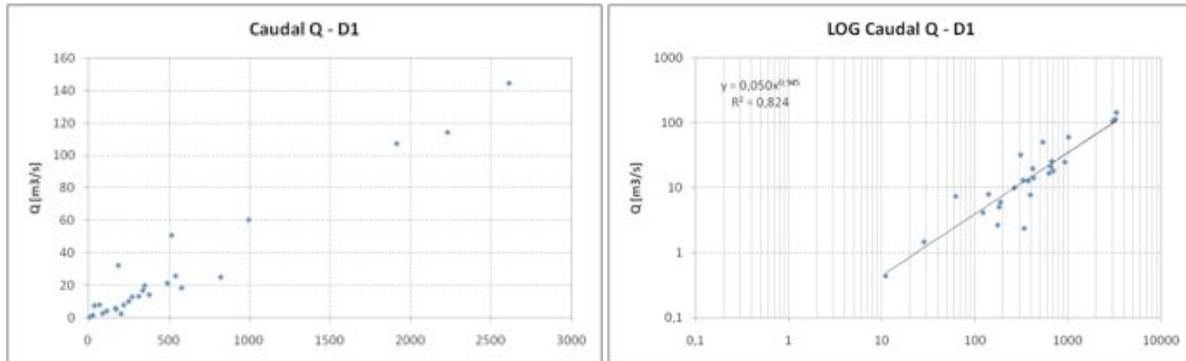


Ilustración 45: Relación de Caudal Q y D1 – Gráficos

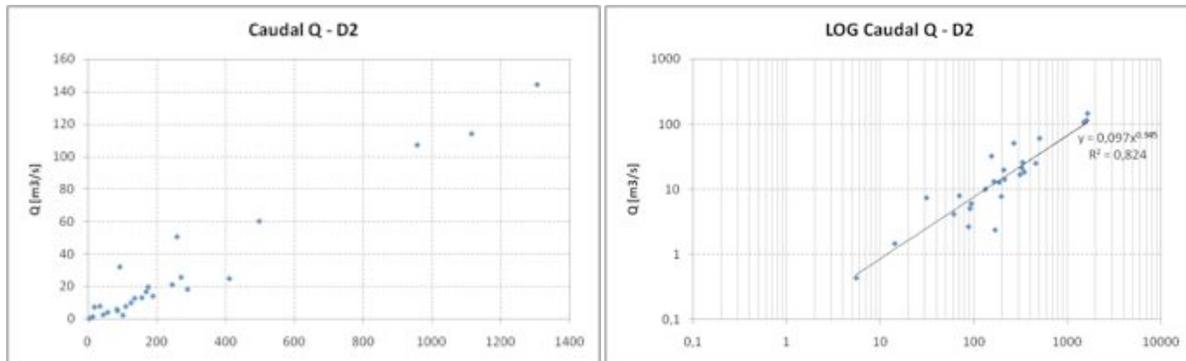


Ilustración 46: Relación de Caudal Q y D2 – Gráficos

Estos dos resultados fueron luego multiplicados nuevamente con cada uno de los parámetros, sin embargo, no se logró una mejoría de los resultados.

Paso 5

En este paso, se comprueba si la determinación de la ecuación de tendencia lineal de los dos resultados C5 y D2 sin la cuenca con la mayor desviación (Estero Manzano) es aún buena. Esto no puede confirmarse en general porque la desviación media de la ecuación de C5 disminuyó de 42,40% a 38,74%, y la de la ecuación de D2, aumentó de 36,58% a 36.70%.

Paso 6

Basándose en los resultados, puede verse que los valores de la desviación y correlación no reflejan necesariamente los resultados del cálculo del caudal. Según eso, las ecuaciones C8 y C16 con los valores de CORR 0,97 y R^2 0,83 o 0,85 deben entregar mejor resultado que las ecuaciones C5 y D2 con CORR 0,97 y R^2 0,82. Este no es el caso, por lo tanto esto permitió decidir acerca de las ecuaciones de tendencias lineales para las 72 relaciones relativamente buenas y compararlas con las diferencias de los caudales calculadas de los caudales medidos. Esta tabla se encuentra en el archivo “parametros_analisis_Q.xls”. Ella confirma las ecuaciones de D2, D1, C5 y C9 (en orden descendente) como las mejores. Dado que la ecuación de D1 difiere sólo por un factor de 0,5 de la ecuación de D2 y los resultados son casi mismos, el siguiente análisis de grupos se llevó a cabo sólo para las ecuaciones de D2, C5 y C9.

Paso 7

Finalmente las cuencas fueron divididas en grupos y determinadas las dependencias o limitaciones de la ecuación para cada grupo, aquí se muestra en las tablas Tabla 16 y Tabla 17 de ejemplos área A y orden de corriente de la ecuación D2. De esta manera se analizaron un total de 21 grupos (véase el archivo “parametros_analisis_Q.xls” para la lista completa), pero no se pudo establecer una dependencia o limitación dentro los grupos. Además, para el análisis visual de las dependencias simples (ascendente / descendente) se generó la Tabla 18 (la tabla completa se encuentra en el archivo “parametros_analisis_Q.xls”), pero nuevamente no pudieron identificarse dependencias.

Area	Q [m3/s]	Q - D2 [m3/s]	Diferencia [m3/s]	Diferencia [%]
<100 km2				
Río Reputo en Reputo	0,4	0,5	0,0	2,8
Río Laraquete en el Cajón	1,5	1,7	-0,2	13,5
100-300 km2				
Río Caramávida en Caramávida	6,0	5,9	0,1	2,4
Río Cayucupil en Cayucupil	10,1	7,9	2,2	21,8
Río Butamalal en Butamalal	5,1	4,8	0,3	5,0
Río Purapel en Nirivilo	2,7	7,5	-4,8	179,7
Río Lirquén en Cerro El Padre	8,0	4,6	3,4	42,5
Río Pingüeral en Dichato	4,2	6,2	-2,1	50,2
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	12,8	8,1	4,7	36,4
Río Diguillin en San Lorenzo	16,8	8,8	8,0	47,5
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	2,4	7,4	-5,0	211,5
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	7,4	2,4	5,0	67,7
400-800 km2				
Río Nicodahue en Pichún	25,0	40,2	-15,3	61,1
Río Malleco en Collipulli	25,7	18,9	6,9	26,7
Río Andalien Camino a Penco	13,2	19,5	-6,3	48,1
RIO DONGUIL EN GORBEA	32,2	19,6	12,6	39,1
Río Cauquenes en El Arrayan	7,8	12,1	-4,3	55,4
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	50,7	30,6	20,1	39,7
RIO QUILLEN EN GALVARINO	19,8	22,0	-2,2	11,4
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	21,2	33,6	-12,3	58,1
>1000 km2				
Río Carampangue en Carampangue	60,3	52,0	8,3	13,7
Río Lonquén en Trehuaco.	14,2	26,2	-12,1	85,4
RIO LUMACO EN LUMACO	18,3	31,7	-13,4	72,9
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	144,5	90,1	54,3	37,6
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	107,3	74,4	32,9	30,7
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	114,1	68,1	46,0	40,3

Tabla 16: Grupos Área – Resultados de D2

Stream number	Q [m3/s]	Q - D2 [m3/s]	Diferencia [m3/s]	Diferencia [%]
1				
RIO QUILLEN EN GALVARINO	19,8	22,0	-2,2	11,4
Río Reputo en Reputo	0,4	0,5	0,0	2,8
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	12,8	8,1	4,7	36,4
2				
Río Butamalal en Butamalal	5,1	4,8	0,3	5,0
Río Caramávida en Caramávida	6,0	5,9	0,1	2,4
Río Cayucupil en Cayucupil	10,1	7,9	2,2	21,8
Río Diguillin en San Lorenzo	16,8	8,8	8,0	47,5
Río Laraquete en el Cajón	1,5	1,7	-0,2	13,5
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	7,4	2,4	5,0	67,7
3				
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	2,4	7,4	-5,0	211,5
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	144,5	90,1	54,3	37,6
Río Cauquenes en El Arrayan	7,8	12,1	-4,3	55,4
Río Pingüeral en Dichato	4,2	6,2	-2,1	50,2
Río Purapel en Nirivilo	2,7	7,5	-4,8	179,7
Río Malleco en Collipulli	25,7	18,9	6,9	26,7
Río Lirquén en Cerro El Padre	8,0	4,6	3,4	42,5
4				
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	21,2	33,6	-12,3	58,1
Río Andalien Camino a Penco	13,2	19,5	-6,3	48,1
Río Carampangue en Carampangue	60,3	52,0	8,3	13,7
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	107,3	74,4	32,9	30,7
RIO DONGUIL EN GORBEA	32,2	19,6	12,6	39,1
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	50,7	30,6	20,1	39,7
Río Lonquén en Trehuaco.	14,2	26,2	-12,1	85,4
Río Nicodahue en Pichún	25,0	40,2	-15,3	61,1
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	114,1	68,1	46,0	40,3
5				
RIO LUMACO EN LUMACO	18,3	31,7	-13,4	72,9

Tabla 17: Grupos Orden de corriente – Resultados de D2

Relation Q - Parámetro original	Q	Ex	RF	la	Lv	Lca	Lo	L	IS	ΣLi	t
Cuenca	[m3/s]		[-]	[-]	[km]	[km]	km/km2	[km]	[-]	[km]	[-]
Río Reputo en Reputo	0,44	N	0,40	1,32	72,5	55,4	0,23	93,8	1,29	190,7	19,46
Río Laraquete en el Cajón	1,47	S	0,47	1,54	79,9	52,2	0,22	119,9	1,50	307,1	3,45
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	2,38	N	0,49	2,05	40,5	31,9	0,32	78,7	1,94	469,1	0,90
Río Purapel en Nirivilo	2,67	NW	0,42	1,66	19,8	14,3	0,19	29,3	1,48	43,41	2,03
Río Pingual en Dichato	4,15	SW	0,54	1,99	75,8	57,7	0,35	114,7	1,51	498,3	4,48
Río Butamalal en Butamalal	5,08	SW	0,36	2,58	21,9	14,4	0,20	28,6	1,31	59,95	0,64
Río Caramávida en Caramávida	6,02	NW	0,29	1,63	50,0	33,8	0,24	82,1	1,64	585,8	0,40
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	7,4	E	0,34	1,73	40,8	28,8	0,21	82,3	2,02	438,9	0,74
Río Cauquenes en El Arrayan	7,78	W	0,41	1,48	28,1	27,3	0,20	50,4	1,80	93,91	2,24
Río Lirquén en Cerro El Padre	7,95	NW	0,30	1,13	25,9	30,5	0,11	30,5	1,18	47,24	3,12
Río Cayucupil en Cayucupil	10,05	W	0,35	2,01	54,3	37,1	0,20	75,9	1,40	524,5	0,62
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	12,81	W	0,39	3,19	37,5	34,3	0,26	67,7	1,81	383,2	0,72
Río Andalien Camino a Penco	13,16	SW	0,36	1,43	31,8	38,2	0,12	39,1	1,23	38,2	5,48
Río Lonquén en Trehuaco.	14,16	SW	0,25	1,18	5,1	3,1	0,16	5,7	1,12	5,191	0,44
Río Diguillin en San Lorenzo	16,8	W	0,47	1,97	9,2	7,6	0,32	16,9	1,84	22,89	0,63
RIO LUMACO EN LUMACO	18,32	N	0,26	1,38	13,7	6,2	0,31	16,9	1,24	66,42	0,57
RIO QUILLEN EN GALVARINO	19,76	NE	0,38	2,86	18,2	12,4	0,19	26,8	1,47	57,47	0,90
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	21,23	N	0,36	4,78	42,7	34,1	0,25	70,5	1,65	399,8	0,31
Río Nicodahue en Pichún	24,98	W	0,30	1,31	69,8	30,5	0,15	93,2	1,33	432,5	0,35
Río Malleco en Collipulli	25,74	S	0,40	5,40	22,4	18,6	0,21	34,0	1,52	69,99	1,86
RIO DONGUIL EN GORBEA	32,19	W	0,42	1,70	20,4	13,8	0,26	29,7	1,46	70,46	1,07
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	50,7	W	0,38	1,46	38,9	30,8	0,18	69,6	1,79	274,5	0,49
Río Carampangue en Carampangue	60,26	S	0,38	1,22	81,1	72,7	0,18	113,0	1,39	595,2	2,18
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	107,25	NE	0,25	1,09	36,8	24,9	0,14	52,1	1,41	174,3	0,26
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	114,11	N	0,38	1,61	47,3	63,3	0,16	100,4	2,12	373,5	0,96
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	144,47	E	0,28	1,89	25,6	13,2	0,29	37,5	1,47	155,1	1,07

Tabla 18: Relación Q y Parámetros geomorfológicos – Tabla visual (parte)

Paso 8

La relación $Q1/Q2 = (A1/A2)^n$ para cuencas similares en los parámetros ha sido analizada en base a los grupos previamente determinados. No se encontró una relación, porque los valores de $Q1/Q2$ y $A1/A2$ no siempre eran ascendente / descendente en la misma manera. Los cálculos se incluyen en el archivo "parametros_analisis_Q.xls".

4.5.4 Parámetros en relación con los demás

Los parámetros geomorfológicos fueron correlacionados entre ellos directamente. Los parámetros que dependen directamente entre los mismos no se incluyeron en los resultados, ya que esta correlación obviamente existe y proporciona valores para CORR de 1,0. De esta manera, se han encontrado 7 dependencias, la mayoría de las cuales se formó con los "parámetros de auxiliares". El resultado se lista en el archivo "parámetros_analisis_otros.xls", se muestran los dos mejores resultados. Estos son las relaciones de RL4 (ΣLi Longitud de todos los cauces con Longitud L1 de los cauces del orden 1) y RL5 (área A con área A1 de los cauces del orden 1). Los valores de CORR y R^2 son 0,99 o 0,98 y 0,98 o 0,94.

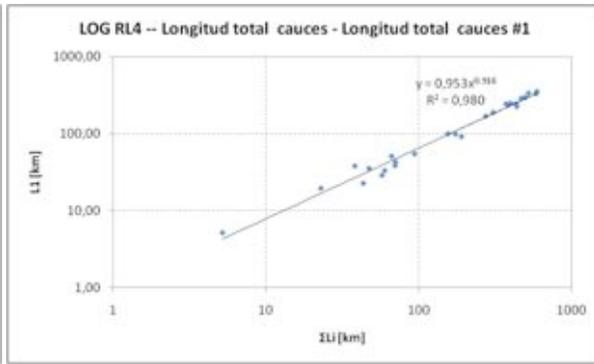
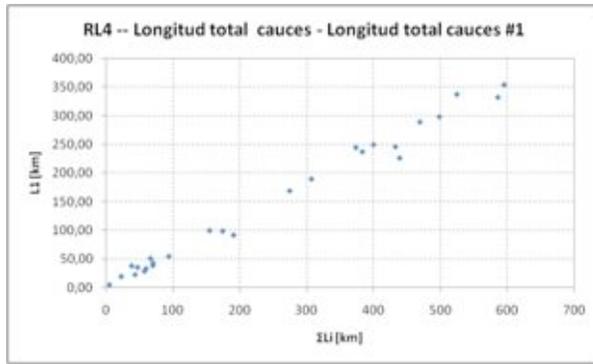


Ilustración 47: Relación de ΣL_i y L_1 – Gráficos

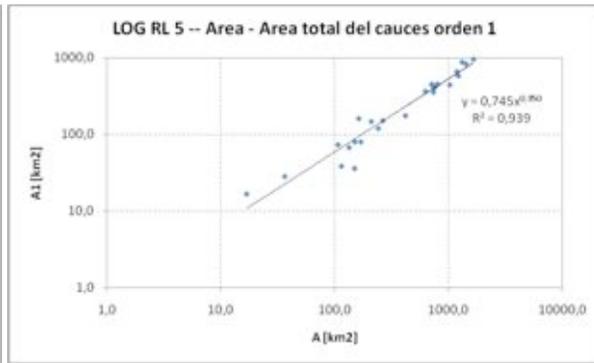
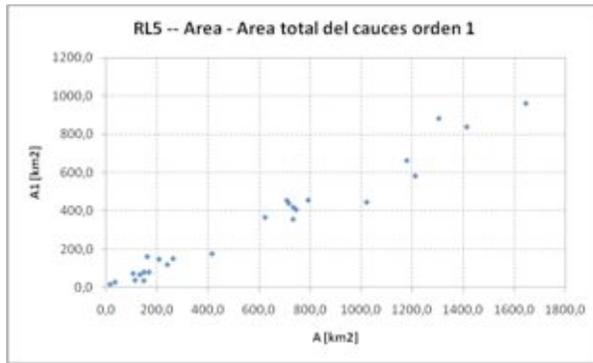


Ilustración 48: Relación de A y A_1 – Gráficos

4.5.5 Resumen

En resumen, ninguna de las relaciones entre parámetros y caudal son realmente satisfactorias. La mejor relación (D2) con la ecuación $Q = \Sigma Li \cdot Hm / Dd / 1000$ tiene una desviación media de caudales medidos y calculados de 37% aproximadamente. Esto puede deberse, por ejemplo, a los errores de medición de caudales, se producen desviaciones de 65% hasta 219% para algunas cuencas. No pueden también encontrarse ninguna relación entre la calidad de los resultados y otros parámetros como la distribución del uso del suelo o la geología en el análisis de grupos.

En la Tabla 19 siguiente muestra esos resultados de las relaciones de D2, C5 y C9.

Cuenca	Dif-D2 [%]	Dif-C5 [%]	Dif-C9 [%]
Río Carampangue en Carampangue	43,1	27,8	25,7
Río Caramávida en Caramávida	6,3	36,8	40,8
Río Cayucupil en Cayucupil	7,7	18,4	21,9
Río Butamalal en Butamalal	27,6	64,3	69,1
Río Nicodahue en Pichún	14,5	45,5	49,8
Río Reputo en Reputo	9,0	19,9	23,4
Río Laraquete en el Cajón	22,3	1,5	4,5
Río Malleco en Collipulli	25,1	4,5	1,7
Río Purapel en Nirivilo	29,7	67,9	72,8
Río Lirquén en Cerro El Padre	65,5	55,3	54,0
Río Andalien Camino a Penco	12,8	11,7	15,0
Río Pingueral en Dichato	7,0	38,2	42,3
Río Cauquenes en El Arrayan	5,3	35,3	39,2
Río Lonquén en Trehuaco.	3,3	23,7	27,4
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	21,8	0,3	3,2
Río Diguillin en San Lorenzo	26,6	6,0	3,3
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	63,6	53,5	52,2
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	219,3	310,6	322,5
RIO LUMACO EN LUMACO	12,1	43,0	47,2
RIO QUILLEN EN GALVARINO	35,4	17,3	14,9
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	17,4	5,4	8,5
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	40,9	25,6	23,4
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	40,7	25,1	22,9
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	35,6	18,8	16,4
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	79,8	73,7	72,9
RIO DONGUIL EN GORBEA	78,3	72,1	71,3
Suma Dif-%	951,0	1102,5	1146,2
Dif media	36,58	42,40	44,09

Tabla 19: Diferencias de los caudales calculados y medidos – Relaciones D2, C5 y C9

5 Análisis y selección de los datos

5.1 Procedimiento

Los datos de la precipitación, caudales y evaporación se consideraran en la segunda parte de este estudio, en las simulaciones de la escorrentía generadas con el programa SIMED. Los datos fueron analizados a través de valores diarios y mensuales para varias estaciones e isolíneas (promedio anual de precipitaciones y evaporación) obtenidas del balance hídrico realizado por la DGA. Las estaciones para los caudales están situadas a la salida de cada cuenca, las estaciones de precipitación y evaporación han sido seleccionadas, de manera de cubrir adecuadamente la zona de estudio.

Los datos diarios están representados gráficamente en EXCEL, el análisis de datos faltantes e irregularidades también fueron considerados, con esto se creó una tabla (véase el archivo “resumen_datos_disponibles.xls” y anexos A hasta E). Se han tenido sólo en cuenta los años con más de 10 meses con información, pues de lo contrario para la simulación, deben rellenarse demasiados datos, lo que tal vez no represente la realidad. Utilizando la tabla y la ubicación de las estaciones en SIG, las estaciones adecuadas para las cuencas y los períodos de simulación adecuados para la calibración y verificación se seleccionaron para cada cuenca (véase el Capítulo 5.5).

Sobre la base de datos de los caudales, las cuencas fueron también examinadas en para determinar o no alguna influencia nival. Esto es indeseable para una simulación, pues el programa SIMED sólo considera cuencas del tipo.

Utilizando los polígonos de Thiessen, se determinaron valores mensuales promedio e isolíneas para estaciones seleccionadas con años completos, valores promedio de precipitación y evaporación para cada una, los que permiten una comparación entre las cuencas y también se necesitan para el cálculo de los parámetros A y B necesarios en la simulación. También se generaron los valores medios diarios de la precipitación y evaporación para los periodos de calibración y validación, usando los polígonos de Thiessen.

La relación entre precipitación y caudal fue analizada para revelar nuevas dependencias y para poder comparar las cuencas.

Por último, se examinó la distribución horaria de la precipitación necesaria para la simulación, basada en datos pluviográficos. Actualmente no están disponibles informaciones sobre la distribución de evaporación horaria en Chile.

5.2 Datos de los caudales

5.2.1 Análisis de datos diarios

Los caudales de las cuencas medidos en 26 estaciones (véase la Tabla 20) - cada uno en cada salida de cada cuenca. Todos los datos diarios disponibles de una cuenca se han resumido en un gráfico (ver anexo A). Aparte de ausencias de datos se encontraron anomalías sólo en la estación de Río Cauquenes en el Arrayan. Los caudales aparecen “cortados” entre los años 1945 y alrededor de 1969 en $60 \text{ m}^3/\text{s}$ y no hay valores más grandes (ver Ilustración 49). Luego fueron examinadas las curvas de descarga y aforos sistemáticos, que son la base de la interpolación de los caudales medidos con el nivel de agua. Los datos estaban disponibles para el período de 1945-1990 y 1990-2011. Los gráficos: Ilustración 50 e Ilustración 51 muestran las curvas (fechas) con los valores medidos (series). Los gráficos muestran claramente que las curvas no coinciden con las series en los años 1945 hasta 1990. Sin embargo, no hay explicación para clara de porque se mantiene un caudal $60 \text{ m}^3/\text{s}$ en ese periodo. El período de 1945 a 1969 fue etiquetado como defectuoso para esta estación en el resumen de datos y descartado para calibración y verificación. Aún así, se han identificado cambios en 7 cuencas durante las curvas de caudal. Por un lado, se encontró aumento un de escurrimiento máximo y por otro lado aumentando o declive del caudal base. Los cambios se ilustran en las figuras Ilustración 52 hasta Ilustración 58.

Tabla 20 muestra el resumen de los datos disponibles, que también se encuentra en el archivo “resumen_datos_disponibles.xls”.

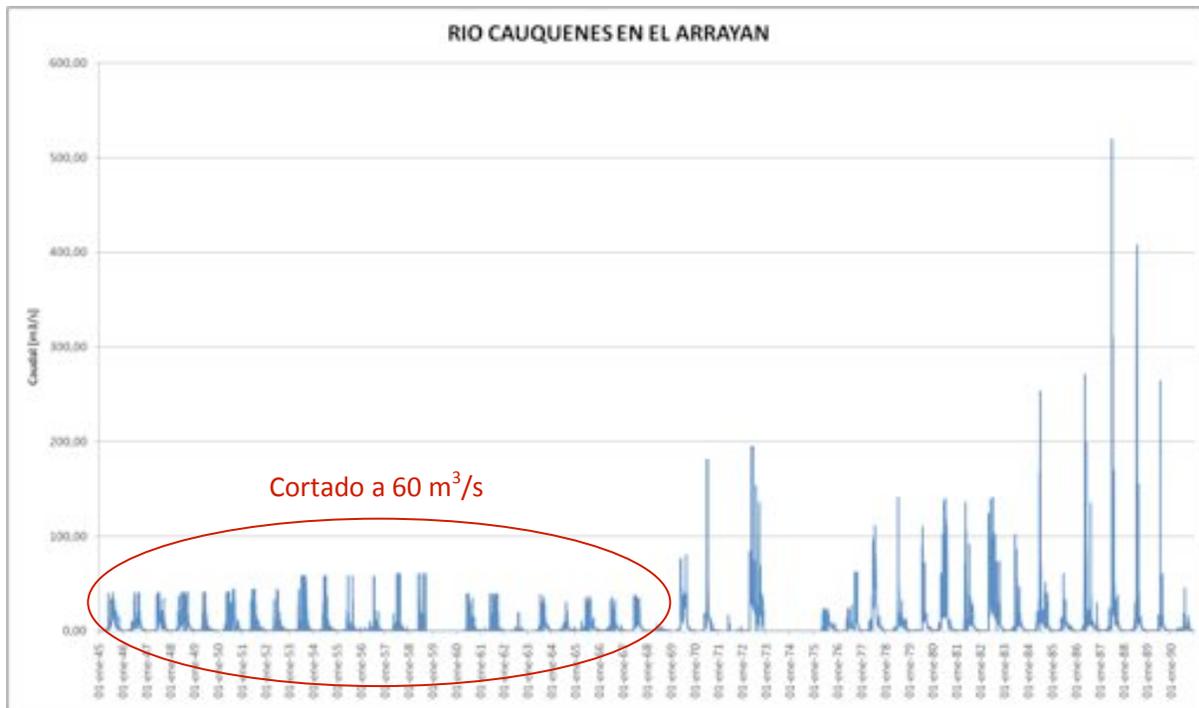


Ilustración 49: Caudales Río Cauquenes en el Arrayan – Años 1945-1969 malos

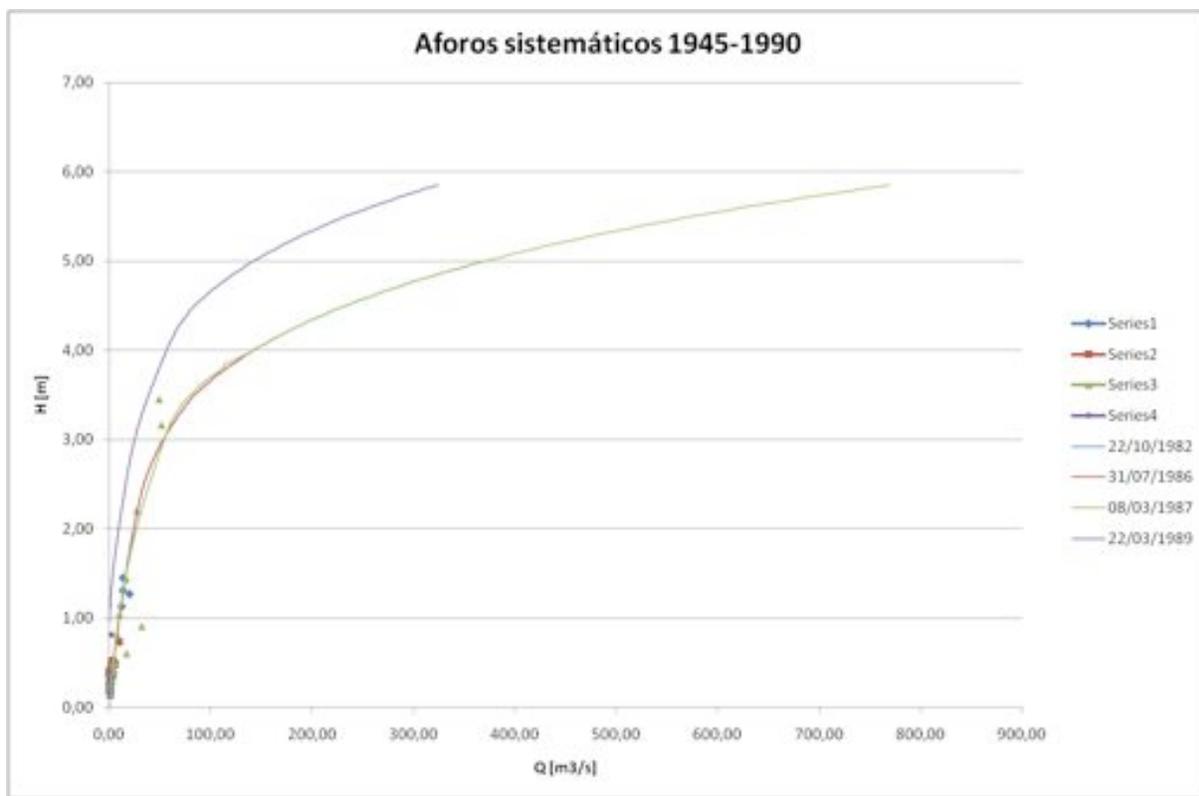


Ilustración 50: Aforos sistemáticos (series) y curvas de descarga 1945-1990 – Cauquenes en el Arrayan

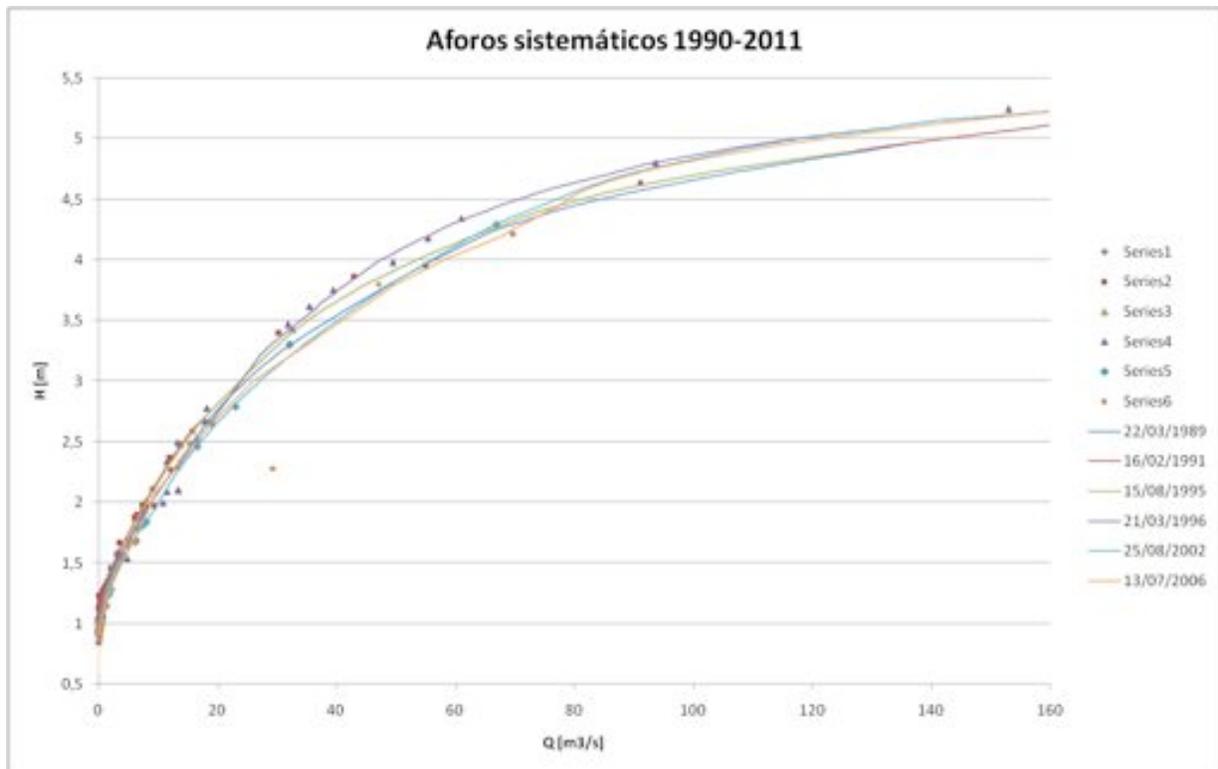


Ilustración 51: Aforos sistemáticos (series) y curvas de descarga 1990-2011 – Cauquenes en el Arrayan

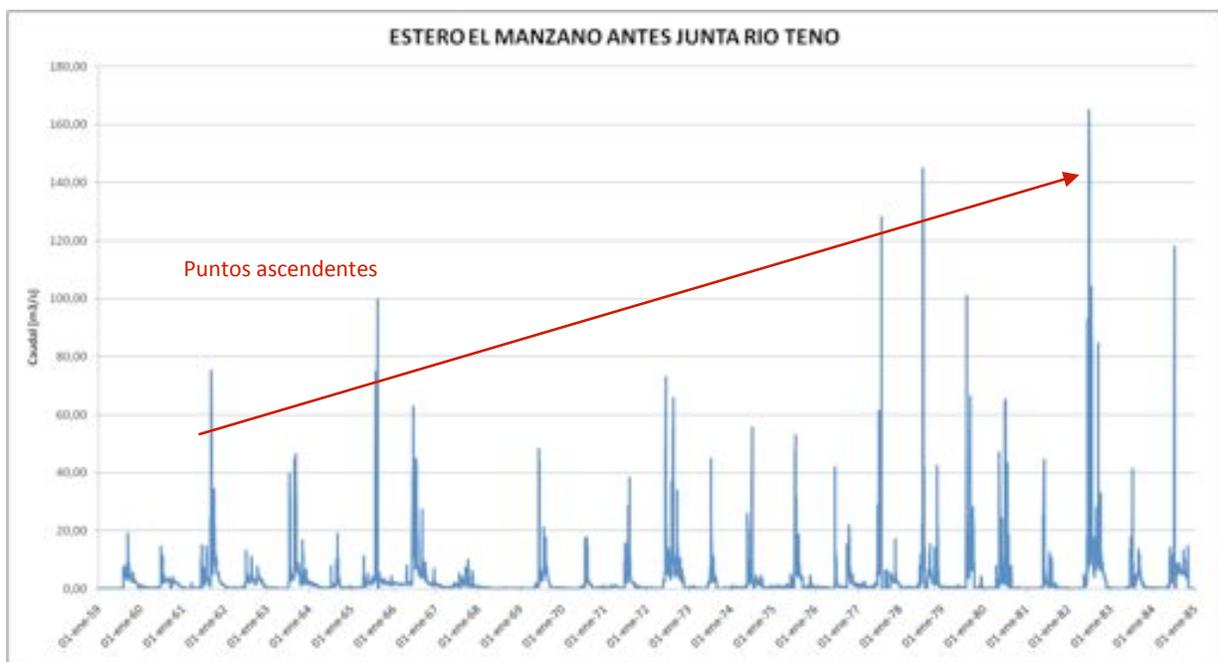


Ilustración 52: Caudales Estero el Manzano - Puntos ascendentes

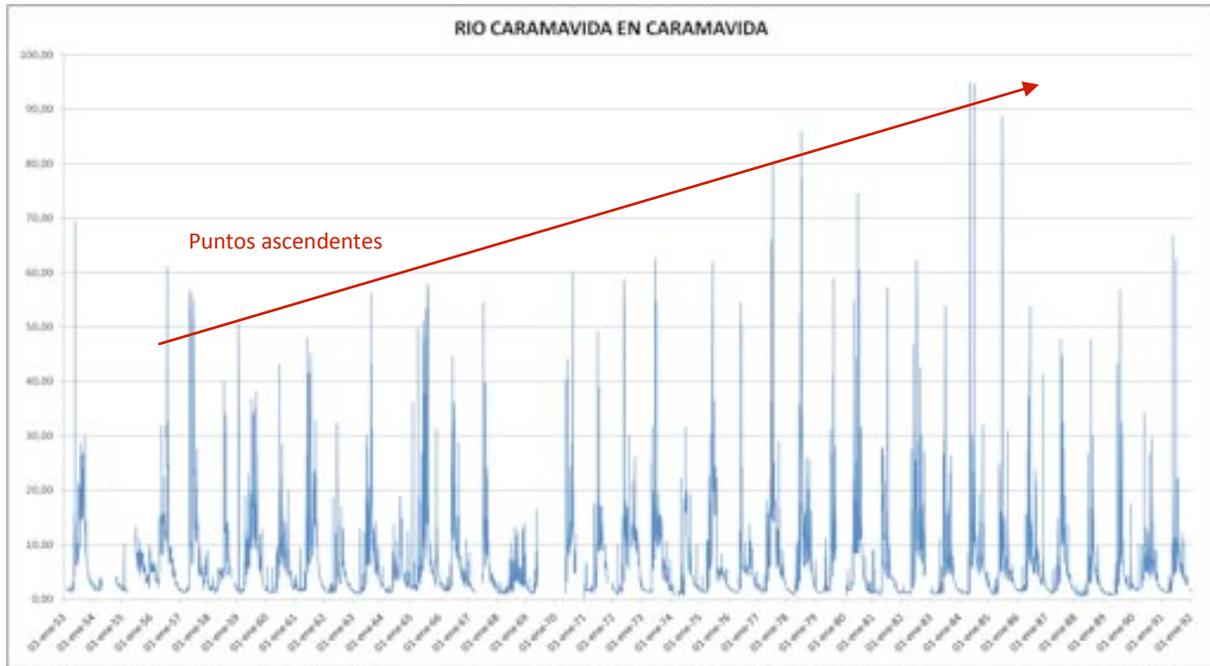


Ilustración 53: Caudales Río Caramávida - Puntos ascendentes

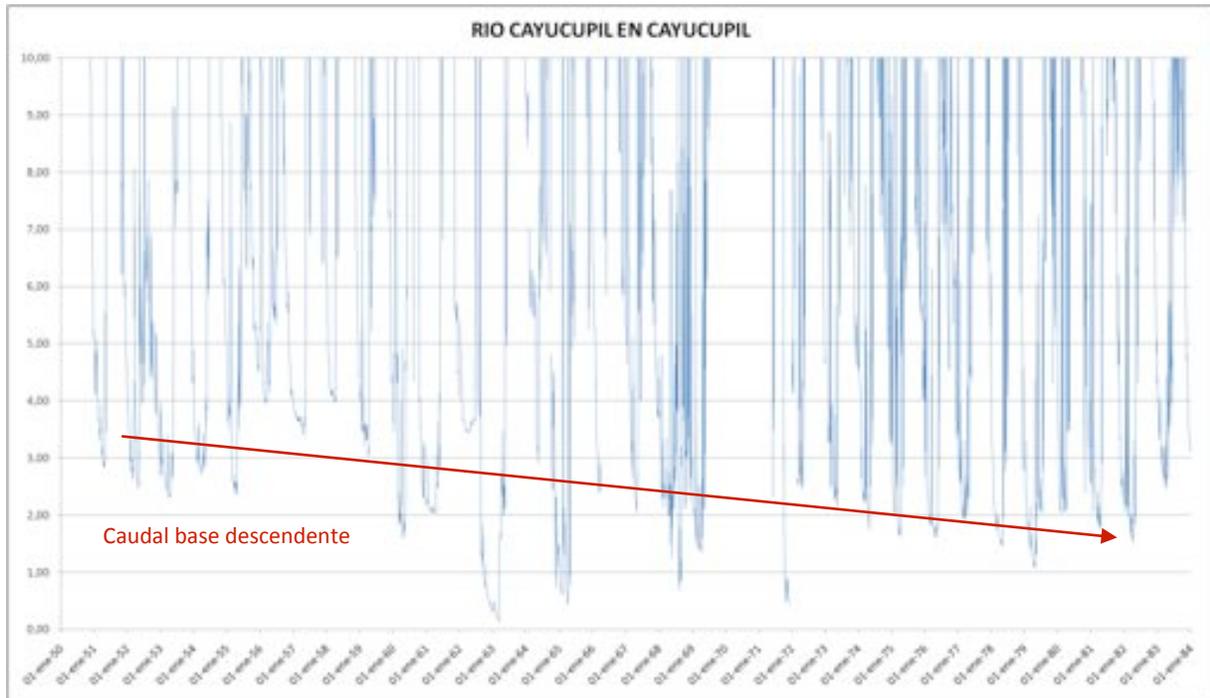


Ilustración 54: Caudales Río Cayucupil – Caudal base descendente

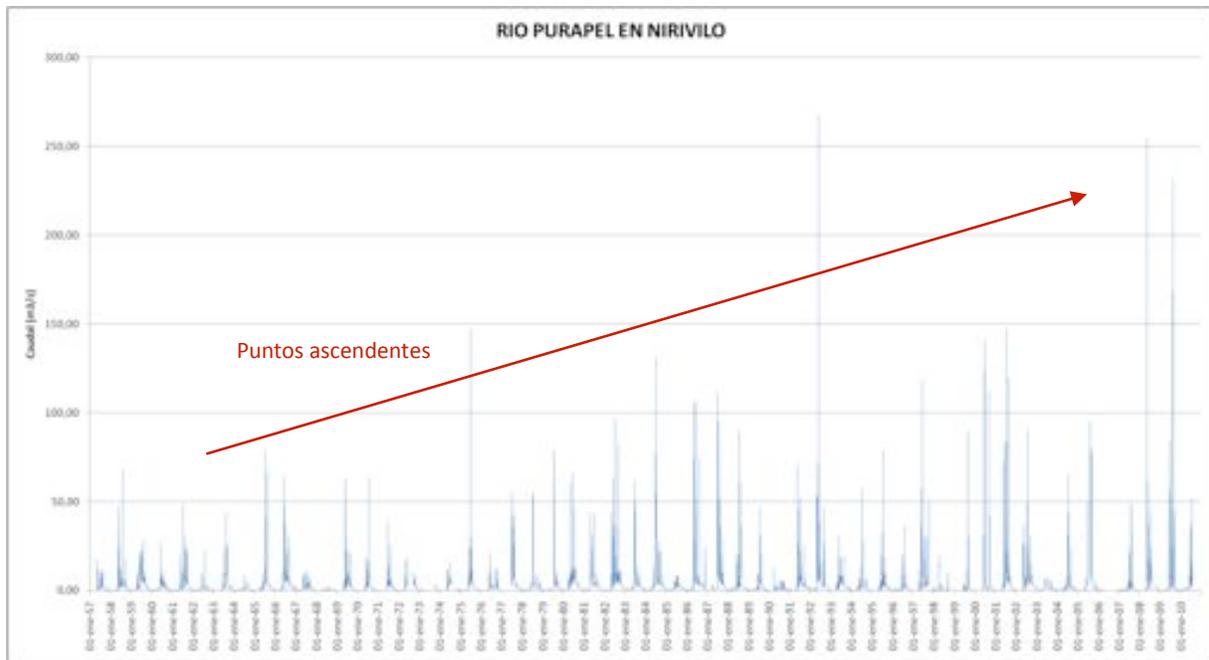


Ilustración 55: Caudales Río Purapel - Puntos ascendentes

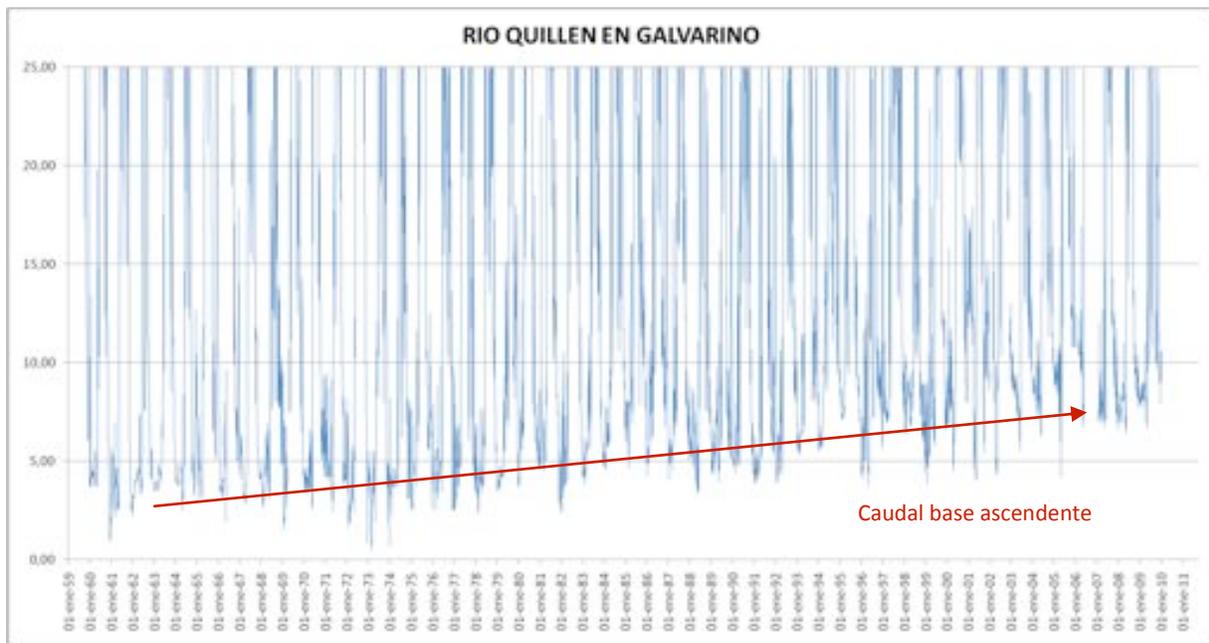


Ilustración 56: Caudales Río Quillén – Caudal base ascendente

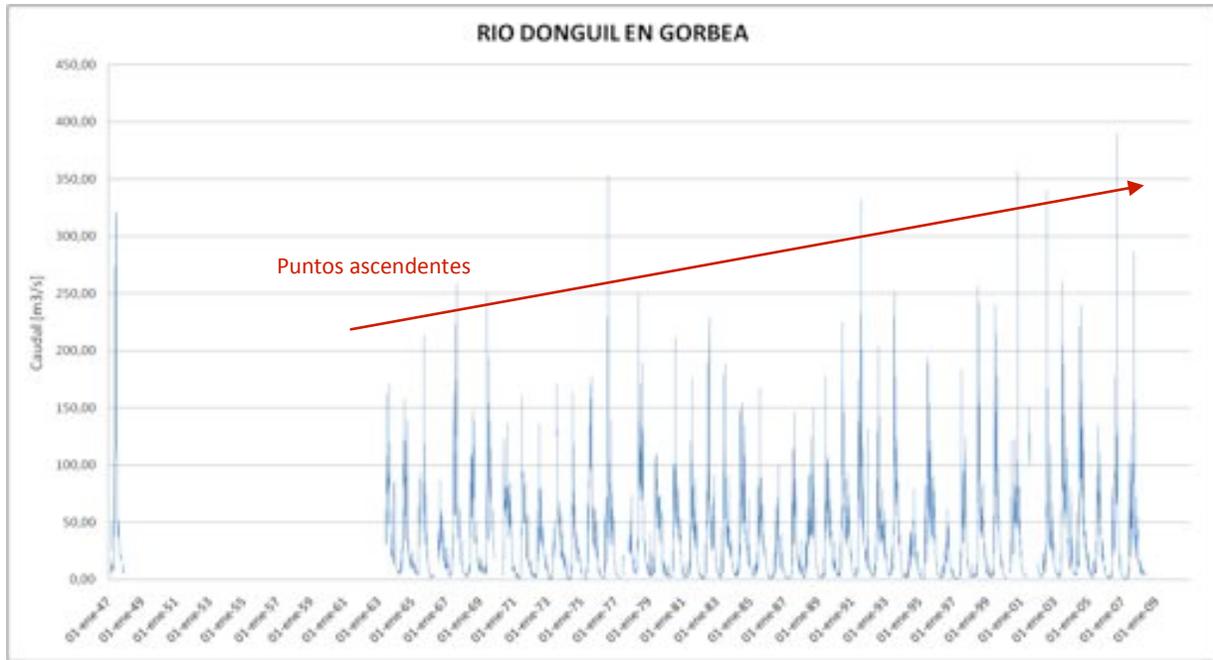


Ilustración 57: Caudales Río Dónguila - Puntos ascendentes

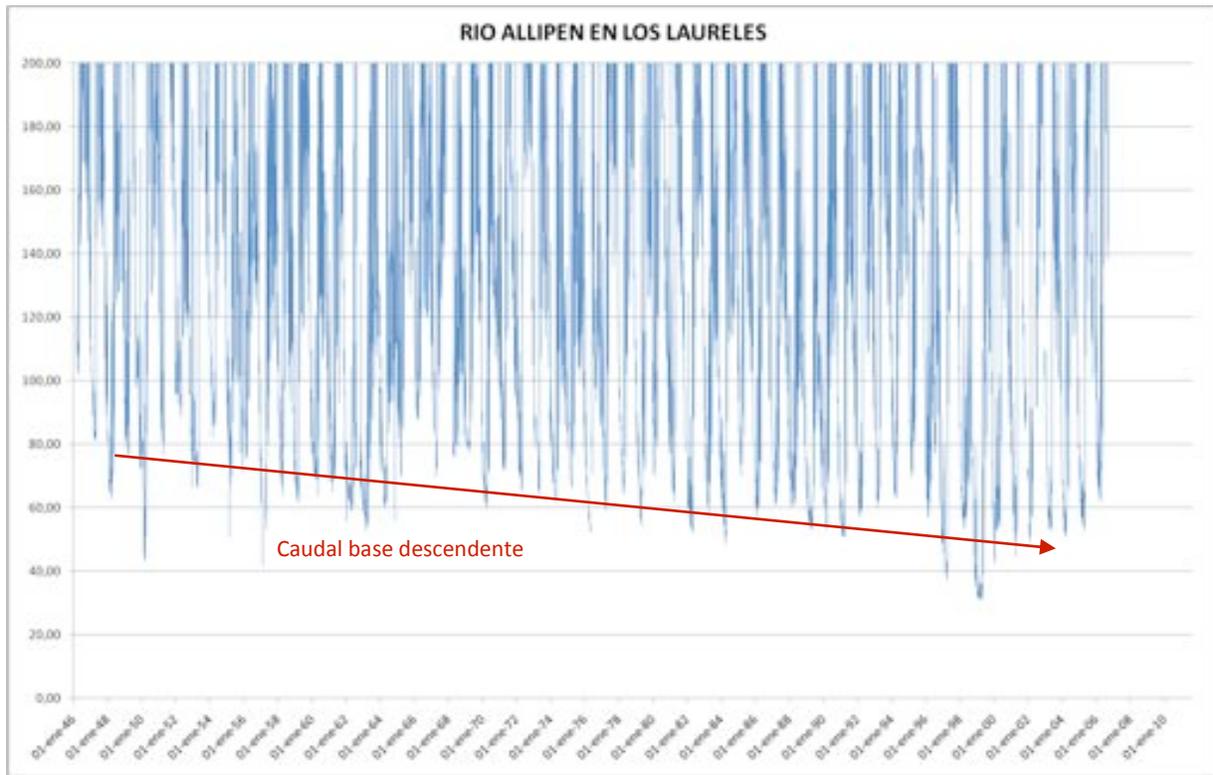


Ilustración 58: Caudales Río Allipén – Caudal base descendente

5.2.2 Asignación de las cuencas a los regímenes pluvial/nival

Utilizando Weibull se graficaron los datos analizados para determinar la influencia del derretimiento de la nieve y clasificar las cuencas como pluvial o nival. Los gráficos se encuentran en el anexo B. Los caudales de las cuencas pluviales muestran que durante los meses de invierno, de abril a octubre, son mayores que en los meses de verano, en caso contrario indican un deshielo. Los gráficos de Weibull representan las probabilidades de excedencia de los caudales. La Tabla 21 resume los resultados. Cinco de las 26 cuencas tienen nieves y glaciares en el sahape de los usos de suelo, esto se refleja también en los gráficos. Las curvas de caudales de estas cuencas muestran que para diciembre / enero los caudales caen muy débilmente en los meses de verano. Tres cuencas muestran el mismo comportamiento, aunque el uso del suelo no contiene nieves y glaciares. Los datos diarios de la precipitación registran eventos de precipitación regularmente durante los meses de invierno. La cuenca del Río Pingueral en Dichato tiene pocos datos de caudal disponibles, lo que no permite una evaluación. Cuatro cuencas tienen parcialmente muy pocos datos para representar plenamente algunas curvas individuales. Sin embargo, una evaluación puede hacerse sobre la base de las otras curvas.

Cuencas Región VII y VIII	Régimen	Comentario
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	pluvial	
Río Andalien Camino a Penco	pluvial	
Río Butamalal en Butamalal	pluvial	Precipitación en diciembre (Cañete y Parque Nahuelbuta)
Río Caramávida en Caramávida	pluvial	
Río Carampangue en Carampangue	pluvial	
Río Cauquenes en El Arrayan	pluvial	
Río Cayucupil en Cayucupil	pluvial	Precipitación en diciembre (Cañete y Parque Nahuelbuta)
Río Diguillin en San Lorenzo	nival-pluvial	uso de suelo con nieves y glaciares
Río Laraquete en el Cajón	pluvial	pocos datos de 5%
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	pluvial	pocos datos de 5%
Río Lirquén en Cerro El Padre	pluvial	Precipitación en diciembre
Río Lonquén en Trehuaco	pluvial	pocos datos de 10% y 5%
Río Malleco en Collipulli	pluvial	
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	nival-pluvial	uso de suelo con nieves y glaciares
Río Nicodahue en Pichún	pluvial	pocos datos de 95%
Río Pingueral en Dichato	--	pocos datos
Río Purapel en Nirivilo	pluvial	
Río Reputo en Reputo	pluvial	
Región IX		
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	pluvial	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	nival-pluvial	uso de suelo con nieves y glaciares
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	nival-pluvial	uso de suelo con nieves y glaciares
RIO DONGUIL EN GORBEA	pluvial	
RIO LUMACO EN LUMACO	pluvial	
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	pluvial	
RIO QUILLEN EN GALVARINO	pluvial	
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	nival-pluvial	uso de suelo con nieves y glaciares

Tabla 21: Régimen de las cuencas – nival / pluvial

5.3 Análisis de datos diarios de la precipitación

Para la evaluación de las precipitaciones se consideraron 110 estaciones (ver Tabla 23 y Tabla 24) se seleccionaron las más cercanas, en general el área de influencia de estas estaciones coincide con el área de influencia de las estaciones de los dos proyectos anteriores. Para los valores de precipitación diaria y caudales, se ha demostrado gráficamente y comprobado la falta de datos y la presencia de irregularidades. Los gráficos se muestran en el anexo C, así como en el archivo “precipitación_dia_graficos.docx”. El análisis de los datos muestra a menudo los siguientes fenómenos:

Eventos de precipitaciones extremas:

Estos eventos con hasta 800 mm por día van mucho más allá de la gama realista y otros eventos de fuertes lluvias "normales". Debido a la precipitación en zonas remotas en general se miden a través de observadores residentes, es probablemente la existencia de algún error manual o la transferencia de los datos en el PC. Serían posibles explicaciones: la precipitación fue anormal, o podría haber un fallo de coma, para que en lugar de 800 mm el valor real corresponda a 80,0 mm. Esta variante parece producir valores a menudo apropiados, pero no se sabe si esto se corresponde con la realidad. Una comparación con los datos de los caudales no es simple y única, porque la curva de los eventos de precipitación así como eventos anteriores es importante. Por lo tanto, es posible que algunos eventos moderados también pudieran ser interpretados de distinta manera. Los resultados de la revisión están en forma gráfica en el anexo D y en el archivo “comparacion_PP_Q_graficos.docx” y en forma tabular en Tabla 22. Eventos que no podían ser verificados debido a la falta de datos adecuadas en las estaciones fueron excluidos para la calibración y verificación.

Un fenómeno similar, en el que durante algunos años de muy alta precipitación (única estación: Los Queñes), es probablemente debido a razones similares. También, este período no se tuvo en cuenta.

Datos "truncados":

A menudo habían los períodos, con sus valores máximos no superior a 50 mm (con la excepción de dos estaciones, su valores máximos no exceder 60 y 85 mm). Según del Departamento de hidrología, los pluviómetros están diseñados para recoger la precipitación en un tubo con capacidad de 50 mm. Si llueve más, este tubo se rebasa y rellena el contenedor circundante (véase la Ilustración 59). Es muy probable que el observador pudo haber ignorado el agua caída alrededor y no sumo el contenido al momento de generar el dato diario y por tanto sólo marcó 50 mm. Esos períodos también fueron excluidos de la calibración y verificación y se incluyen en la Tabla 22.



Ilustración 59: Pluviómetro

También se produce una vez, el siguiente fenómeno, en el que probablemente haya redondeado la medida de la observación de la precipitación en pasos de 5 mm (estación Quillén) durante un período largo de tiempo. Esta zona fue excluida también.

Estación pluviométrica	Comparación PP con la estación	Comparación Q con la cuenca	Comentario
ANDALIEN	--	Río Andalien Camino a Penco	--
ANGOL (LA MONA)	PARQUE NAHUELBUTA COLLIPULLI ERCILLA (VIDA NUEVA)	Río Nicodahue en Pichún	Peak 25-may-05 falso
ATACALCO FUNDO	DIGUILLIN LAS TRANCAS SAN LORENZO FUNDO	Río Diguillin en San Lorenzo	Peaks 17-jun-74 y 08-jul-04 falsos
BULLILEO EMBALSE	DIGUA EMBALSE	--	Peaks 25-jun-60, 17-jun-74 y 08-abr-04 falsos
CAMAN	--	--	--
CANCHA LOS LITRES	CHILLANCITO RAFAEL	--	--
CAÑETE	--	no hay datos para comparación	Peak 17-may-05 ?
CARACOL	--	--	--
CARANPANGUE	--	--	--
CERRO EL PADRE	RIO BIOBIO EN RUCALHUE POCO A POCO	Río Lirquén en Cerro El Padre	Peaks 25-jun-73 y 13-oct-02 falsos
CHERQUENCO	--	--	--
CHILLANCITO	no hay datos para comparación	--	Peak 25-may-85 ?
CHOLGUAN	TUCAPEL	--	Peaks 25-may-86 y 16-jun-00 falso
COELEMU	SAN AGUSTIN DE PUÑUAL	Río Lonquén en Trehuaco	Peak 17-jun-05 falso
COIHUECO EMB	--	no hay datos para comparación	Peak ? 26-feb-02 ?
COLLIPULLI	no hay datos para comparación	Río Malleco en Collipulli	Peak 25-may-92 falso
COLORADO	--	--	Peak 17-jul-07 ?
CONCEPCION DGA	--	--	--
CONCEPCION EDIFICIO MOP	--	Río Andalien Camino a Penco	Peak 26-jun-05 verdad
CONTULMO	--	--	--
CUNCO	QUECHEREGUA	RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	--
CURACAUTIN	RARI-RUCA	RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	--
CURANILAHUE	--	--	--
CURARREHUE	--	RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	Peak 29-jul-91 falso
DICHATO	ESTERO BELLAVISTA	no hay datos para comparación	Peak 25-jul-10 falso
DIGUA EMBALSE	BULLILEO EMBALSE SAN MANUEL EN PERQUILAUQUEN	--	Peaks 25-jul-77 y 12-jun-06 falsos
DIGUILLIN	ATACALCO FUNDO	Río Diguillin en San Lorenzo	Peaks 29-jun-89, 26-feb-02 y 17-jun-03 falsos
EL ALAMO	--	--	--
EL MANZANO	RIO TENO DESPUES DE JUNTA CON CLARO SANTA SUSANA	no hay datos para comparación	Peaks 25-ago-89 y 17-jun-03 falsos
EL MORRO	--	--	--
EL VERGEL (ANGOL)	--	--	--
ENCINAR MALLECO	--	--	--
ERCILLA (VIDA NUEVA)	--	--	--
ESTERO BELLAVISTA EN TOME	--	--	--
ESTERO HUALQUI EN DESEMBOCADURA	--	--	--
ESTERO NONGUEN FRENTE U. BIO BIO	--	--	--
ESTERO PLEGARIAS ANTES JUNTA RIO CURANILAHUE	--	--	--
FREIRE	--	--	--
FREIRE CAMPAMENTO FISCAL	--	--	--
FREIRE SENDOS	--	--	--
GALVARINO	--	RIO QUILLEN EN GALVARINO	Peak 25-jun-09 falso
GUALLECO	--	--	Peak 25-may-91 y 16-jun-05 ?
HUERTA DEL MAULE	--	--	--
LA ESTRELLA	--	--	--
LA PUNILLA	--	--	--
LA RUFINA	no hay datos para comparación	--	Peaks 25-jun-59 y 17-jul-73 ?
LAGO CABURGUA	--	--	--
LAGO TINQUILCO	--	--	--
LAGUNA MALLECO	--	Río Malleco en Collipulli	Peak 25-may-85 falso
LAJA	LAS ACHIRAS FUNDO LOS ANGELES	--	Peak 17-may-05 falso
LAS ACHIRAS FUNDO	LAJA	--	Peak 17-may-08 falso
LAS MERCEDES (VICTORIA)	--	--	--
LAS PATAGUAS	--	--	--
LAS TRANCAS	ATACALCO FUNDO SAN LORENZO FUNDO	Río Diguillin en San Lorenzo	Peak 17-ago-05 falso
LAUTARO	QUILLEN	RIO QUILLEN EN GALVARINO	Peak 17-jun-97 falso
LLAFENCO	no hay datos para comparación	RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	Peak 17-ago-09 falso
LONCOCHE	QUITRATUE	--	Peak 02-jun-00 verdad
LONQUIMAY	--	--	--
LOS ANGELES	--	--	--
LOS LAURELES	--	--	--
LOS QUEÑES	EL MANZANO	--	Peaks 17-jun-33 (?) y 17-jun-62 falso
LUMACO	--	RIO LUMACO EN LUMACO	Peak 25-jul-78 falso
MALALCAHUELLO	--	--	--
MANGARRAL	--	Río Lonquén en Trehuaco	Peak 26-feb-02 (falso) y 17-jun-09 (verdad)
MANZANAR	--	RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	Peak 27-may-72 y 18-jun-76 verdad
MILLAUQUEN	--	--	--
MONTE OSCURO	--	--	--
NIRIVILO	--	Río Purapel en Nirivilo	Peak 26-may-86 falso
OJOS DEL CABURGUA	LLAFENCO	--	Peak 27-may-05 y 10-jul-06 verdad
PARQUE NAHUELBUTA	--	--	--
PENCAHUE	--	--	Peak 25-jun-06 ?
PERQUENCO	--	--	--
POCO A POCO	CERRO EL PADRE	--	Peak 22-abr-97 verdad
POTRERO GRANDE	--	--	--
PUESCO (ADUANA)	--	RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	Peak 25-may-91 y 24-jun-93 verdad
QUECHEREGUA	CUNCO	RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	Peak 29-may-85 falso
QUELLA	--	--	Peak 06-may-72, 03-may-92 y 17-jun-05 ?
QUILACO	no hay datos para comparación	no hay datos para comparación	Peak 17-may-92 ?
QUILLEN	LAUTARO	RIO QUILLEN EN GALVARINO	Peak 29-jun-74 falso
QUITRATUE	--	RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	Peak 30-may-80 (verdad) y 25-may-91 (falso)
RAFAEL	CANCHA LOS LITRES	--	Peak 22-abr-97 y 25-jun-05 verdad
RARI-RUCA	CURACAUTIN	RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	Peak 22-abr-97 verdad
RIO ALLIPEN EN MELIPEUCO	--	--	--
RIO BIOBIO EN DESEMBOCADURA	--	--	--
RIO BIOBIO EN RUCALHUE	--	--	--
RIO CAUTIN EN CAJON	--	--	--
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	--	--	--
RIO CHILLAN EN ESPERANZA N2	--	--	--
RIO DIGUILLIN EN SAN LORENZO	--	--	--
RIO ITATA EN COELEMU	--	--	--
RIO LEIVA	--	--	--
RIO MAULE EN FOREL	--	--	--
RIO ÑUBLE EN SAN FABIAN N2	SAN FABIAN	--	--
RIO TENO DESPUES DE JUNTA CON CLARO	--	--	--
RIO TINGUIRIRICA EN BAJOS LOS BRIONES	LA RUFINA	--	--
SAN AGUSTIN DE PUÑUAL	--	--	--
SAN FABIAN	no hay datos para comparación	--	Peak 17-jun-00 ?
SAN JAVIER	--	--	--
SAN LORENZO FUNDO	ATACALCO FUNDO	Río Diguillin en San Lorenzo	Peak 25-may-91 falso
SAN MANUEL EN PERQUILAUQUEN	DIGUA EMBALSE	--	Peak 29-may-71 y 16-jun-00 falso
SANTA SUSANA	--	--	--
TOLHUACA	--	--	--
TRAIGUEN	--	no hay datos para comparación	Peak 25-jun-09 ?
TRANAMAN	--	--	--
TRICAUCO	--	--	--
TUCAPEL	CHOLGUAN	--	Peak 25-jun-05 falso
TUTUVEN EMBALSE	--	--	--
VILCUN	no hay datos para comparación	--	Peak 01-may-84 ?
VILLARRICA	--	--	Peak 21-jun-88 ?

Tabla 22: Resumen errores de los datos de la precipitación – todas las estaciones

5.4 Análisis de datos diarios de la evaporación

Para la evaluación de la evaporación fueron seleccionadas 35 estaciones (véase Tabla 26) en el radio de las cuencas para su ulterior consideración, además fueron consideradas las estaciones de los dos proyectos anteriores. Se consideraron los valores diarios de caudales y precipitaciones, se graficaron para determinar valores faltantes e incoherencias. Los gráficos se encuentran en el anexo E.

En el análisis de los datos se encontraron valores, en particular en las curvas de evaporación, en forma escalonada. Durante estos períodos, hay sólo valores enteros de evaporación. A veces no se tienen los datos y en otros casos el dato fue presumiblemente rellenado por el observador considerando la evaporación acumulada de más de un día. Hay también muchos días con valores cero. Esto podría, al menos en los meses de invierno, deberse a una congelación de los estanques de evaporación o también al redondeo o recorte de dígitos. En la toma de decisión, acerca de los periodos de calibración y validación, no se consideraron importantes los datos de evaporación, dado que estos, en comparación con los datos de lluvias, son más escasos y esta situación se manifestó en casi todas las series de tiempo consideradas. La Tabla 25 muestra las estaciones y los resultados de la investigación.

Estación evaporimétrica	Comentario
ANCOA EMBALSE	77-82 bueno, muchos valores 0 y enteros
ANGOL (LA MONA)	valores enteros
BULLILEO EMBALSE	81-85 y 00-07 bueno, valores 0 y enteros
CARACOL	88-90 bueno, muchos valores 0 y enteros
COIHUECO EMB	79-90 bueno, valores 0 y enteros
COLLIPULLI	bueno
COLORADO	muchos valores 0 y enteros
CONTULMO	muchos valores 0 y enteros
CONVENTO VIEJO	86-02 bueno, valores 0 y enteros
DIGUA EMBALSE	bueno
DIGUILLIN	68-71 bueno, muchos valores 0 y enteros
EL VERGEL (ANGOL)	muchos valores 0
ERCILLA (VIDA NUEVA)	bueno? Muchos valores 1
FUNDO EL PERAL	valores enteros
GALVARINO	bueno
GUAYQUIVILO	valores enteros
LA CANDELARIA	muchos valores 0
LA PUNILLA	83-86 bueno, muchos valores enteros
LIGUAY	86-89 y 92-96 bueno, valores 0 y enteros
LINARES	bueno
LONQUIMAY	valores enteros
MALALCAHUELLO	bueno
MANZANAR	muchos valores enteros
MELOZAL	77-95 bueno, valores enteros
PARRAL	bueno
PENCAHUE	muchos valores 0 y enteros
POTRERO GRANDE	muchos valores 0 y enteros
PUCON	84-96 bueno, muchos valores 0
QUILACO	muchos valores 0 y enteros
RANGUILI	muchos valores 0
TALCA U.C.	bueno
TRAIQUEN	84-89 bueno, muchos valores 0 y enteros
TUTUVEN EMBALSE	muchos valores enteros

Tabla 25: Resumen de errores de los datos de la evaporación – todas las estaciones

5.5 Períodos de calibración y validación

5.5.1 Procedimiento

Para establecer los períodos de calibración y validación fueron comparadas todas las estaciones cercanas a cada cuenca, y también consideradas otras estaciones que pudiesen ser adecuadas como se puede ver en el ejemplo de la Tabla 27. Se realizó una subdivisión para una mejor visión global en años con la indicación del número de meses existentes con datos en más de 20 días. La lista completa de todas las cuencas y estaciones se encuentran en el archivo "resumen_datos_disponibles.xls".

Algunas estaciones fueron descartadas desde el principio, porque sus datos no están en el mismo período que los datos de los caudales. También se descartaron otras estaciones debido a datos incorrectos. Se utilizó la técnica de polígonos de Thiessen para localizar estaciones sin influencia. Fueron elegidos los períodos con los mejores datos posibles para los períodos de calibración y validación, que no necesariamente deben contener las mismas estaciones.

El color verde del nombre de la estación indica las estaciones finalmente seleccionadas para la calibración, negra para la validación, rojo las estaciones que no se superponen con el caudal o los datos particularmente malos o escasos, y naranja las estaciones excluidas u objetables.

Nombre estación	1950												1960												1970												1980												1990												2000												2010																														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																	
fluviométrica																																																																																																							
Río Lirquén en Cerro El Padre	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	12	11	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	11	12	12	11	11																																																																						
pluviométrica																																																																																																							
CERRO EL PADRE											12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12																																				
EL MORRO					5	12																12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12																																
POCO A POCO																																																																																																							
QUILACO	9	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12																																		
RIO BIOBIO EN RUCALHUE																																																																																																							
evapométrica																																																																																																							
QUILACO																																																																																																							
QUILPULI																																																																																																							
DISULLIN																																																																																																							
MANZANAR																																																																																																							
pluviográfica																																																																																																							
CERRO EL PADRE																																																																																																							

Tabla 27: Resumen de datos climáticos– Cuenca Río Lirquén

5.5.2 Selección de estaciones

El análisis a continuación se refiere a las cuencas consideradas en el archivo „resumen_datos_disponibles.xls“, cuya selección de estaciones no es evidente (por ejemplo la exclusión de la estación Quilaco mostrada en el ejemplo de la Tabla 26).

Estero Chufquen en Chufquen:

Estaciones pluviométricas:

- Galvarino: no tiene influencia debido de la estación Traiguen
- Lautaro: no tiene influencia debido de la estación Quillen
- Rari-Ruca: la estación Curacautín está más cerca con mejores datos

Estaciones evaporimétricas:

- Quilaco: estación Traiguen está más cerca

Estero El Manzano Antes Junta Río Teno:

Estaciones pluviométricas:

- Potrero Grande: no tiene influencia debido de las estaciones EL Manzano / Los Queñes

Estaciones evaporimétricas:

- Colorado: no tiene influencia debido de la estación Potrero Grande

Río Allipen en los Laureles:

Estaciones pluviométricas:

- Manzanar: no tiene influencia debido de la estación Malalcahuello
- Vilcun: no tiene influencia debido de la estación Cherquenco
- Villarica: no tiene influencia debido de las estaciones Quecheregua / Los Laureles

Río Andalien Camino a Penco:

Estaciones pluviométricas:

- Concepción DGA: no tiene influencia debido de la estación Río Biobío en desembocadura
- Laja: no tiene influencia debido de la estación Andalien
- Rafael: no tiene influencia debido de la estación Cancha los Litres

Estaciones evaporimétricas:

- Contulmo: datos peores que Tutuven Emb.
- Parral: estación en el valle y valores más altos que Tutuven Emb.

- Coihueco Emb.: estación en la zona pre-andina

Río Carampangue en Carampangue:

Estaciones pluviométricas:

- Cañete: precipitación más alta que las estaciones Laja y Caranpangue (dentro de la cuenca)

Estaciones evaporimétricas:

- Galvarino: estación en el valle
- Traiguen: estación en el valle

Río Cauquenes en El Arrayan:

Estaciones pluviométricas:

- Coelemu: no tiene influencia debido a la estación San Agustín de Puñual
- La Estrella: no tiene influencia debido a la estación Tutuven Embalse
- Millauquen: no tiene influencia debido a la estación Mangarral
- Quella: no tiene influencia debido a las estaciones El Alamo / Mangarral

Estaciones evaporimétricas:

- Liguay: lejos y en el valle
- Parral: lejos y en el valle

Río Cautín en Rari-Ruca:

- Laguna Malleco: estación Curacautín dentro de la cuenca con mejores datos.
- Malcalahuello: estación Lonquimay con mejores datos.

Río Diguillin en San Lorenzo:

Estaciones pluviométricas:

- Caman: no tiene influencia debido a la estación Las Trancas
- Caracol: no tiene influencia debido a la estación Las Trancas
- Diguillin: no tiene influencia debido a la estación Atácalo Fundo

Estaciones evaporimétricas:

- Bullileo Emb., Caracol, Coihueco Emb., Digua Emb.: no tienen influencia debido a la estación Diguillin

Río Donguil en Gorbea:

Estaciones pluviométricas:

- Loncoche: no tiene influencia debido a la estación Quitratue
- Los Laureles: no tiene influencia debido a la estación Villarica

Río Laraquete en el Cajón:

Estaciones pluviométricas:

- Cañete: precipitación más alta como las estaciones Laja y Caranpangue (cerca de la cuenca)

Estaciones evaporimétricas:

- El Vergel (Angol): estación en el valle

Río Lirquén en Cerro El Padre:

Estaciones pluviométricas:

- El Morro, Quilaco: no tienen influencia debido a la estación Cerro el Padre

Río Lonquén en Trehuaco:

Estaciones pluviométricas:

- La Estrella, Quella, Tutuven Emb.: no tienen influencia debido a la estación Mangarral
- Cancha los Litres, Rafael: no tienen influencia debido a la estación San Agustín de Puñual

Estaciones evaporimétricas:

- Liguay, Coihueco Emb: no tienen influencia debido a la estación Parral

Río Lumaco en Lumaco:

Estaciones pluviométricas:

- Angol (La Mona): no tiene influencia debido a la estación Tranaman
- Traiguen: no tiene influencia debido a la estación Lumaco

Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco:

Estaciones pluviométricas:

- Atacalco Fundo: no tiene influencia debido a la estación Diguillin
- Bullileo Emb., La Punilla: no tiene influencia debido a la estación San Fabian
- Digua Emb., San Manuel en Perquillauquen: no tiene influencia debido a las estaciones Coihueco Emb. / San Fabian
- San Lorenzo Fundo: no tiene influencia debido a la estación Las Trancas

Estaciones evaporimétricas:

- Bullileo Emb., Digua Emb.: estación Coihueco Emb. más cerca

Río Nicodahue en Pichún:

Estaciones pluviométricas:

- Las Archiras Fundo: no tiene influencia debido a la estación Los Angeles

Estaciones evaporimétricas:

- Traiguen: más lejos como Contulmo

Río Pingueral en Dichato:

Estaciones pluviométricas:

- Chillancito: no tiene influencia debido a la estación Coelemu

Estaciones evaporimétricas:

- Parral: estación está en el valle

Río Purapel en Nirivilo:

Estaciones pluviométricas:

- Gualleco, Huerta del Maule, La Estrella, Pencahue, San Javier, Tutuven Emb.: no tienen influencia debido a la estación Nirivilo (dentro de la cuenca)

Estaciones evaporimétricas:

- Liguay: no tiene influencia debido a la estación Melozal
- Pencahue: tiene valores peores como Talca U.C.
- Ranguili: muy lejos

Río Puyehue en Quitratue:

Estaciones pluviométricas:

- Villarica: no tiene influencia debido a la estación Quitratue

Río Quillen en Galvarino:

Estaciones pluviométricas:

- Lautaro, Vilcun: no tiene influencia debido a la estación Quillen
- Rari-Ruca: estación Curacautín tiene más datos /mejores

Río Trancura antes Río Llafenco:

Estaciones pluviométricas:

- Lago Tinquilco: estación Lago Caburga tiene más datos

Estaciones evaporimétricas:

- Lago Calafquen, Pucon: estaciones de lagos con evaporación más grande y los valores de la estación Malalcahuello son mejores (véase Ilustración 60)

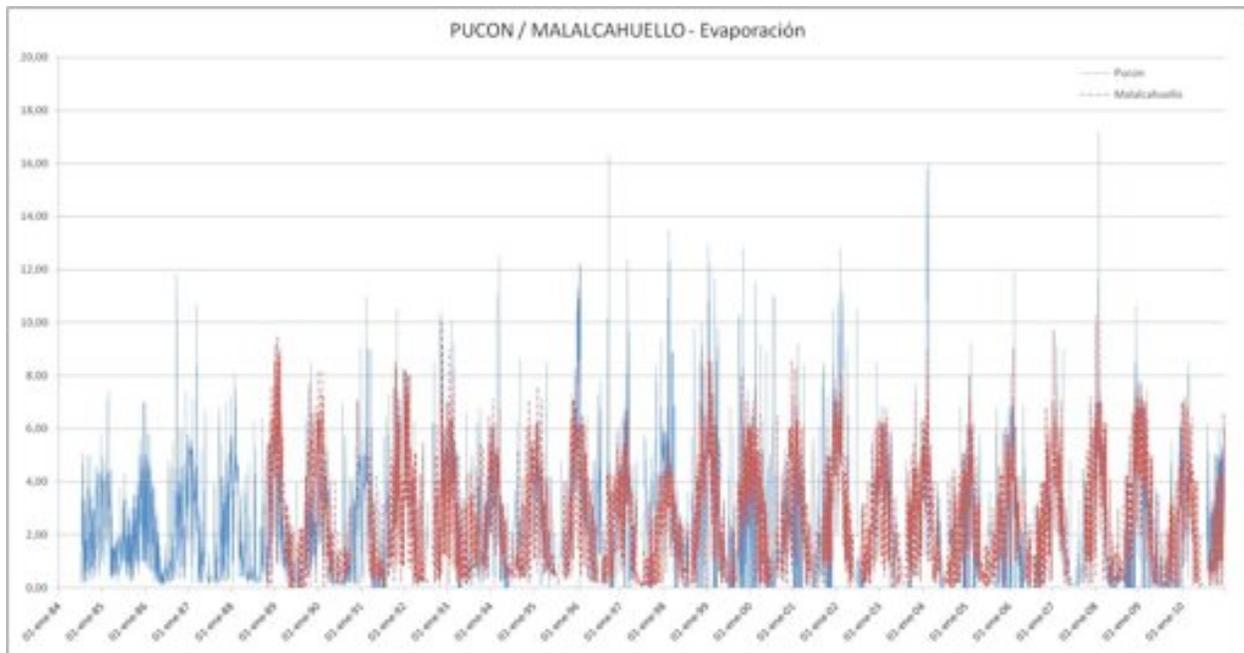


Ilustración 60: Comparación estaciones de evaporación: Pucon y Malalcahuello

5.5.3 Resultados

La tabla siguiente muestra todos los períodos de calibración y validación con fechas y números de años por cada cuenca. Para la cuenca Pingueral en Dichato no existen datos suficientes para elegir un período de validación.

Cuenca	Período					
	Calibración			Validación		
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	1-ene-1976	31-dic-1984	9 años	1-feb-1965	31-dic-1971	7 años
Río Purapel en Nirivilo	1-ene-1991	31-dic-2001	11 años	1-ene-1984	31-dic-1990	7 años
Río Cauquenes en El Arrayan	1-ene-2000	31-dic-2009	10 años	1-may-1994	31-dic-1999	6 años
Río Lonquén en Trehuaco	1-ene-1996	31-dic-2006	11 años	1-ene-1986	31-dic-1995	10 años
Río Pingueral en Dichato	1-ene-1985	31-dic-1988	4 años	--	--	--
Río Andalien Camino a Penco	1-ene-2005	31-dic-2009	5 años	1-ene-1996	31-dic-2000	5 años
Río Niblinto antes canal aliment. Emb. Coihueco	1-ene-1985	31-dic-1998	14 años	25-ene-1975	31-dic-1984	10 años
Río Diguillin en San Lorenzo	1-ene-1997	31-dic-2009	13 años	1-ene-1987	31-dic-1996	10 años
Río Laraquete en el Cajón	1-ene-1985	31-ago-1988	4 años	1-ene-1990	31-dic-1995	6 años
Río Carampangue en Carampangue	1-ene-1981	31-dic-1983	3 años	1-ene-1977	31-dic-1979	3 años
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	1-may-1982	31-dic-1985	4 años	1-ene-1969	31-dic-1970	2 años
Río Nicodahue en Pichún	1-feb-1998	31-oct-2009	12 años	1-ene-1988	25-may-1995	8 años
Río Caramávida en Caramávida	1-ene-1983	31-dic-1985	3 años	11-ene-1979	31-dic-1981	3 años
Río Cayucupil en Cayucupil	11-ene-1979	31-dic-1981	3 años	1-ene-1977	31-dic-1978	2 años
Río Butamalal en Butamalal	1-ene-1977	31-dic-1981	5 años	14-jun-1994	31-dic-1996	3 años
Río Reputo en Reputo	1-ene-1978	31-dic-1981	4 años	1-ene-1969	31-dic-1972	4 años
Río Lirquén en Cerro El Padre	1-mar-1965	31-dic-1971	7 años	1-ene-1974	31-dic-1980	7 años
RIO LUMACO EN LUMACO	1-ene-1996	31-dic-2002	7 años	1-ene-2003	31-dic-2009	7 años
Río Malleco en Collipulli	1-ene-1991	31-dic-1999	9 años	11-ene-1979	31-dic-1987	9 años
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	1-ene-1995	31-dic-2008	14 años	1-ene-1988	31-dic-1992	5 años
RIO QUILLEN EN GALVARINO	1-ene-1994	31-dic-2001	8 años	1-ene-1986	31-dic-1993	8 años
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1-ene-1993	31-oct-1999	5 años	1-ene-2000	31-dic-2006	7 años
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	1-ene-1989	31-dic-1999	11 años	24-jul-1984	31-dic-1988	5 años
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1-ene-1992	31-dic-1999	8 años	1-ene-2001	31-dic-2009	9 años
RIO DONGUIL EN GORBEA	1-ene-2004	31-dic-2009	6 años	1-ene-1985	31-dic-1990	6 años
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	1-ene-1999	31-dic-2006	8 años	1-ene-1985	31-dic-1990	6 años

Tabla 28: Períodos de calibración y validación

5.6 Medias anuales – Puntual, Isohietas y Thiessen-polígonos

5.6.1 Procedimiento

Los promedios anuales se calculan en tres formas (vea la Ilustración 61). El cálculo está basado sólo en años completos y sin errores.

Puntual:

Se consideran los valores de sólo una única estación seleccionada. La selección de la estación se realizó sobre la base de los criterios de cercanía y verosimilitud.

Isohietas:

Las Isohietas consideradas son los valores medios anuales del balance hídrico nacional. El cálculo se realiza considerando el promedio para el área entre las dos líneas para todas las isolíneas incluidas en la cuenca.

Polígonos de Thiessen:

Para este cálculo se consideraron las estaciones más cercanas a la cuenca. El área de influencia respectiva de las estaciones se genera por polígonos de Thiessen y se calcula el promedio sobre toda la cuenca. Este método no se aplica a los datos de evaporación, pues no existe una buena distribución de estaciones debido a su escasez.



Ilustración 61: Medias anuales – Puntual, Isohietas y Thiessen-polígonos

Además, se calcularon los parámetros A y B, que se requieren para la simulación. Estos parámetros especifican la relación entre los valores de puntual e isohietas o puntual y Thiessen. Uno de los dos valores se debe seleccionar, a continuación, para la precipitación. Las abreviaturas "I", "T" y "s" en la tabla en la columna "Método" aquí hacen referencia al método seleccionado de "isohietas", "thiessen" o "similar" (promedio).

Por otra parte, para obtener más evidencias útiles para la comparación de cuencas, se examinaron las relaciones entre la precipitación anual y el caudal medio anual y la influencia del área de la cuenca.

5.6.2 Precipitación

Medias anuales

La Tabla 29 contiene los resultados de los cálculos puntuales, isohietas y polígonos de Thiessen. Los resultados se encuentran también en el archivo "resumen_precipitacion.xls".

Cuenca	Qm [m3/s]	Estación pluvial	Area [km2]	Elev. Media [m]	Precipitación media anual			Parámetro A				
					puntual [mm]	Isohietas [mm]	Thiessen [mm]	Isohietas [-]	Thiessen [-]	Método	A [-]	
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	2,38	07104005-4	EL Manzano	133,1	1279	1320	1292	1246	0,98	0,94	I	0,98
Río Cauquenes en El Arrayan	7,78	07336003-K	El Alamo	623,5	317	836	752	843	0,90	1,01	T	1,01
Río Purapel en Nirivilo	2,67	07341002-9	Nirivilo	263,4	335	810	798	804	0,98	0,99	T	0,99
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	12,81	08113001-9	COIHUECO EMB	161,9	1160	1474	2076	1933	1,41	1,31	I	1,41
Río Diguillin en San Lorenzo	16,8	08130007-0	SAN LORENZO	208,4	1505	2400	2472	2346	1,03	0,98	I	1,03
Río Lonquén en Trehuaco.	14,16	08118004-0	SAN AGUSTIN DE PUÑUAL	1178,5	182	891	846	880	0,95	0,99	T	0,99
Río Pingueral en Dichato	4,15	08210002-4	DICHATO	240,5	255	979	1251	938	1,28	0,96	I	1,28
Río Andalien Camino a Penco	13,16	08220006-1	ANDALIEN	745,2	224	1250	1316	1104	1,05	0,88	I	1,05
Río Lirquén en Cerro El Padre	7,95	08317003-4	CERRO EL PADRE	106,5	663	2102	3544	2102	1,69	1,00	I	1,69
Río Malleco en Collipulli	25,74	08343002-8	ENCIMAR MALLECO	415,7	812	2045	2557	2599	1,25	1,27	s	1,26
Río Nicodahue en Pichún	24,98	08358005-4	PARQUE NAHUEL BUTA	792,6	596	1645	1305	1275	0,79	0,77	T	0,77
Río Laraquete en el Cajón	1,47	08520000-3	CARANPANGUE	36,1	398	1325	1386	1069	1,05	0,81	I	1,05
Río Carampangue en Carampangue	60,26	08520000-4	CARANPANGUE	1211,5	406	1325	1994	1069	1,50	0,81	I	1,50
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	50,7	08700001-K	CURANILAHUE	734,1	376	2030	2129	1282	1,05	0,63	I	1,05
Río Caramávida en Caramávida	6,02	08821005-0	CAÑETE	149,6	632	1282	2916	1282	2,28	1,00	I	2,28
Río Cayucupil en Cayucupil	10,05	08821005-0	CAÑETE	168,8	790	1282	2351	1282	1,83	1,00	I	1,83
Río Butamalal en Butamalal	5,08	08821005-0	CAÑETE	114,0	806	1282	2398	1393	1,87	1,09	I	1,87
Río Reputo en Reputo	0,44	08821005-0	CAÑETE	16,7	332	1282	1744	1282	1,36	1,00	I	1,36
RIO LUMACO EN LUMACO	18,32	09101003-8	TRANAMAN	1021,4	347	963	1247	1135	1,30	1,18	T	1,18
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	21,23	09104003-4	LAS MERCEDES (VICTORIA)	708,4	458	1488	1512	1452	1,02	0,98	T	0,98
RIO QUILLEN EN GALVARINO	19,76	09111002-4	QUILLEN	716,4	297	1285	1221	1267	0,95	0,99	T	0,99
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	107,25	09120002-3	MANZANAR	1644,7	1133	2386	3251	1670	1,36	0,70	I	1,36
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	144,47	09401001-2	TRICAUCO	1303,7	1011	2222	3628	2118	1,63	0,95	I	1,63
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	114,11	09412002-0	CURARREHUE	1413,4	1148	2554	3402	2547	1,33	1,00	T	1,00
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	7,4	09433003-3	QUITRATUE	148,6	210	2173	2244	2173	1,03	1,00	I	1,03
RIO DONGUIL EN GORBEA	32,19	09433003-3	QUITRATUE	733,1	212	2173	2243	2152	1,03	0,99	T	0,99

Tabla 29: Resumen precipitación media anual

Relación con el caudal

Fueron seleccionados en cada cuenca todos los años con datos completos de caudal y precipitación. La precipitación de cada año, fue correlacionada con el caudal medio anual del año correspondiente. La Ilustración 61 muestra una relación de 11 años y la línea de tendencia para el Estero Chufquen. Seis cuencas tienen muy pocos datos para detectar una correlación. En cada cuenca, se determinó una línea de tendencia y se determinaron los valores f (pendiente) y C.

Luego, en cada cuenca, el promedio de precipitación se correlaciono con f (pendiente). Una correlación no tuvo una tendencia clara (ver Ilustración 63). Una extensión de la relación por el factor de área (PPma * A) generó una relación de tendencia potencial, como se muestra en la Ilustración 64. El factor de de escala de 1000.

La Tabla 30 reúne los resultados. Todos los resultados están también en el archivo "Relacion_Qma_PPma.xls".

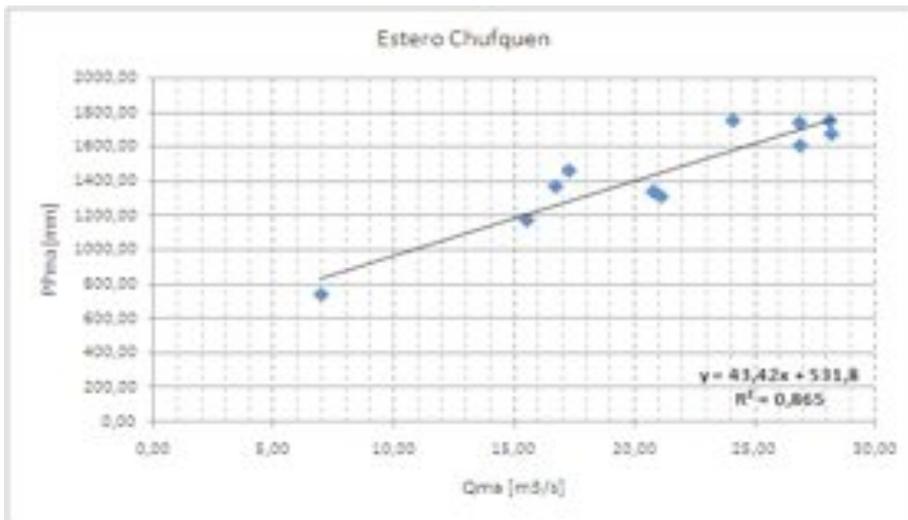


Ilustración 62: Relación precipitación anual y caudal medio anual – Estero Chufquen

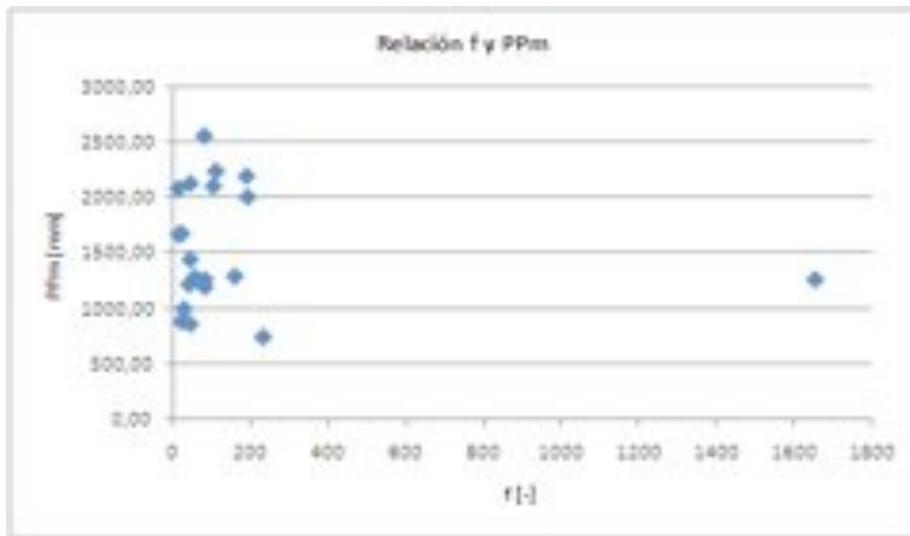


Ilustración 63: Relación f (pendiente) y precipitación media

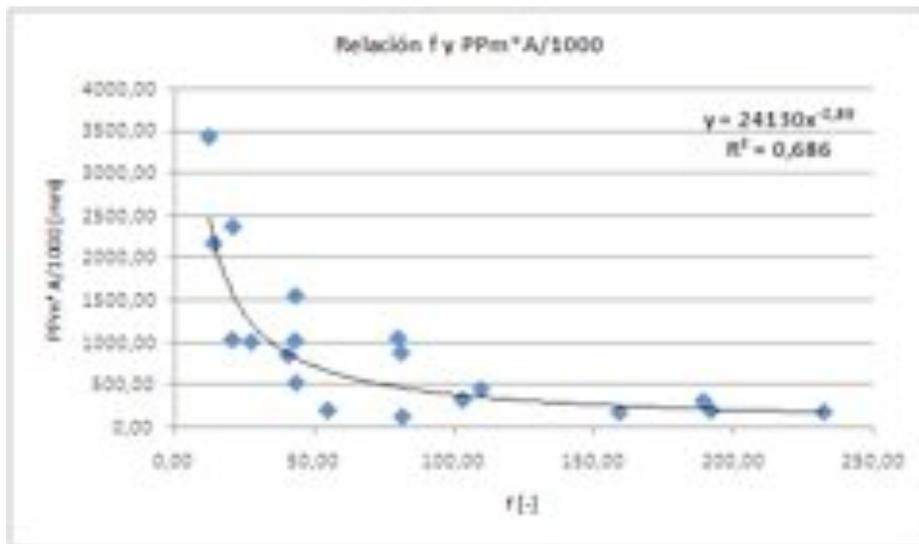


Ilustración 64: Relación f (pendiente) y PPmA (precipitación media por área)

Cuenca	CORR [-]	R2 [-]	f [-]	C [-]	Años [-]	Qm [m3/s]	PPm [mm]	Area [km2]	PPmA [mm*km2]
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	0,93	0,86	43,42	531,80	11	21,17	1451,19	716,39	1039,61
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	0,24	0,06	--	--	7	--	--	133,11	
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	0,89	0,78	12,67	464,50	15	128,40	2092,22	1644,66	3441,00
Río Andalien Camino a Penco	0,92	0,84	81,28	189,20	5	12,48	1203,73	745,21	897,03
Río Butamalal en Butamalal	0,62	0,38	81,71	784,40	17	5,96	1271,15	114,00	144,91
Río Caramávida en Caramávida	0,90	0,81	159,10	356,20	13	5,93	1300,12	149,57	194,46
Río Carampangue en Carampangue	0,30	0,09	--	--	3	--	--	1211,53	
Río Cauquenes en El Arrayan	0,93	0,87	43,81	468,70	11	9,11	867,73	623,45	540,99
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	0,82	0,67	14,40	335,30	14	93,15	1676,81	1303,66	2185,99
Río Cayucupil en Cayucupil	0,65	0,42	55,17	786,30	15	9,16	1291,70	168,84	218,09
Río Diguillín en San Lorenzo	0,94	0,88	109,80	515,17	28	15,77	2248,37	208,37	468,48
RIO DONGUIL EN GORBEA	0,96	0,93	43,62	746,50	24	31,90	2137,95	733,08	1567,29
Río Laraquete en el Cajón	0,67	0,45	--	--	6	--	--	36,12	
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	0,43	0,20	--	--	6	--	--	734,06	
Río Lirquén en Cerro El Padre	0,85	0,73	191,80	616,60	16	7,30	2016,38	106,45	214,65
Río Lonquén en Trehuaco	0,88	0,78	21,03	595,40	10	14,03	890,66	1178,46	1049,61
RIO LUMACO EN LUMACO	0,86	0,74	27,79	472,40	32	19,13	1004,27	1021,44	1025,80
Río Malleco en Collipulli	0,94	0,88	80,21	467,50	11	26,19	2568,43	415,67	1067,62
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	0,92	0,86	103,10	759,60	21	13,12	2113,36	161,93	342,22
Río Nicodahue en Pichún	0,45	0,20	--	--	7	--	--	792,56	
Río Pingüeral en Dichato	--	--	--	--	1	--	--	240,53	
Río Purapel en Nirivilo	0,94	0,88	232,10	220,40	13	2,29	751,43	263,41	197,93
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	0,88	0,77	189,10	838,30	20	7,22	2202,94	148,60	327,36
RIO QUILLEN EN GALVARINO	0,89	0,79	40,91	393,60	23	20,38	1227,76	708,45	869,80
Río Reputo en Reputo	0,88	0,78	1657,00	622,60	19	0,39	1270,80	16,75	21,28
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	0,92	0,85	21,20	605,80	16	114,95	1686,40	1413,37	2383,50

Tabla 30: Resumen relación Qma (caudal medio anual) y precipitación

5.6.3 Evaporación

Tabla 31 contiene los resultados de los cálculos puntual y de isohietas. Los resultados se encuentran también en el archivo "resumen_evaporacion. xls".

Cuenca	Estación evapométrica	Area [km2]	Elev. Media [m]	Evaporación media anual		Parámetro B [-]
				puntual [mm]	Isohietas [mm]	
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	07116005-K Potrero Grande	133,1	1279	890	600	0,67
Río Cauquenes en El Arrayan	07337002-7 Tutuven Emb.	623,5	317	1177	600	0,51
Río Purapel en Nirivilo	07337002-7 Tutuven Emb.	263,4	335	1177	600	0,51
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	08130006-2 Diguillin	161,9	1160	786	500	0,64
Río Diguillin en San Lorenzo	08130006-2 Diguillin	208,4	1505	786	416	0,53
Río Lonquén en Trehuaco.	07337002-7 Tutuven Emb.	1178,5	182	1177	600	0,51
Río Pingueral en Dichato	07337002-7 Tutuven Emb.	240,5	255	1177	647	0,55
Río Andalien Camino a Penco	07337002-7 Tutuven Emb.	745,2	224	1177	648	0,55
Río Lirquén en Cerro El Padre	08318002-1 Quilaco	106,5	663	760	553	0,73
Río Malleco en Collipulli	08351003-K Collipulli	415,7	812	1255	544	0,43
Río Nicodahue en Pichún	08358003-8 EL Vergel	792,6	596	1143	650	0,57
Río Laraquete en el Cajón	07337002-7 Tutuven Emb.	263,4	335	1177	650	0,55
Río Carampangue en Carampangue	07337002-7 Tutuven Emb.	1211,5	406	1177	657	0,56
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	08822008-0 Contulmo	734,1	376	580	662	1,14
Río Caramávida en Caramávida	08822008-0 Contulmo	149,6	632	580	670	1,16
Río Cayucupil en Cayucupil	08822008-0 Contulmo	168,8	790	580	666	1,15
Río Butamalal en Butamalal	08822008-0 Contulmo	114,0	806	580	659	1,14
Río Reputo en Reputo	08822008-0 Contulmo	16,7	332	580	650	1,12
RIO LUMACO EN LUMACO	09105002-1 Traiguén	1021,438	346,894	1005	589	0,59
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	09105002-1 Traiguén	708,447	458,131	1005	551	0,55
RIO QUILLEN EN GALVARINO	09105002-1 Traiguén	716,385	296,880	1005	591	0,59
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	09120003-1 Malalcahuello	1644,663	1133,106	757	495	0,65
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	09120003-1 Malalcahuello	1303,658	1011,371	757	514	0,68
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	09120003-1 Malalcahuello	1413,371	1147,738	757	517	0,68
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	09420002-4 Pucón	148,602	210,333	718	600	0,84
RIO DONGUIL EN GORBEA	09420002-4 Pucón	733,083	212,225	718	600	0,84

Tabla 31: Resumen evaporación media anual

5.7 Valores Medios diarios – Thiessen-polígonos

5.7.1 Procedimiento

El caudal, precipitación y evaporación de los períodos de calibración y validación en forma de valores diarios son necesarios para la simulación. Estos datos, precipitación y evaporación, deben ser continuos en el periodo considerado, es decir, sin datos faltantes. Esto significa que los datos inexistentes deben ser rellenados.

Además, cuando hay más de una estación, la distribución de los valores medios diarios sobre la cuenca se determina según el método de Thiessen. En los siguientes dos capítulos, se describe el procedimiento en detalle.

5.7.2 Precipitación

Normalmente hay varias estaciones para la precipitación. En principio, se extrajo un promedio ponderado basado en las áreas de Thiessen. Si existe un día sin datos en una estación y en las estaciones cercanas no hubo precipitación, entonces el dato faltante se asigna como 0. Si no es el caso, al área de influencia de la estación sin datos se asigna el valor de precipitación de la más cercana que tiene datos. A efectos de ilustración, véase la Ilustración 64. Si un gran número de datos faltan al principio o al final del período, el período se ha reducido.

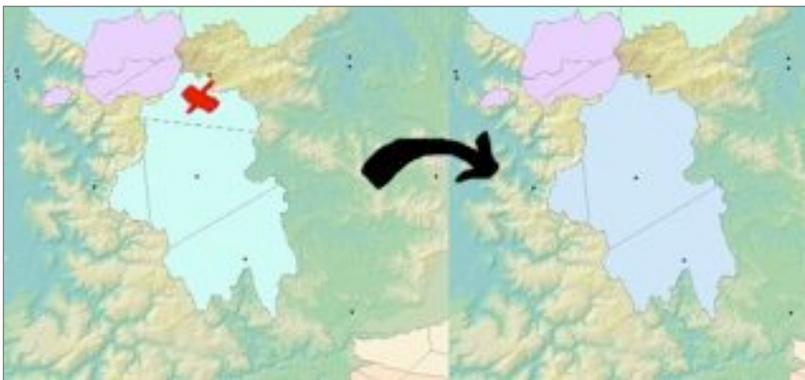


Ilustración 65: Aplicación de áreas con datos faltados

Con este método se rellenaron todos los días faltantes, sólo en el período de validación de la cuenca Río Laraquete en el Cajón no fue posible aplicarlo. Río Laraquete tiene sólo una estación, y los datos que faltan aquí no pueden rellenarse con 0.

En general, faltaban 1,2% de los datos de precipitación en promedio. La Tabla 32 reúne los porcentajes exactos.

Cuenca	Relleno o Adaptación	
	Calibración	Validación
	PP	PP
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	< 1%	no
Río Purapel en Nirivilo	no	< 1%
Río Cauquenes en El Arrayan	< 1%	1%
Río Lonquén en Trehuaco	< 1%	no
Río Pingüeral en Dichato	no	--
Río Andalien Camino a Penco	8%	4%
Río Niblinto antes canal aliment. Emb. Coihueco	2%	< 1%
Río Diguillin en San Lorenzo	< 1%	4%
Río Laraquete en el Cajón	no	10%
Río Carampangue en Carampangue	no	11%
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	no	no
Río Nicodahue en Pichún	1%	7%
Río Caramávida en Caramávida	no	no
Río Cayucupil en Cayucupil	no	no
Río Butamalal en Butamalal	no	1%
Río Reputo en Reputo	no	no
Río Lirquén en Cerro El Padre	no	no
RIO LUMACO EN LUMACO	no	< 1%
Río Malleco en Collipulli	2%	< 1%
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	< 1%	< 1%
RIO QUILLEN EN GALVARINO	2%	< 1%
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	1%	1%
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	2%	< 1%
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	1%	2%
RIO DONGUIL EN GORBEA	1%	no
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	no	no

% no posible de rellenar

Tabla 32: Resumen de datos faltanos - precipitación

5.7.3 Evaporación

Para la evaporación generalmente hay sólo una estación disponible por cuenca. Para la determinación de los valores medios se procede tal como se hizo para la precipitación. Si faltan datos en alguna estación para completar el periodo de calibración o validación, se rellenan con datos simultáneos de otras estaciones que posean curvas similares de evaporación. Si todavía faltan datos o no hay ninguna estación similar, se utilizan datos de la misma estación de diferentes años.

En general, faltaban 10,2% de los datos de evaporación en promedio. La Tabla 33 reúne los porcentajes exactos.

Cuenca	Relleno o Adaptación	
	Calibración EV	Validación EV
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	20%	26%
Río Purapel en Nirivilo	2%	1%
Río Cauquenes en El Arrayan	3%	2%
Río Lonquén en Trehuaco	3%	2%
Río Pingueral en Dichato	< 1%	--
Río Andalien Camino a Penco	2%	< 1%
Río Niblinto antes canal aliment. Emb. Coihueco	10%	21%
Río Diguillin en San Lorenzo	4%	18%
Río Laraquete en el Cajón	< 1%	6%
Río Carampangue en Carampangue	19%	15%
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	8%	7%
Río Nicodahue en Pichún	3%	7%
Río Caramávida en Caramávida	16%	20%
Río Cayucupil en Cayucupil	20%	8%
Río Butamalal en Butamalal	16%	5%
Río Reputo en Reputo	16%	6%
Río Lirquén en Cerro El Padre	16%	25%
RIO LUMACO EN LUMACO	6%	7%
Río Malleco en Collipulli	11%	17%
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	7%	6%
RIO QUILLEN EN GALVARINO	7%	8%
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	10%	18%
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	16%	11%
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	12%	29%
RIO DONGUIL EN GORBEA	< 1%	13%
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	< 1%	13%

Tabla 33: Resumen de datos faltanos - evaporación

5.8 Distribución horaria de datos

5.8.1 Precipitación

La distribución horaria de precipitación se basa en los datos de sólo 9 estaciones pluviográficas (ver Tabla 34). Estos datos están disponibles en forma de eventos de precipitación horaria de 9 am hasta las 8 am del día siguiente, como se muestra en la Tabla 36. Para trabajar con los datos, es necesario asociarlos en la forma de precipitación diaria, 1-24 horas. El resultado puede verse en la Tabla 37.

Nombre estación pluviográfica	Año																																																	
	1970									1980									1990									2000																						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
BULLILEO EMBALSE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
CERRO EL PADRE											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
CHILLAN VIEJO																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
CURACAUTIN																															x	x																		
LLANCAHUE											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																		
LOS QUEÑES	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
MELOZAL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	
PUEBLO NUEVO (TEMUCO)																															x	x	x																	
SAN JAVIER											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																	

Tabla 34: Resumen datos de la precipitación (pluviográficas)

La suma de los valores horarios para un día debe coincidir con lo que marca el pluviómetro diario, sin embargo se producen algunos errores (4 a 11% de los datos) entre pluviográfico (Total en 24 hrs.) y pluviométrico (Total Pluviom.)

Se realizó además una correlación entre las estaciones de lluvia diaria y la estaciones más cercanas de lluvia horaria, lográndose en muchos casos una pobre correlación. Por ejemplo, en la estación de Los Queñes, la correlación sólo fue 0,66.

Por eso se sugiere considerar la distribución de lluvia de los proyectos anteriores.

Los datos fueron luego ordenados a base en la cantidad diaria y divididos en 12 grupos. La selección de los grupos fue hecha de forma arbitraria, en incrementos no demasiado grandes. Los 12 grupos son (en mm): 0-1, 1-5, 5-10 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-100 y > 100.

Después los datos fueron convertidos a un porcentaje y se determinó la duración promedio de lluvia en las horas de cada grupo. La Tabla 38 muestra los datos obtenidos aquí.

En el siguiente paso, el porcentaje de horas no utilizadas se distribuyen uniformemente a las horas seleccionadas. El resultado puede verse en la Tabla 39.

El programa SIMED considera sólo 3 grupos, por esto debe examinarse la posibilidad de un resumen de grupos. Esto se hizo considerado cuántas estaciones tienen precipitaciones en las 24 horas y la duración media de lluvia de cada grupo. El resultado se muestra en la Tabla 40, se han definido en función de 6 grupos.

Resumir más grupos no parece útil debido a las distintas distribuciones. Los grupos considerados son (en mm): 0-1, 1-5, 5-10, 10 20, 20-30 y > 30. Para estos grupos se llevaron a cabo los pasos anteriores nuevamente y como resultado, se obtendrá una distribución diferente con 6 grupos para cada estación. La Tabla 41 muestra el ejemplo de Bullileo Embalse.

Los cálculos y las distribuciones de las estaciones se encuentran en los archivos de la carpeta "datos_pluviograficos". La tabla siguiente muestra la distribución de estaciones en las cuencas.

Cuencas	Estación pluviográfica Distribución horaria
Región VII y VIII	
Estero El Manzano Antes Junta Río Teno	Los Queñes
Río Andalien Camino a Penco	Llancahue
Río Butamalal en Butamalal	Llancahue
Río Caramávida en Caramávida	Llancahue
Río Carampangue en Carampangue	Llancahue
Río Cauquenes en El Arrayan	Chillán
Río Cayucupil en Cayucupil	Llancahue
Río Diguillin en San Lorenzo	Bullileo Embalse
Río Laraquete en el Cajón	Llancahue
Río Lebu en Las Corrientes (en los Alamos)	Llancahue
Río Lirquén en Cerro El Padre	Cerro el Padre
Río Lonquén en Trehuaco.	Chillán
Río Malleco en Collipulli	Curacautín
Río Niblinto antes canal alimentador Emb. Coihueco	Bullileo Embalse
Río Nicodahue en Pichún	Llancahue
Río Pingueral en Dichato	Chillán
Río Purapel en Nirivilo	Melozal
Río Reputo en Reputo	Llancahue
Región IX	
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN	Curacautín
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES	Curacautín
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA	Curacautín
RIO DONGUIL EN GORBEA	Pueblo Nuevo (Temuco)
RIO LUMACO EN LUMACO	Pueblo Nuevo (Temuco)
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE	Pueblo Nuevo (Temuco)
RIO QUILLEN EN GALVARINO	Pueblo Nuevo (Temuco)
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO	Curacautín

Tabla 35: Selección de las estaciones pluviográficas - cuencas

Día	<u>ABR 1971</u>																			Máxima	Total en	Total					
	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08 Horaria	24 Hrs.	Pluviom.	
14/15		2,0	6,5	5,1	1,0	0,1	1,7	1,6		0,1								1,0	0,4						6,0	19,0	16,0
19/20	0,3	0,3	0,1		0,2	0,4	0,4	1,1	2,9	3,6	3,7	2,3	0,6	1,7	1,9	1,0	0,9	0,4	0,3	0,1		0,1	0,1		3,0	22,0	22,0
21/22													0,1												3,0	4,0	4,0
27/28														0,1	0,6	0,6	1,2	0,7							1,0	3,0	3,0
Día	<u>MAY 1971</u>																			Máxima	Total en	Total					
	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08 Horaria	24 Hrs.	Pluviom.	
5/6																									1,0	1,0	2,0
7/8																0,3	1,9	0,8	0,3	1,7	1,7	1,8	4,9		4,0	13,0	16,0
8/9	3,4	0,9	1,8	0,9	0,3					0,2	0,2														3,0	7,0	6,0
13/14																0,6	0,4	0,8	2,7	5,3	3,6	0,7	0,7		5,0	14,0	14,0

Tabla 36: Datos pluviográficos – original

Fecha	Hora																								Suma	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
14-abr-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6,5	5,1	1	0,1	1,7	1,6	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	18,1
15-abr-71	0	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4
19-abr-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,1	0	0,2	0,4	0,4	1,1	2,9	3,6	3,7	2,3	0,6	1,7	1,9	1	20,5	
20-abr-71	0,9	0,4	0,3	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9
21-abr-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	3,7	0,1	0	0,1	0	0	0	0	4,2
22-abr-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 37: Datos pluviográficos – forma nueva

Horas	Hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
con lluvia: Precipitación diaria:	<i>hora eligido para la distribución</i>																							
2 Promedio 0,1-1mm	0,16	0,10	0,07	0,07	0,04	0,06	0,04	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,12
4 Promedio 1,1-5mm	0,10	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,11
8 Promedio 5,1-10mm	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10
10 Promedio 10,1-20mm	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
13 Promedio 20,1-30mm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
15 Promedio 30,1-40mm	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
17 Promedio 40,1-50mm	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
19 Promedio 50,1-60mm	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
20 Promedio 60,1-70mm	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
21 Promedio 70,1-80mm	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
21 Promedio 80,1-100mm	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
22 Promedio >100mm	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03

Tabla 38: Distribución porcentual – 12 grupos

Horas	Hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
con lluvia: Precipitación diaria:																								
2 Promedio 0,1-1mm	0,52																							0,48
4 Promedio 1,1-5mm	0,27	0,24	0,22																					0,27
8 Promedio 5,1-10mm	0,14	0,12	0,10																					0,16
10 Promedio 10,1-20mm	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09																			0,10
13 Promedio 20,1-30mm			0,07	0,07	0,07	0,08	0,07											0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
15 Promedio 30,1-40mm									0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	
17 Promedio 40,1-50mm								0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05
19 Promedio 50,1-60mm			0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05			
20 Promedio 60,1-70mm		0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04			
21 Promedio 70,1-80mm	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04			
21 Promedio 80,1-100mm				0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
22 Promedio >100mm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,03		

Tabla 39: Distribución horaria – 12 grupos

Horas	Hora																								Grupos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
con lluvia: Precipitación diaria:	Estaciones con valor (9 max.)																								
2 Promedio 0,1-1mm	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1
5 Promedio 1,1-5mm	5	5	5	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	2
8 Promedio 5,1-10mm	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0	1	1	1	1	1	2	4	6	6	6	6	5	5	5	3
11 Promedio 10,1-20mm	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
14 Promedio 20,1-30mm	0	0	1	1	2	4	4	4	4	4	6	8	9	9	9	9	8	8	8	7	5	5	5	5	5
16 Promedio 30,1-40mm	3	4	5	6	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	8	7	6	5	3	1	1	1	0	6
18 Promedio 40,1-50mm	3	4	5	6	6	6	8	8	8	8	9	9	8	8	9	9	9	8	7	5	5	5	4	4	
19 Promedio 50,1-60mm	4	4	5	5	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	6	4	4	4	
20 Promedio 60,1-70mm	2	6	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	5	3	3	1	
21 Promedio 70,1-80mm	5	5	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	8	8	8	8	7	5	4	3	
21 Promedio 80,1-100mm	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	
23 Promedio >100mm	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	3	

Tabla 40: Distribución de horas a base en estaciones

Bullileo Embalse	Hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Horas con lluvia: Precipitación diaria:	<i>hora eligido para la distribución</i>																							
2 Promedio 0,1-1mm	0,16	0,10	0,07	0,07	0,04	0,06	0,04	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,12
4 Promedio 1,1-5mm	0,10	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,11
8 Promedio 5,1-10mm	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10
10 Promedio 10,1-20mm	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
13 Promedio 20,1-30mm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
18 Promedio >30,1mm	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03

Tabla 41: Distribución horaria – 6 grupos, Bullileo Embalse

5.8.2 Evaporación

En Chile, actualmente no hay información sobre la distribución horaria de evaporación. Debe, por tanto, utilizarse la distribución de evaporación horaria de proyectos anteriores o hacer una revisión de la literatura especializada.

6 Conclusiones

Para el presente trabajo se crearon y analizaron diferentes parámetros geomorfológicos para las 26 cuencas pluviales consideradas. Estos parámetros se definieron a partir de la literatura nacional e internacional del tema. Se intentó realizar una correlación entre ellos con la finalidad de encontrar algún indicador de similitud entre cuencas. Como es lógico las relaciones con mejores resultados fueron las que involucraban la lluvia y el área de la cuenca, pero no fue posible encontrar una clara dependencia de alguna relación entre parámetros geomorfológicos y la similitud entre cuencas. Se hace necesario realizar un análisis más profundo en el futuro, acerca de algunas relaciones que permitan considerar otros elementos para establecer algún grado de similitud entre cuencas.

Por otra parte, en este trabajo determinaron todas las series de precipitaciones medias, evaporaciones medias y caudales observados a nivel diario, para los periodos de calibración y validación, para ser utilizadas en cualquier modelo pluvial a nivel diario.

7 Bibliografía

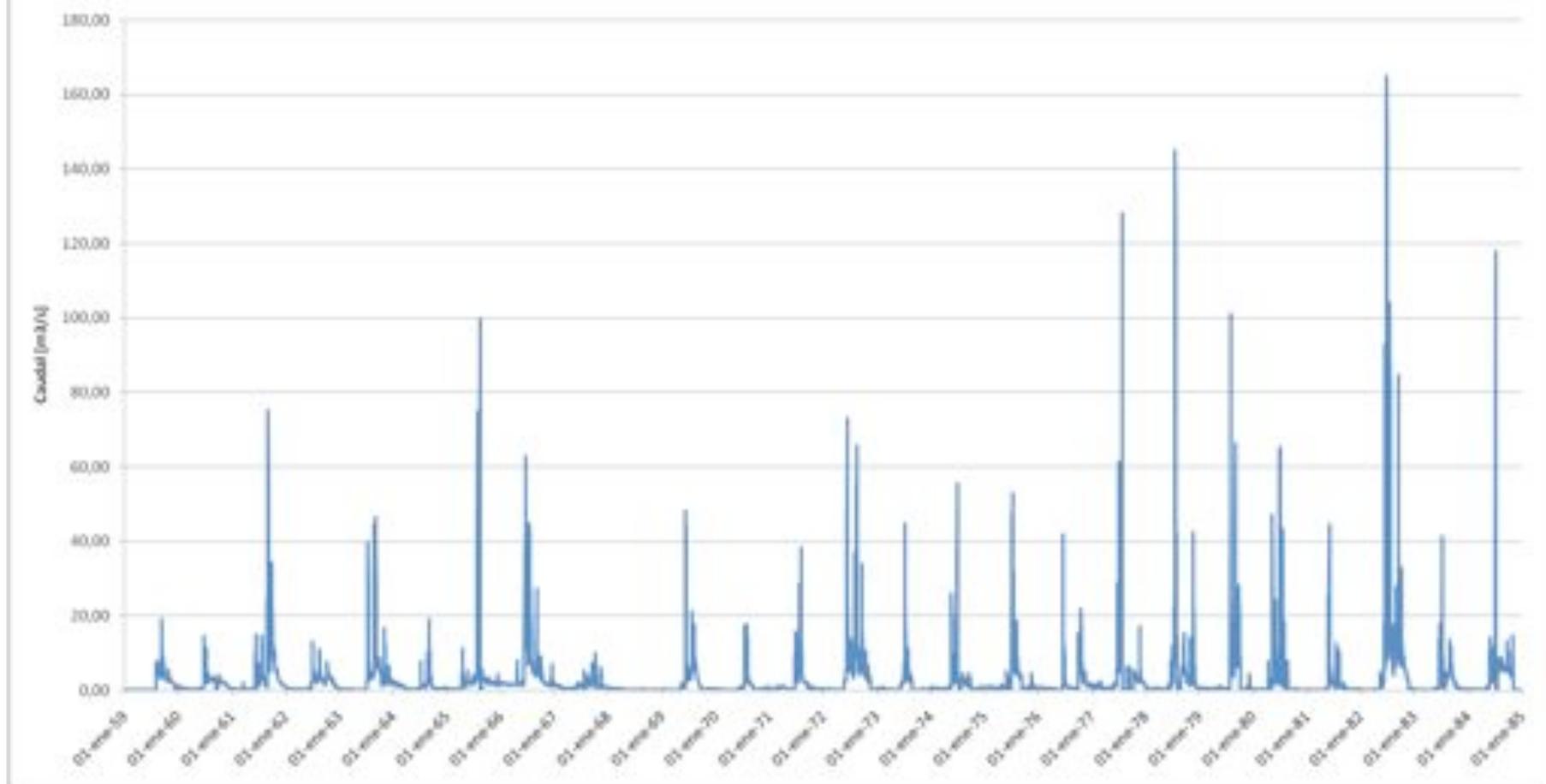
- [1] Brandon University, Dr. D.J. Wiseman: Presentation “38/42:278 Geomorphology - Topic 7: Fluvial Landforms”, Canada
- [2] Bulletin of the geological society of America Vol.63, N. Strahler, 1952: “Hypsometric (area-altitude) Analysis of erosional Topography”, New York, United States of America
- [3] Current Science, VOL. 89, No. 12, A. Sarangi et al., 2005: “Performance evaluation of ANN and geomorphology-based models for runoff and sediment yield prediction for a Canadian watershed”, Canada and India
- [4] Geoenseñanza Vol.7 número 1-2, Universidad de los Andes, F. Guerra y J. González, 2002: “Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada la Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela”, San Cristóbal, Venezuela
- [5] Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Publicas, Dirección General de Aguas – División Estudios y Planificación, S.I.T No. 155, 2008: “Levantamiento de parámetros para la modelación de cuencas pluviales no controladas en la VII y VIII Región”, Santiago, Chile
- [6] Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Publicas, Dirección General de Aguas – División Estudios y Planificación, S.I.T No. 199, 2009: “Levantamiento de parámetros para la modelación hidrológica de cuencas pluviales no controladas en la IX Región de la Araucanía”, Santiago, Chile
- [7] Gobierno de Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería - Subdirección Nacional de Geología, Publicación Geológica digital No. 4, 2003: “Mapa geológico de Chile - versión digital”, Santiago, Chile
- [8] Instituto nacional de Ecología, Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, 2004: “Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro”, México
- [9] International Conference on Small Hydropower, S. Sarkar, 2007: “Geomorphological Parameters: Are they Indicators for Installation of a Hydropower Site?”, Sri Lanka
- [10] International Journal of Geomatics and Geosciences Volume 1, No 2, Nageswara Rao K. et al., 2010: “Morphometric Analysis of Gostani River Basin in Andhra Pradesh State, India, Using Spatial Information Technology”, India
- [11] Journal of Environmental Sciences 4 (1), Nigerian Defence Academy – Department of Geography, I.Y. Mallo, 2001: “Morphometric characteristics of the Barnawa river catchment in Kaduna Metropolis, Northern Nigeria”, Kaduna, Nigeria
- [12] National Institute of Hydrology, Jalvigyan Bhawan, Dr. K.S. Ramasastri et al., 1999-2000: “Estimation of Geomorphology Parameters for Small Catchments using GIS”, India
- [13] National Institute of Hydrology, Jalvigyan Bhawan, Dr. K.S. Ramasastri et al., 2000-2001: “Geomorphology and Soil Erosion in Juni Nadi Watershed, District Udhampur”, India
- [14] National Institute of Hydrology, Jalvigyan Bhawan, Dr. S.M. Seth et al., 1997-1998: “Geomorphological Study of Myntdu River Basin”, India
- [15] O. A. Guerrero, Universidad de los Andes: “Capítulo 4 Geomorfología de cuencas”, Mérida, Venezuela

- [16] P. Binjolkar, Dr A.K. Keshari, 2007: "Estimating Geomorphological Parameters using GIS for Tilaiya Reservoir Catchment", India
- [17] Revista de Geografía vol. XIX., M. Jardí, 1985: "Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen", Barcelona, España
- [18] Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universitaet, S. Rasemann, 2003: " Geomorphometrische Struktur eines mesoskaligen alpinen Geosystems", Bonn, Deutschland
- [19] Tecnociencia Chihuahua Vol.IV No.3, M.I. Delgado y F.J. Gaspari, 2010: "Caracterización morfométrica geospacial. Estudio de caso: Arroyo BelisaRío, Argentina", Buenos Aires, Argentina
- [20] U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99 – 4098, J.G. Elliott and S. Gyetvai, 1999: "Channel-Pattern Adjustments and Geomorphic Characteristics of Elkhead Creek, Colorado, 1937–97", Denver, Colorado
- [21] University of Peradeniya, Department of Civil Engineering, Dr. U. Ratnayake: Lecture Notes CE205 – Engineering Hydrology "Watershed Characteristics", Sri Lanka
- [22] V.T. Chow, Maidment, Mays, 1994: "Hidrología aplicada", McGraw-Hill, Colombia

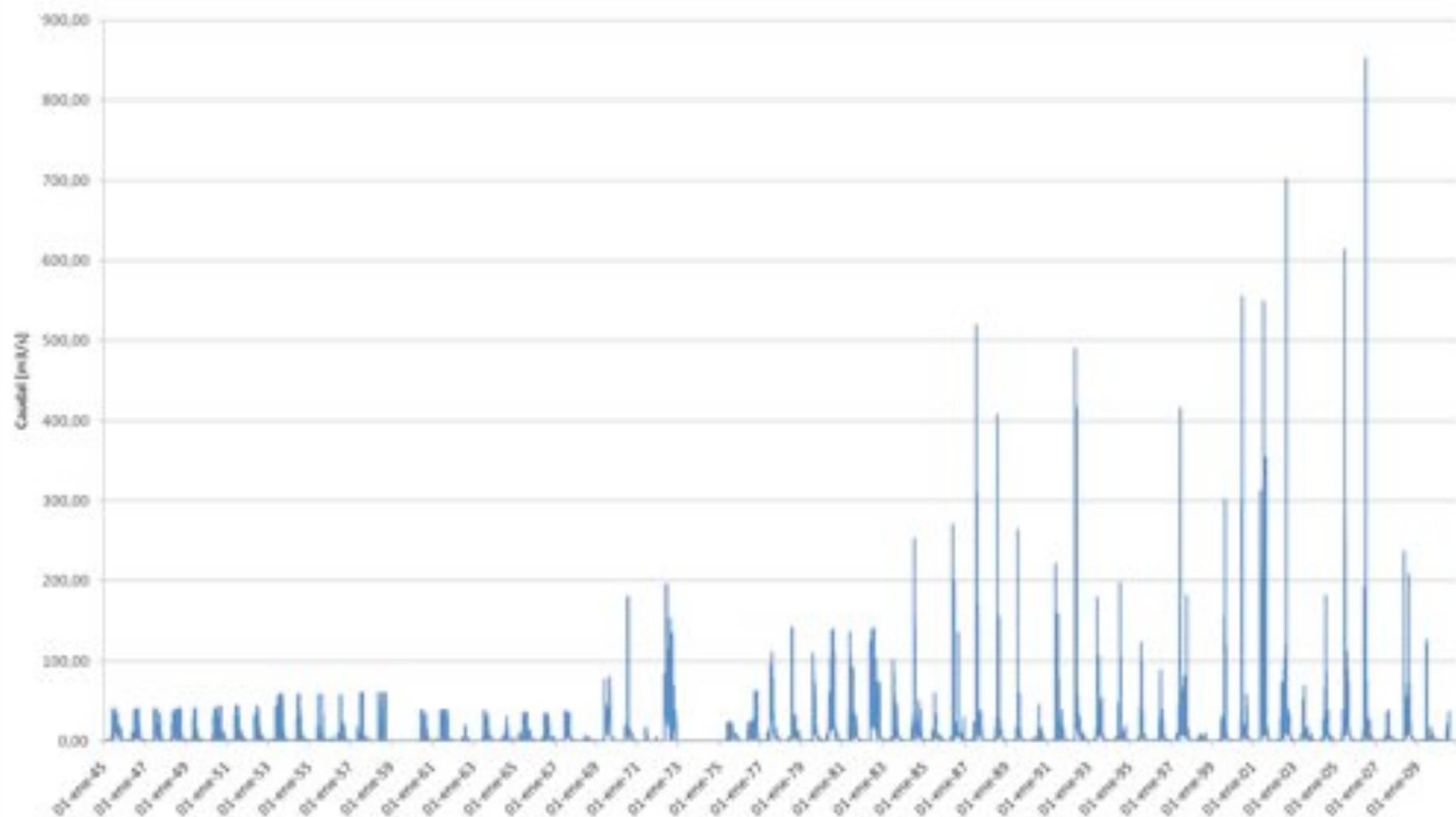
Anexo A

Gráficos – Datos diarios de los caudales [m³/s]

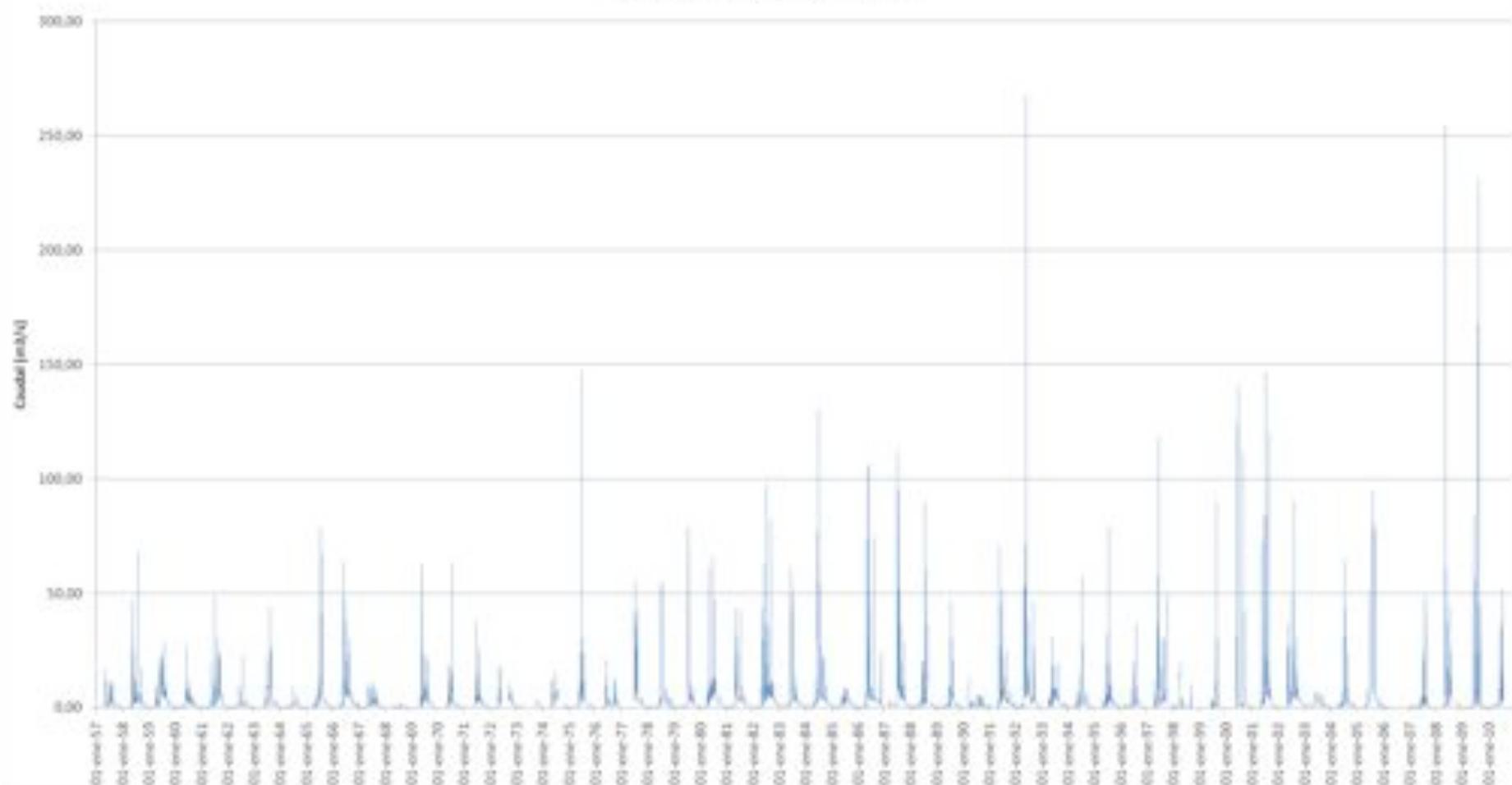
ESTERO EL MANZANO ANTES JUNTA RIO TENO



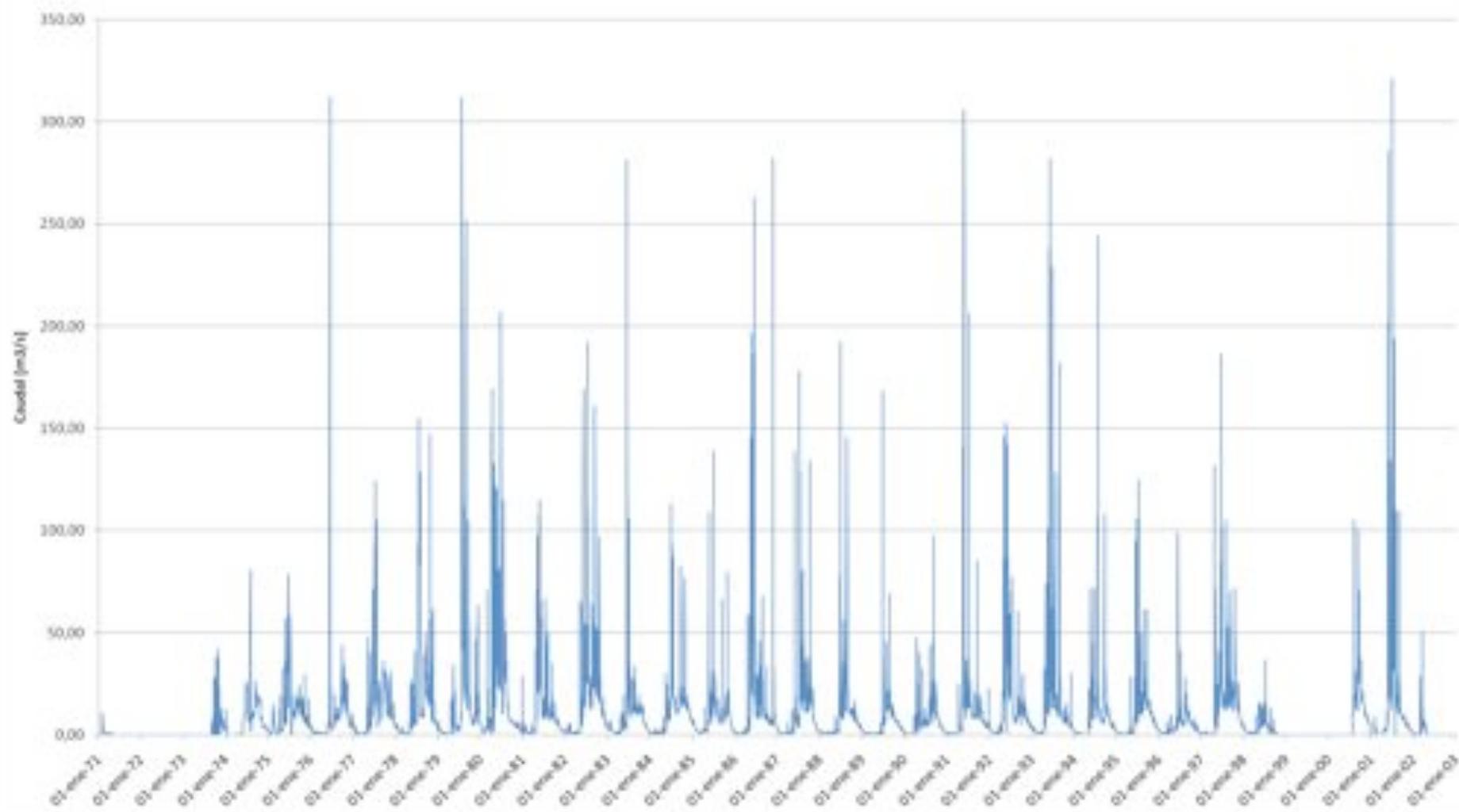
RIO CAUQUENES EN EL ARRAYAN



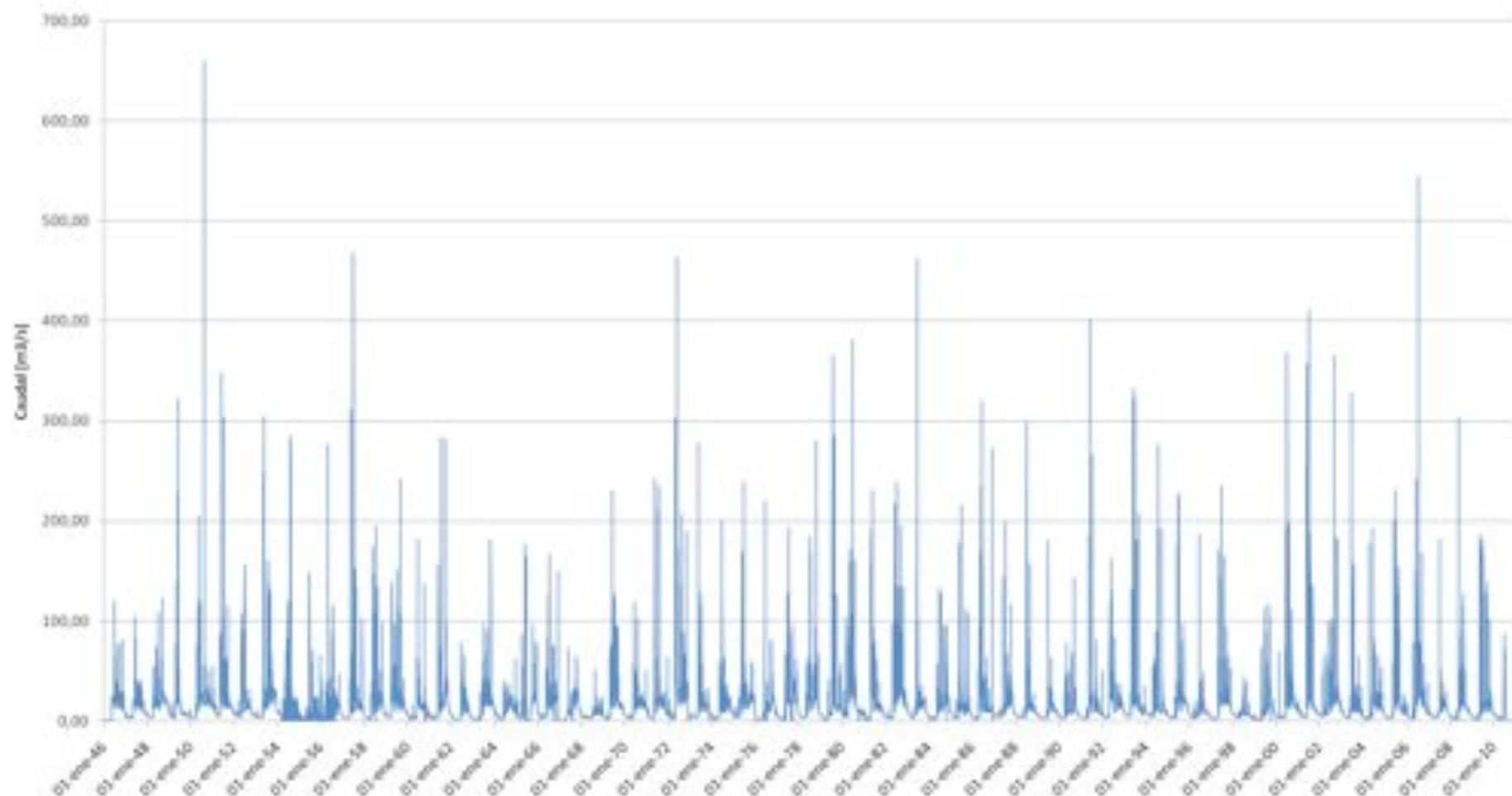
RIO PURAPEL EN NIRIVILO



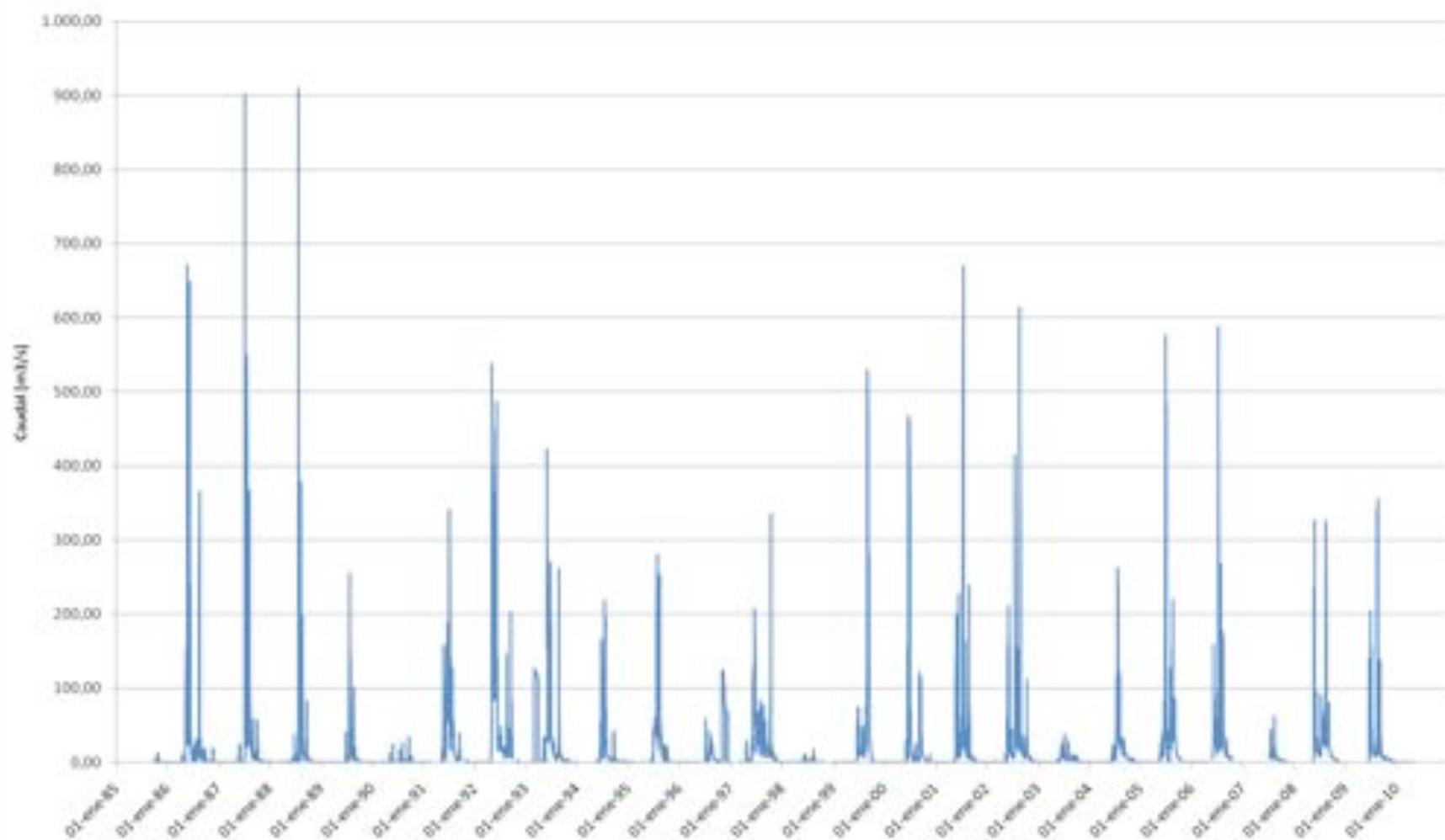
RIO NIBLINTO ANTES CANAL ALIMENTADOR EMB. COIHUECO



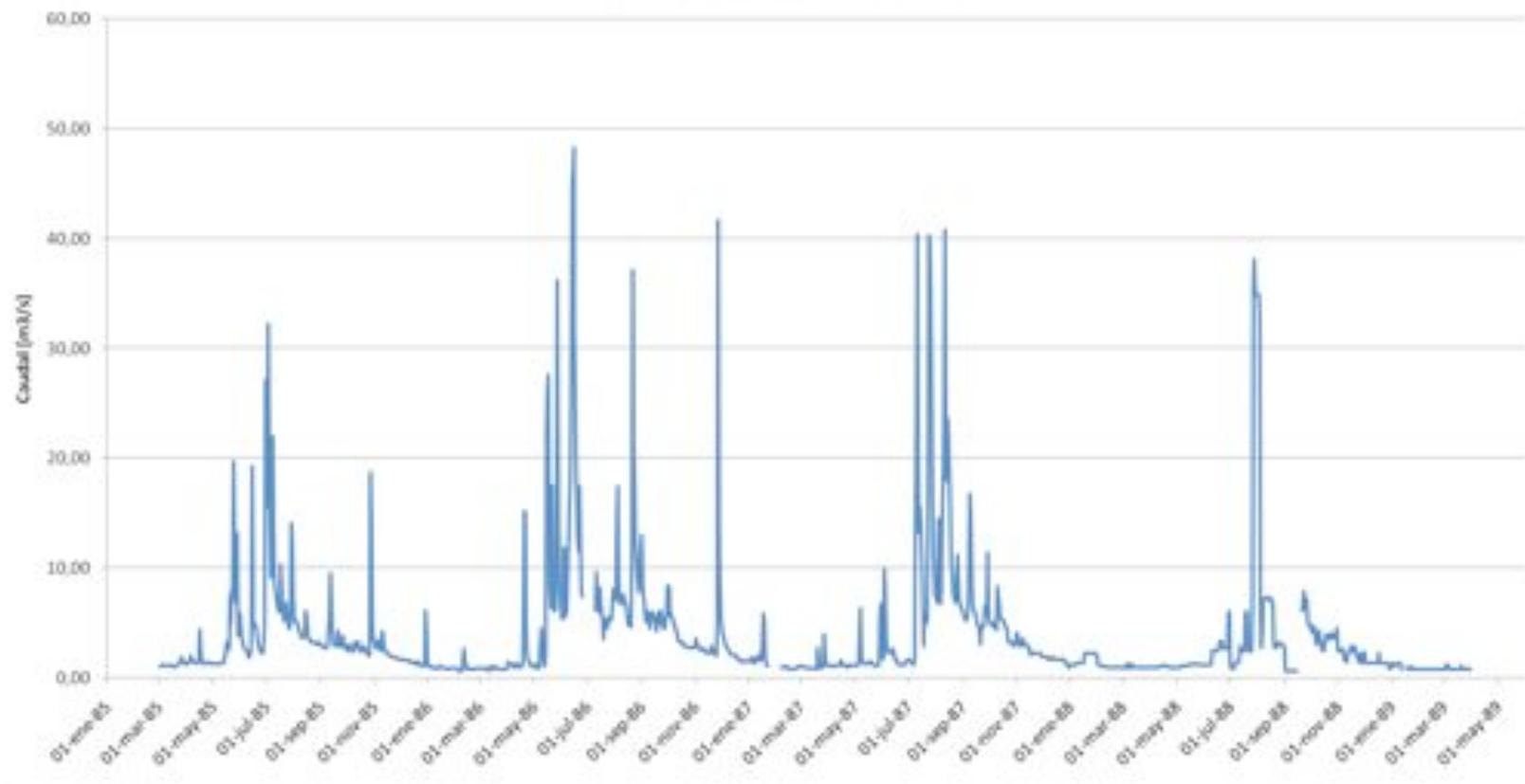
RIO DIGUILLIN EN SAN LORENZO (ATACALCO)



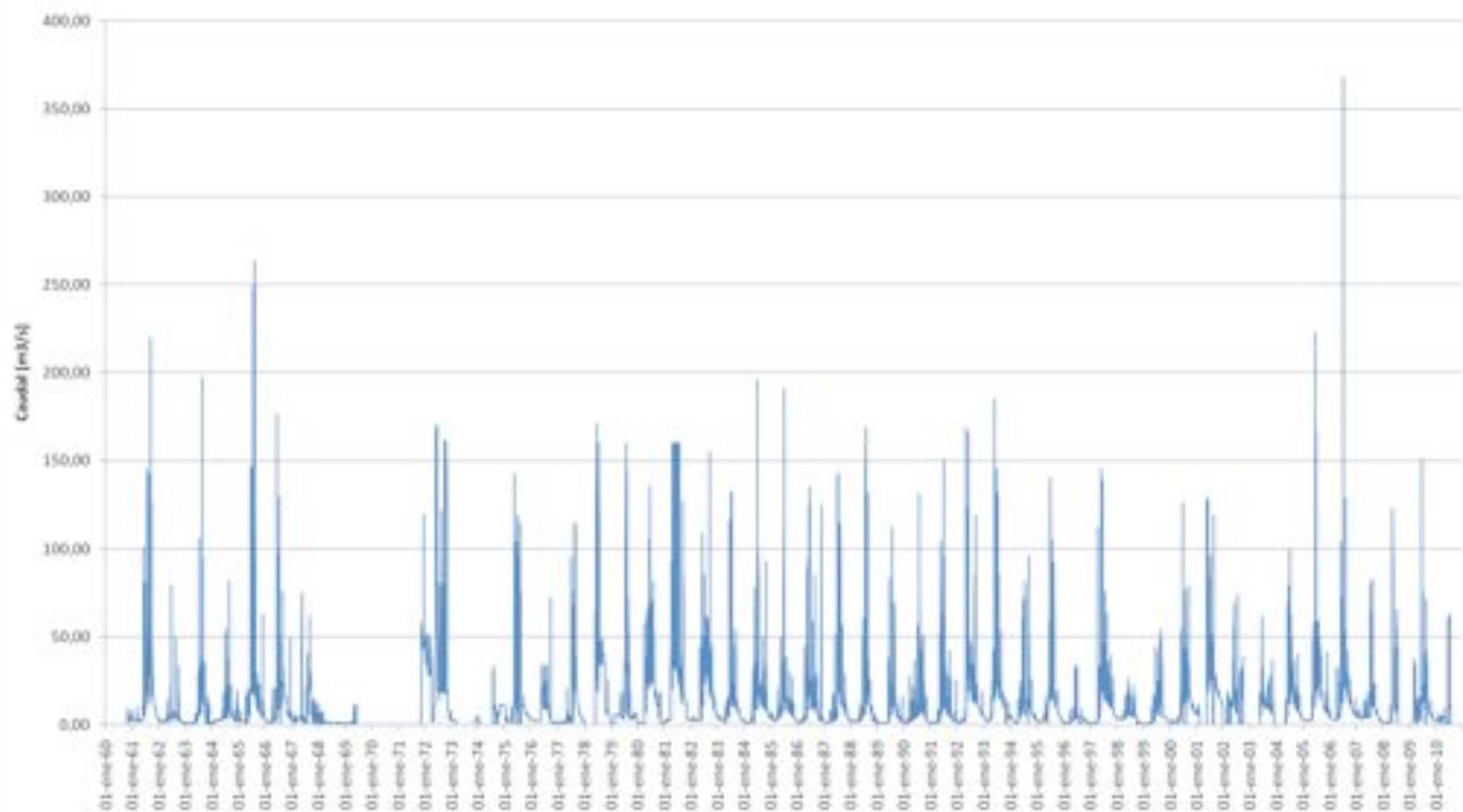
RIO LONQUEN EN TREHUACO



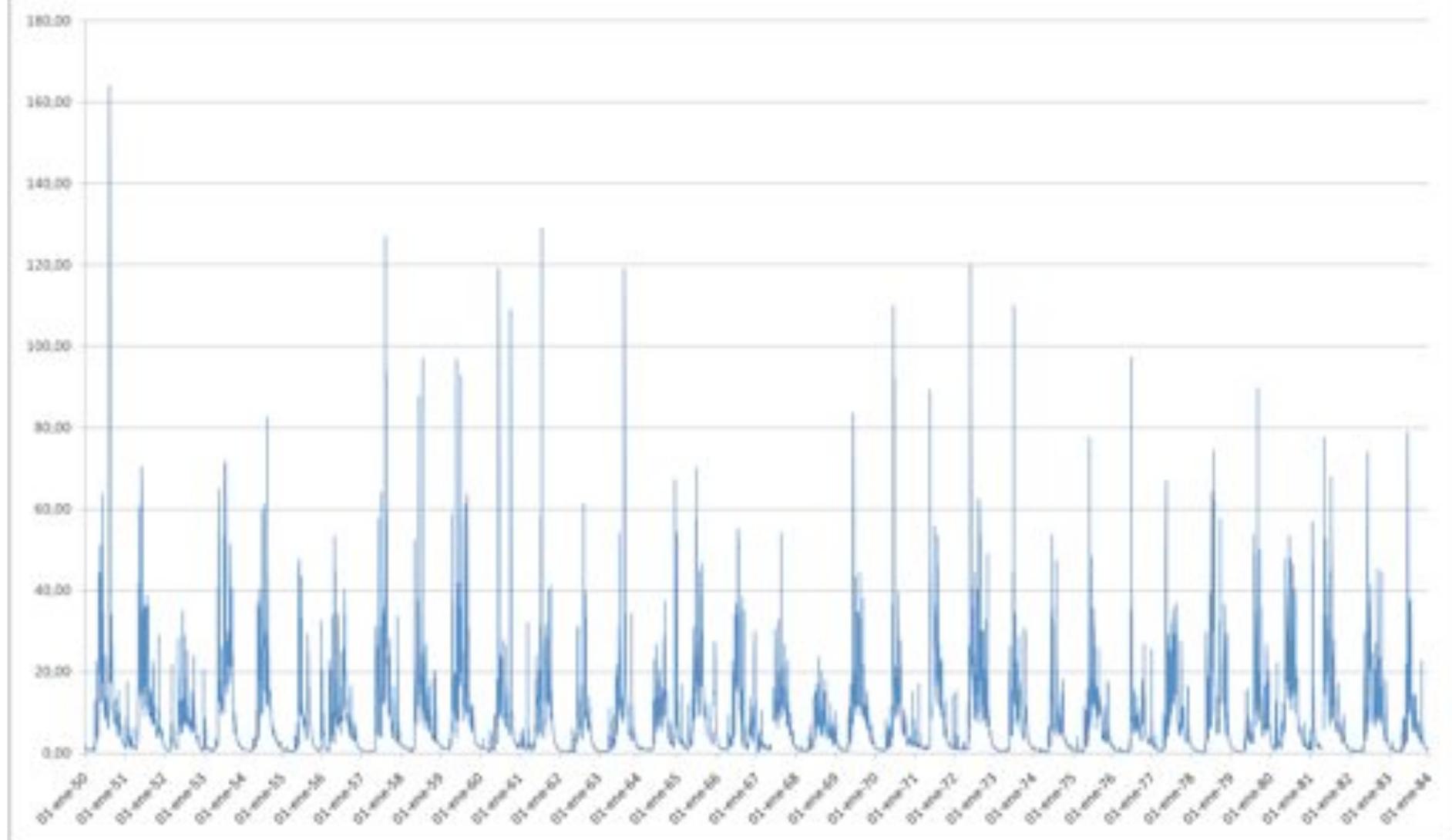
RIO PINGUERAL EN DICHATO



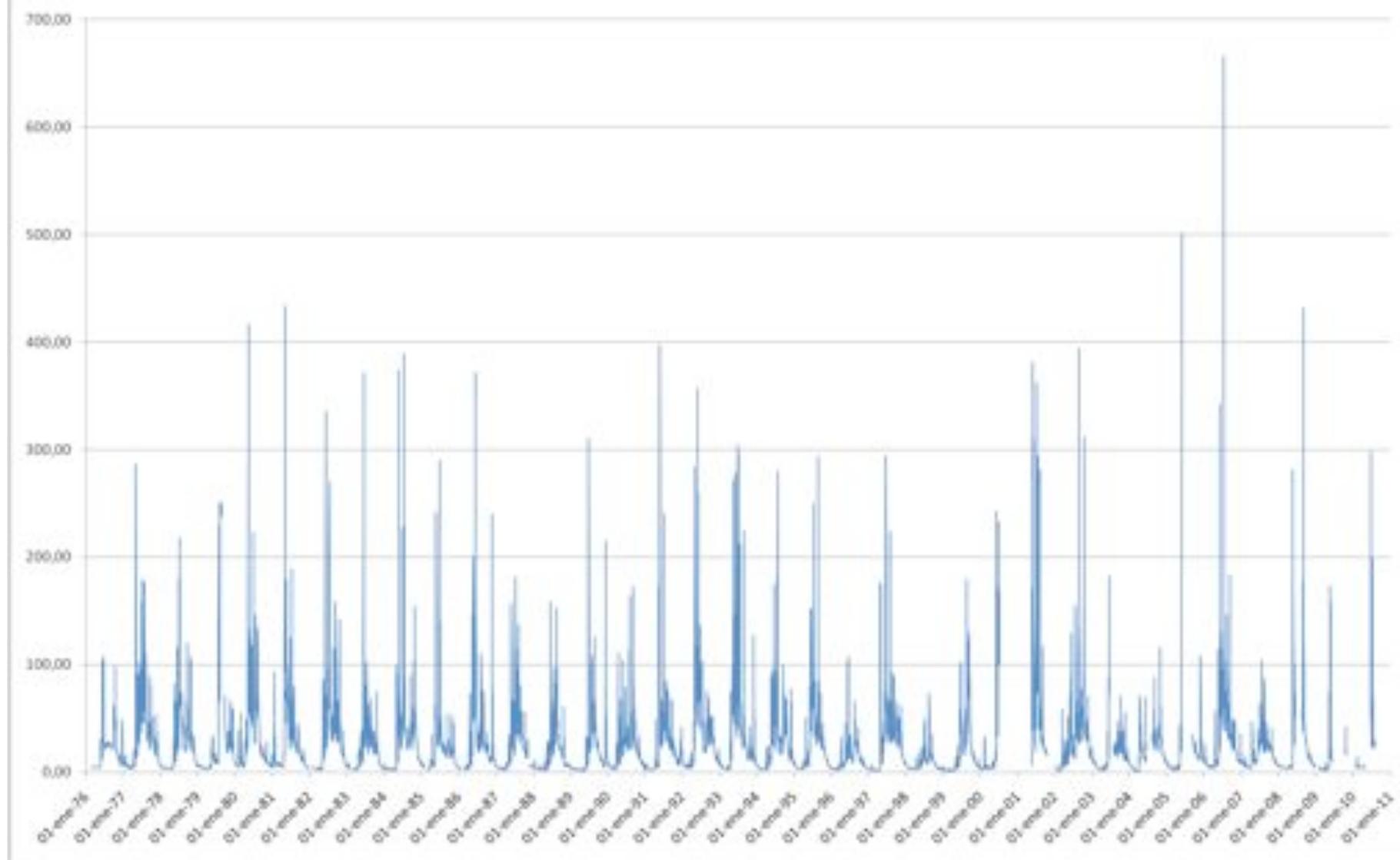
RIO ANDALIEN CAMINO A PENCO



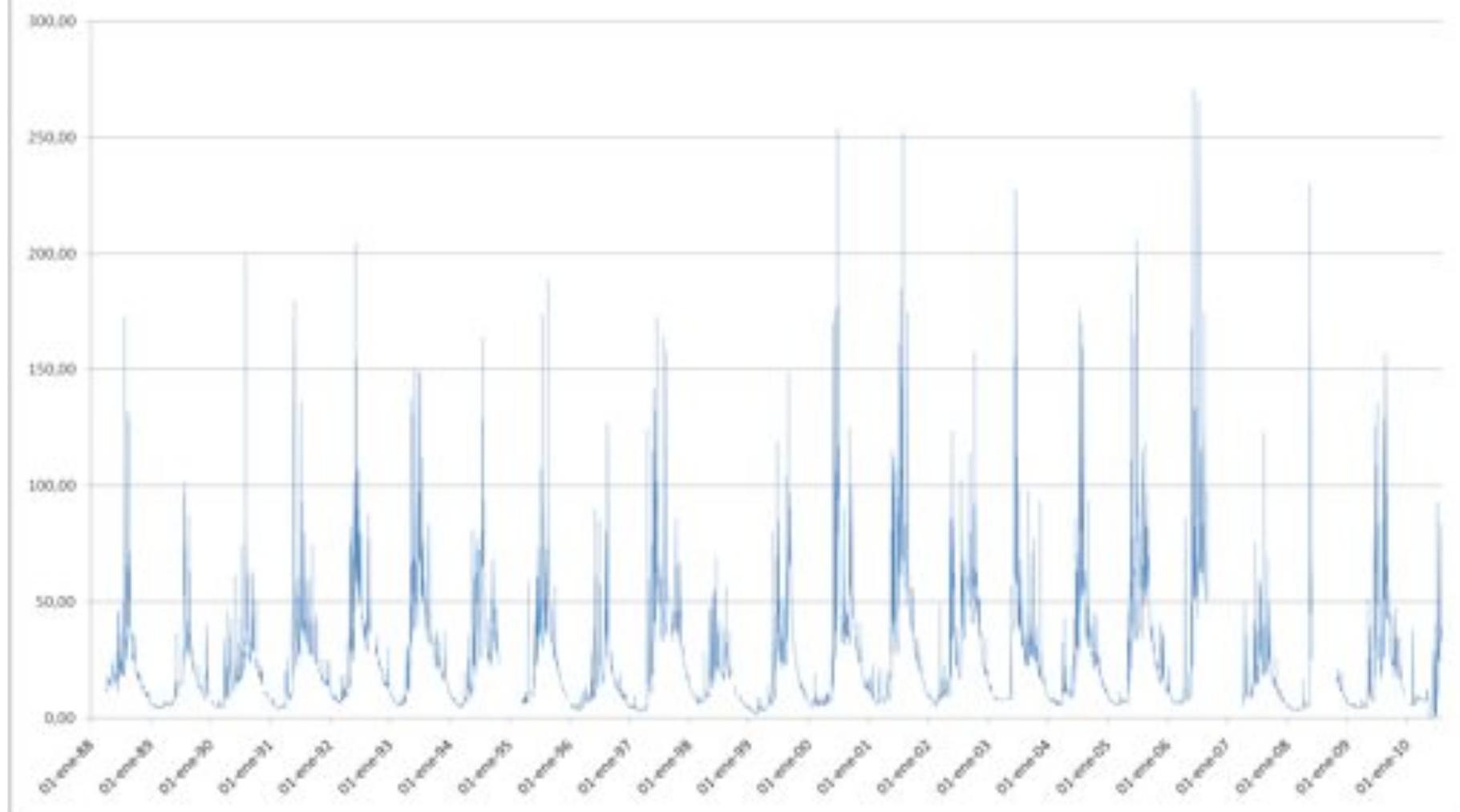
RIO LIRQUEN EN CERRO EL PADRE



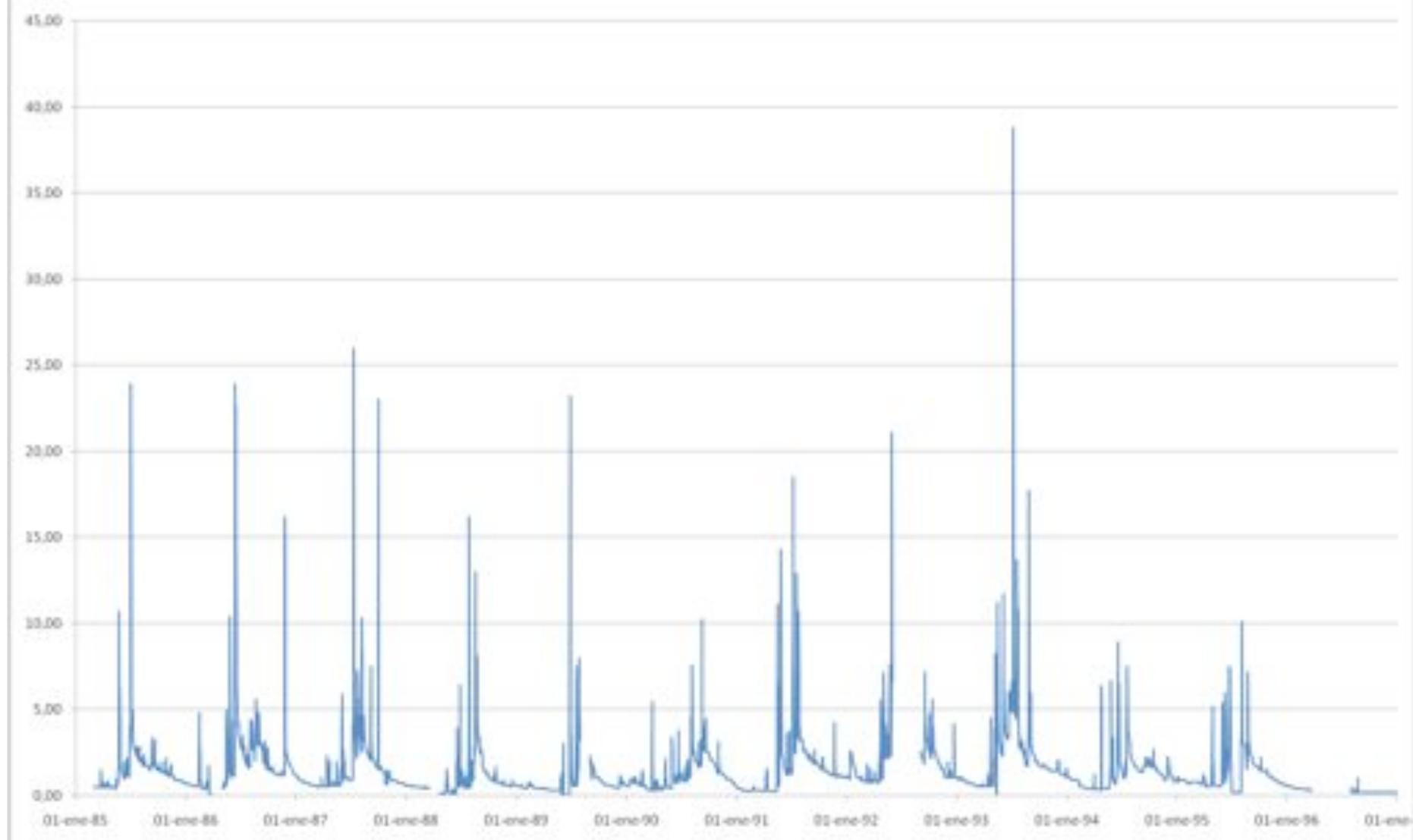
RIO MALLECO EN COLLIPULLI



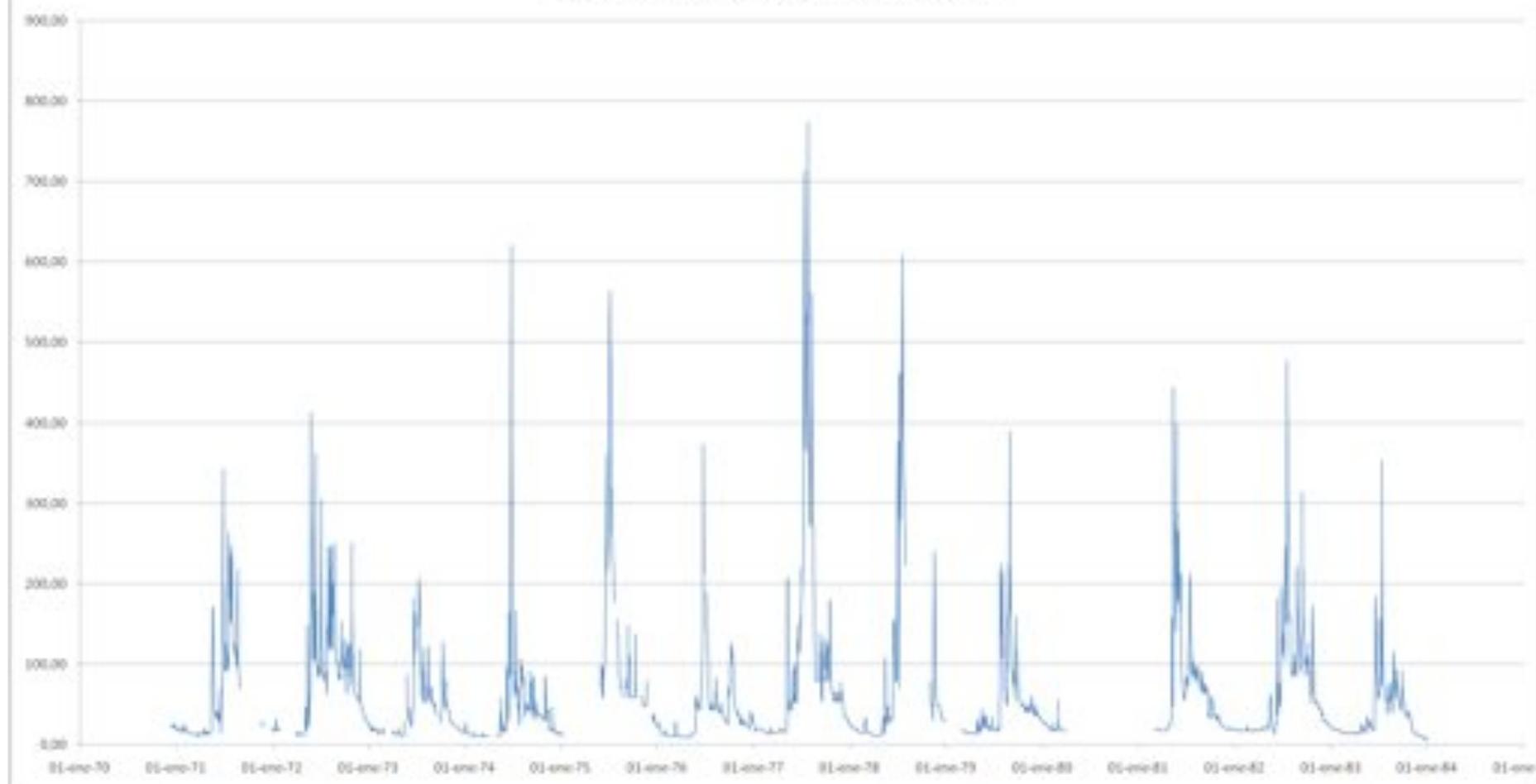
RIO NICODAHUE EN PICHUN



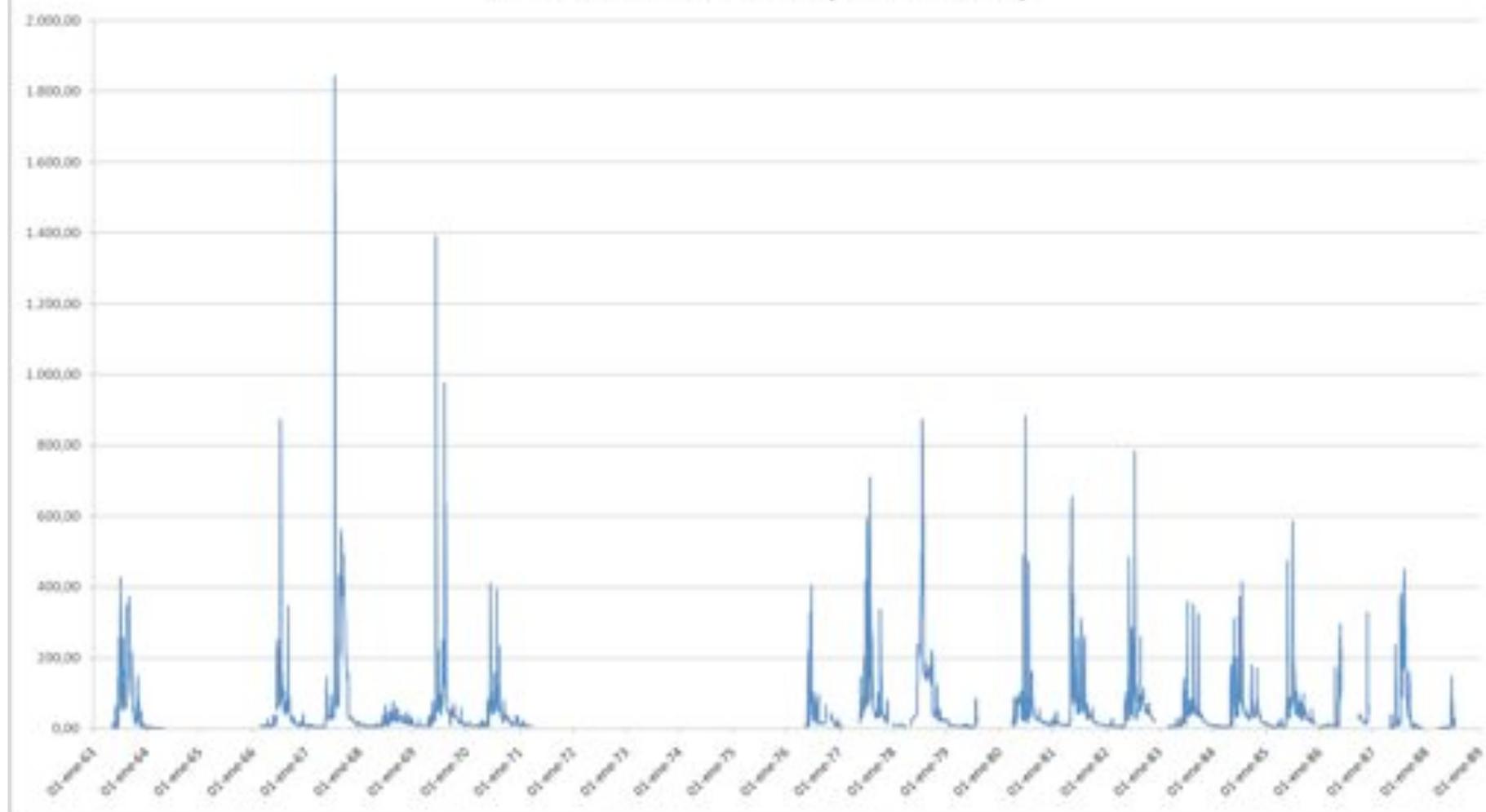
RIO LARAQUETE EN EL CAJON



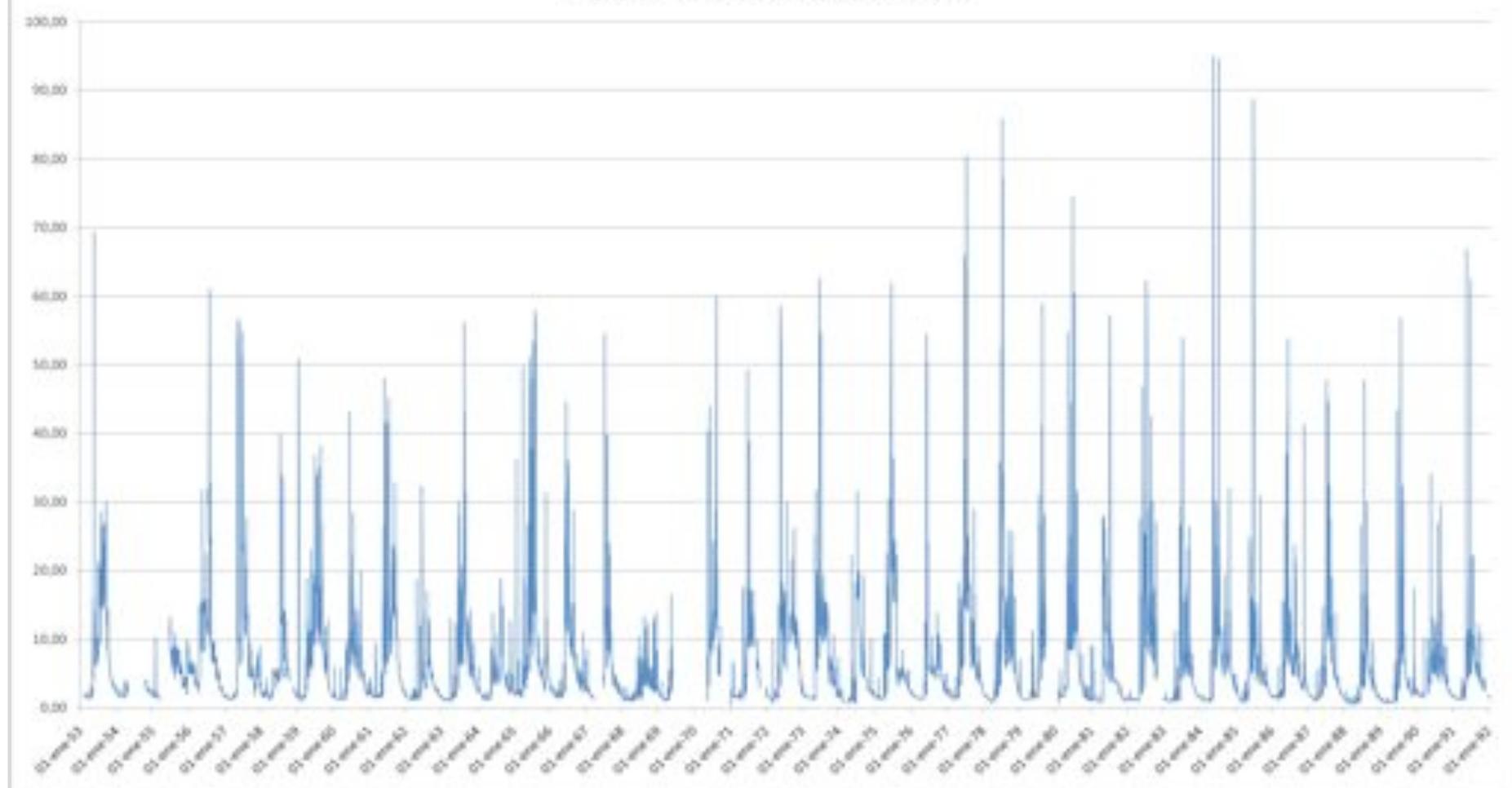
RIO CARAMPANGUE EN CARAMPANGUE



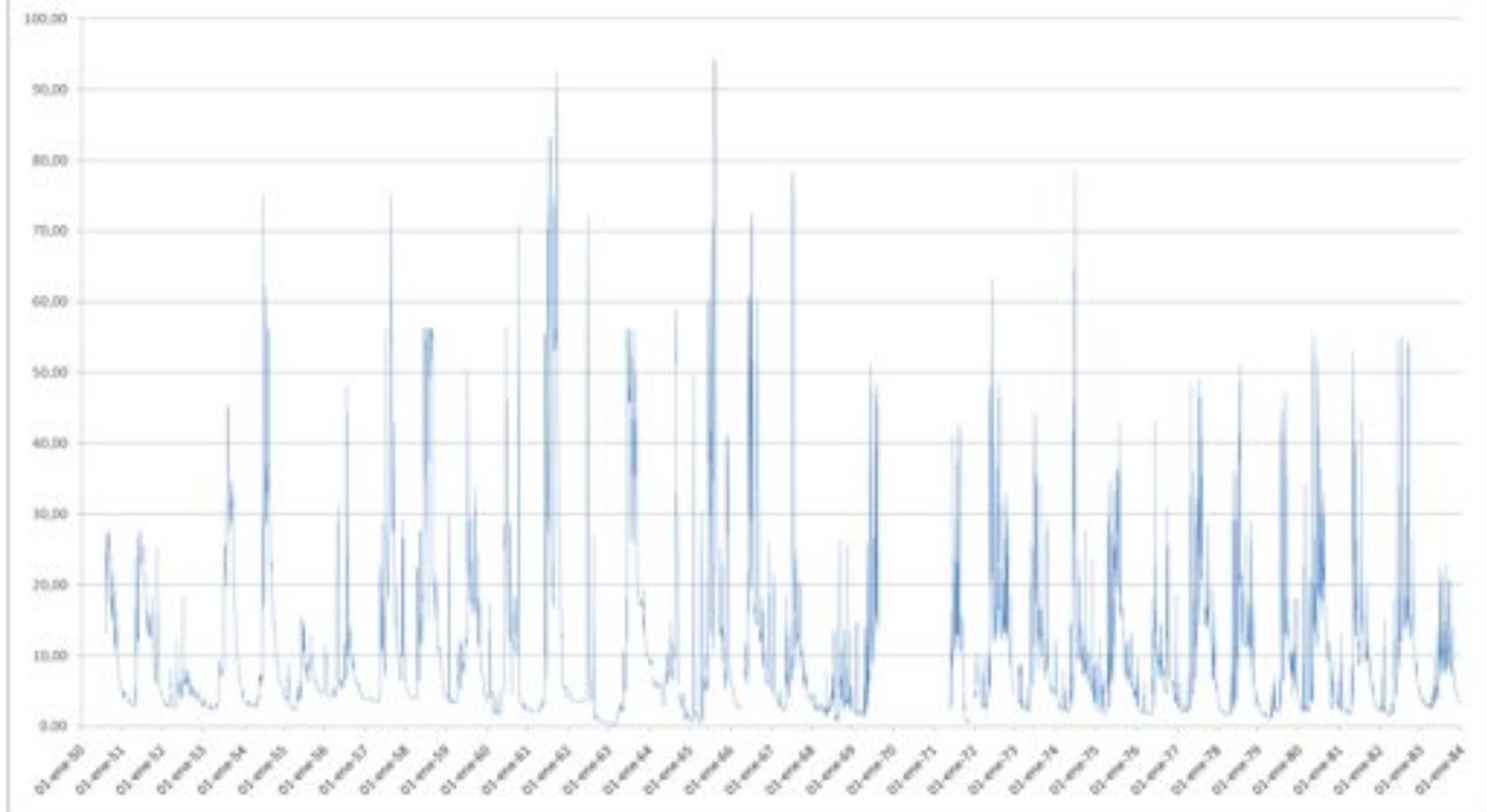
RIO LEBU EN LAS CORRIENTES (EN LOS ALAMOS)



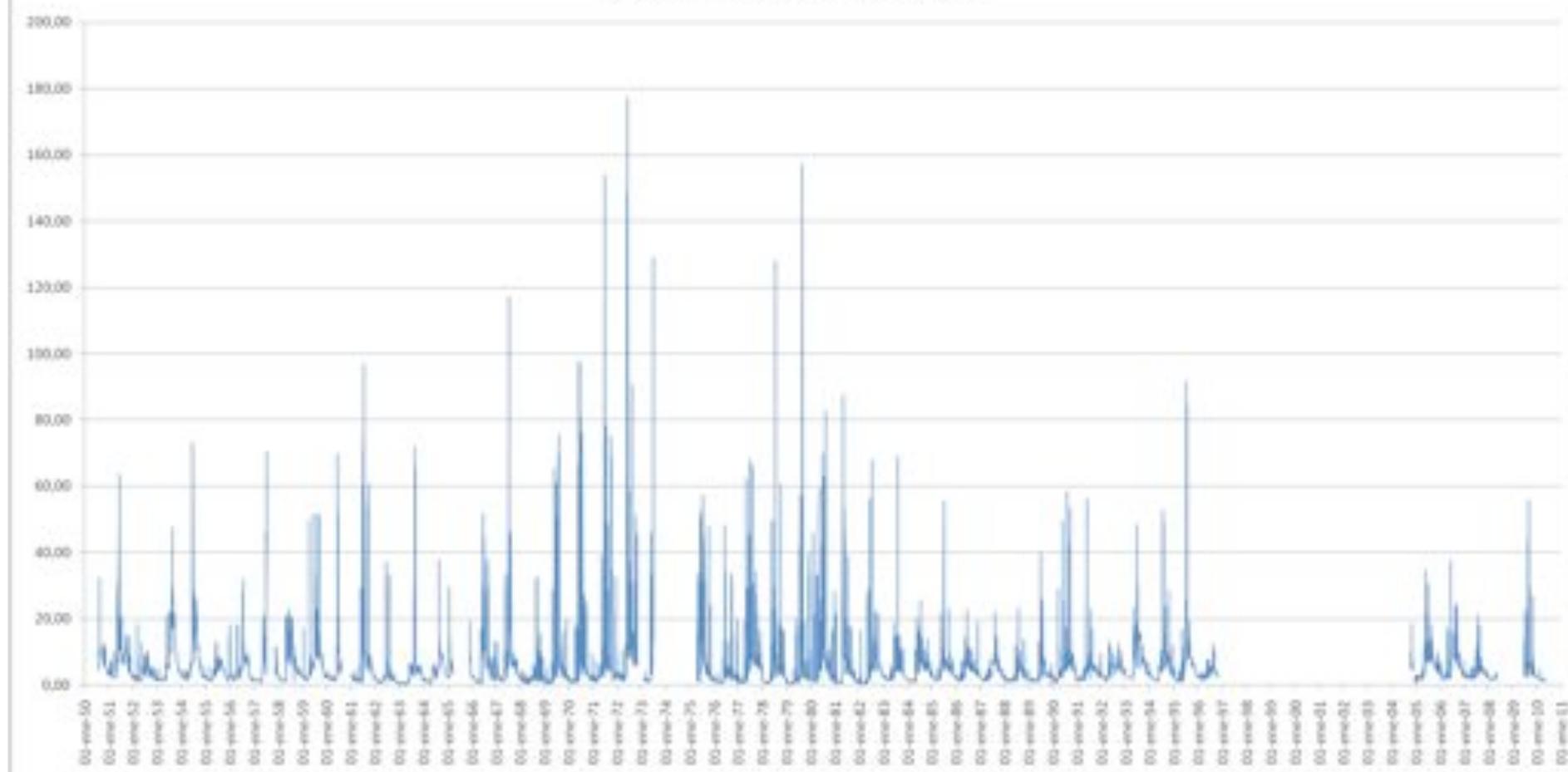
RIO CARAMAVIDA EN CARAMAVIDA



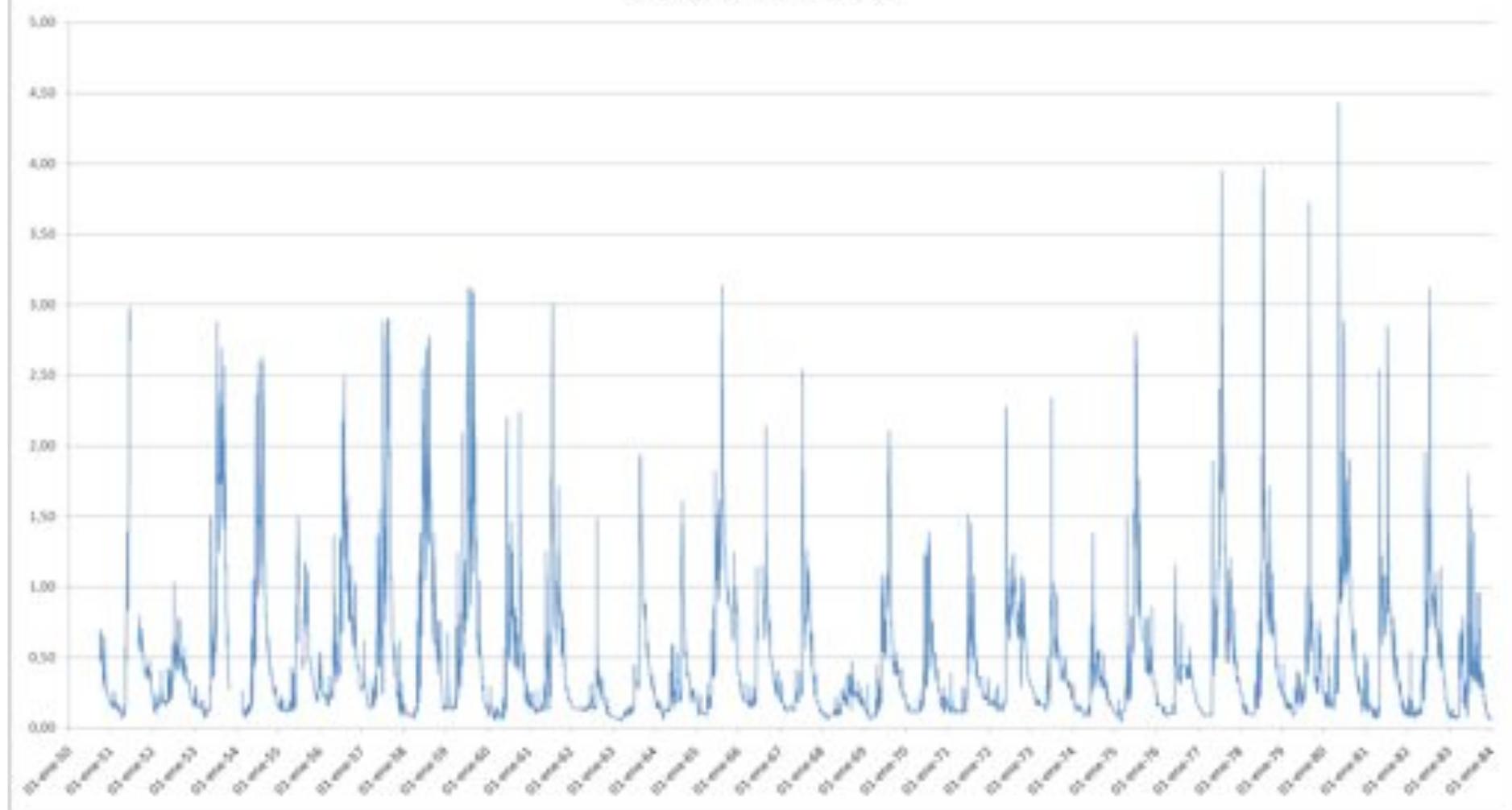
RIO CAYUCUPIL EN CAYUCUPIL



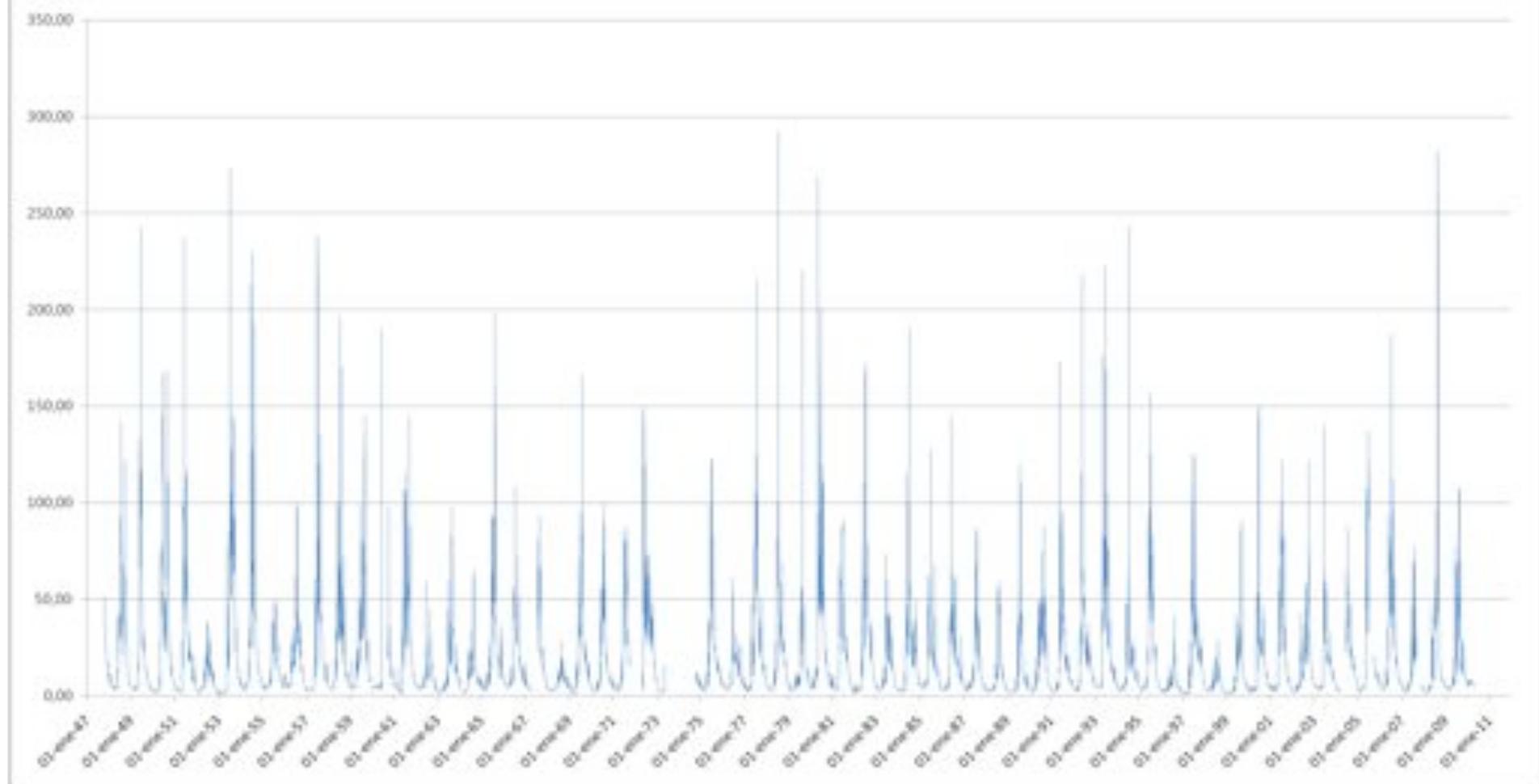
RIO BUTAMALAL EN BUTAMALAL



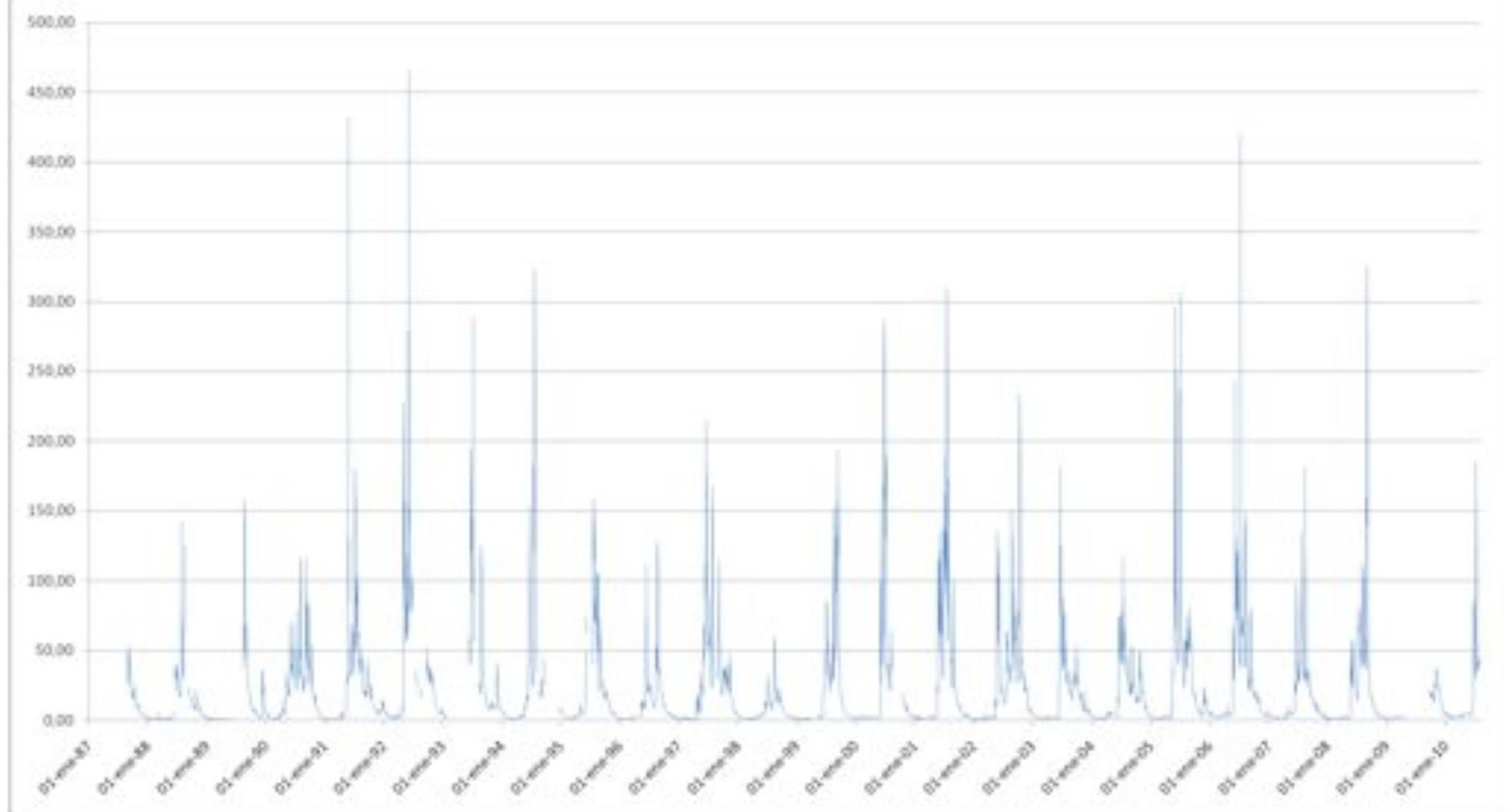
RIO REPUTO EN REPUTO



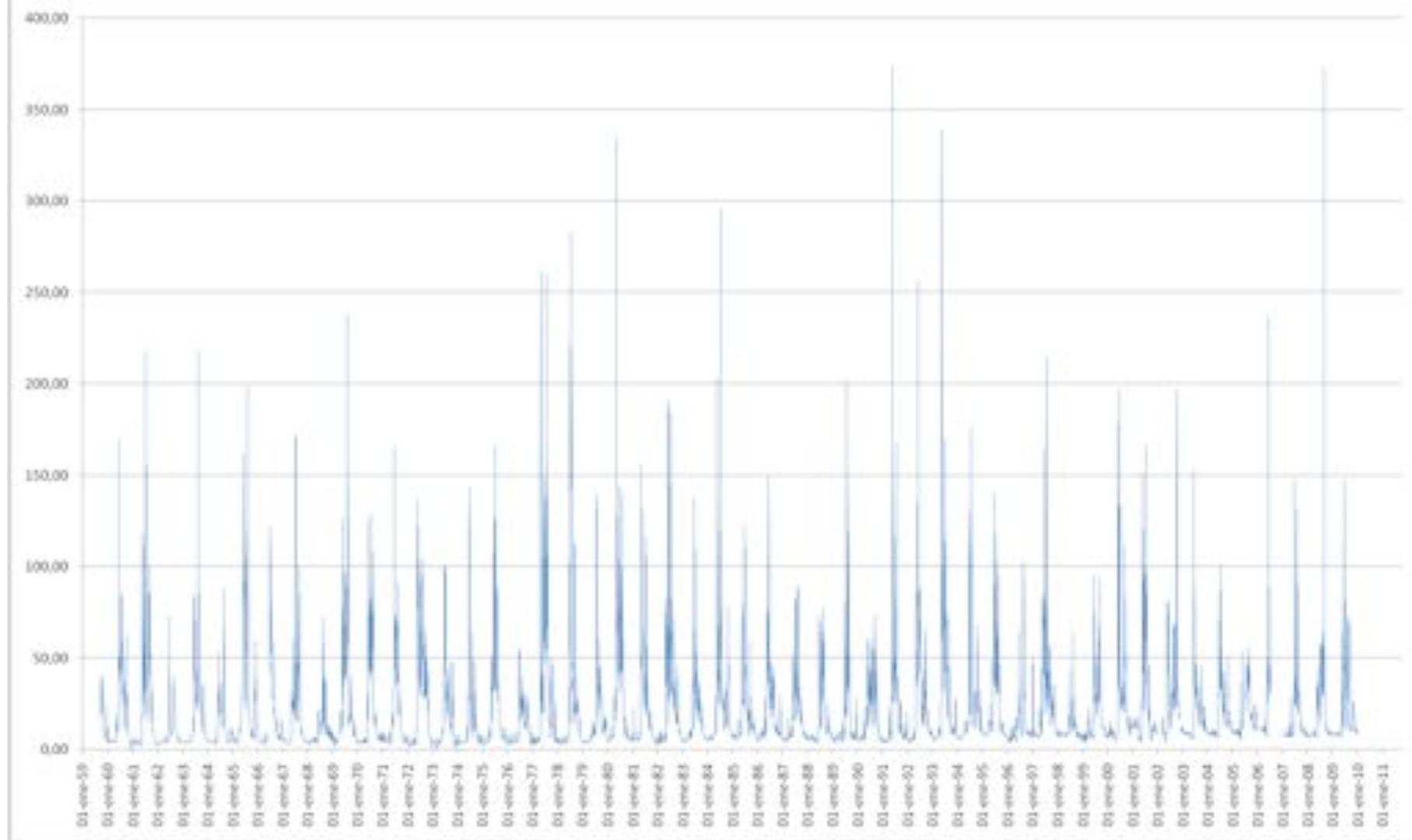
RIO LUMACO EN LUMACO



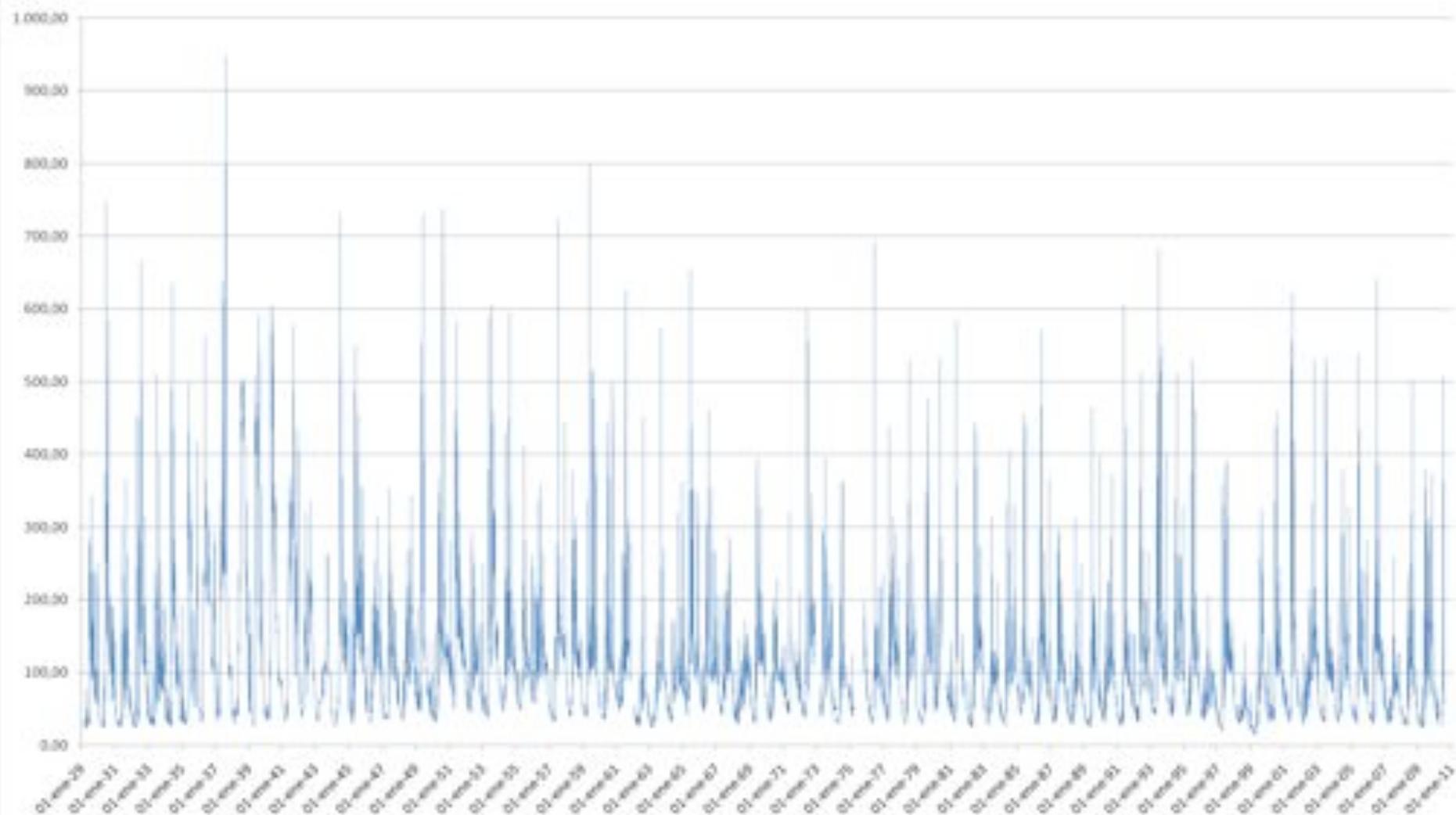
ESTERO CHUFQUEN EN CHUFQUEN



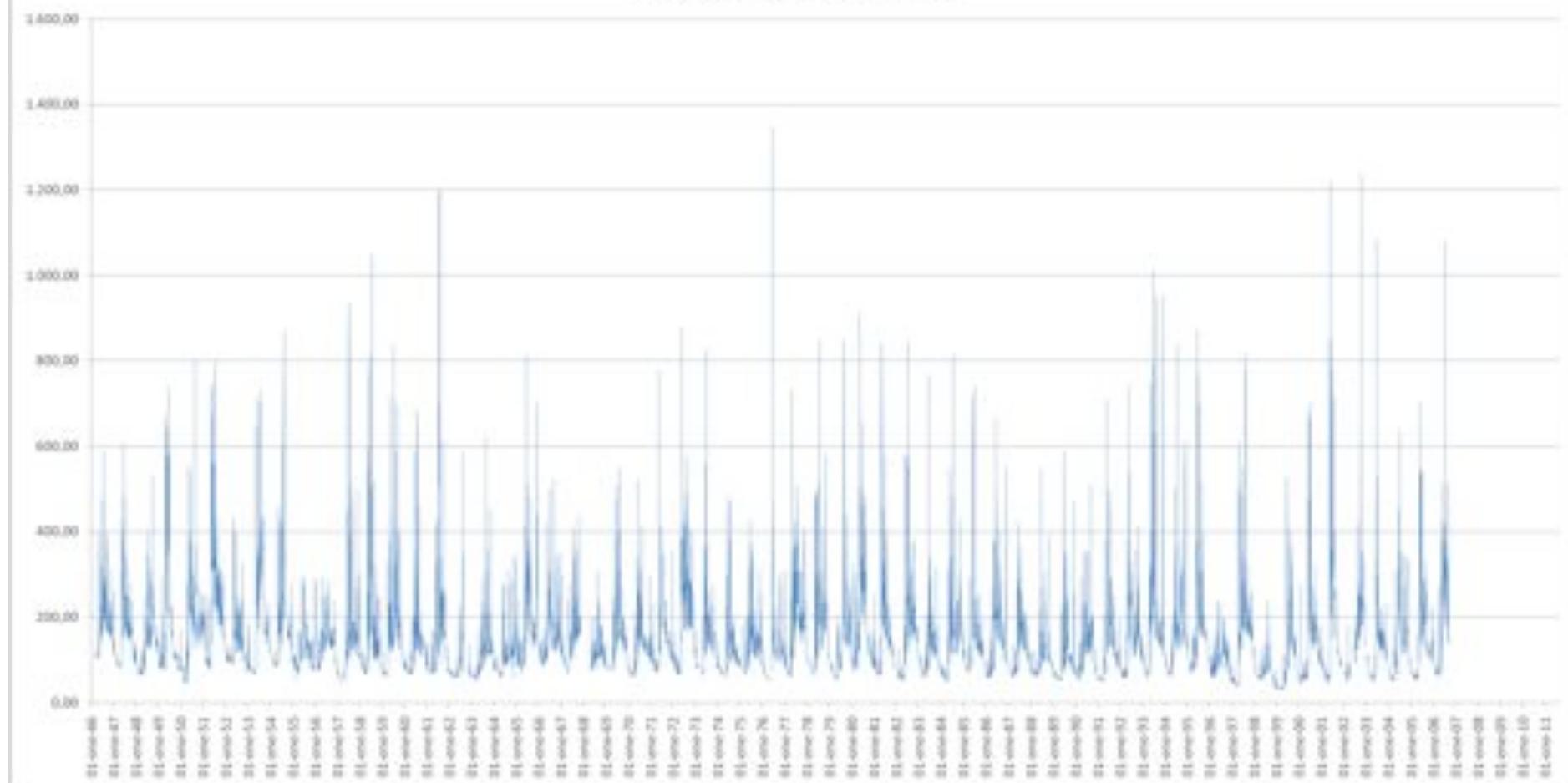
RIO QUILLEN EN GALVARINO



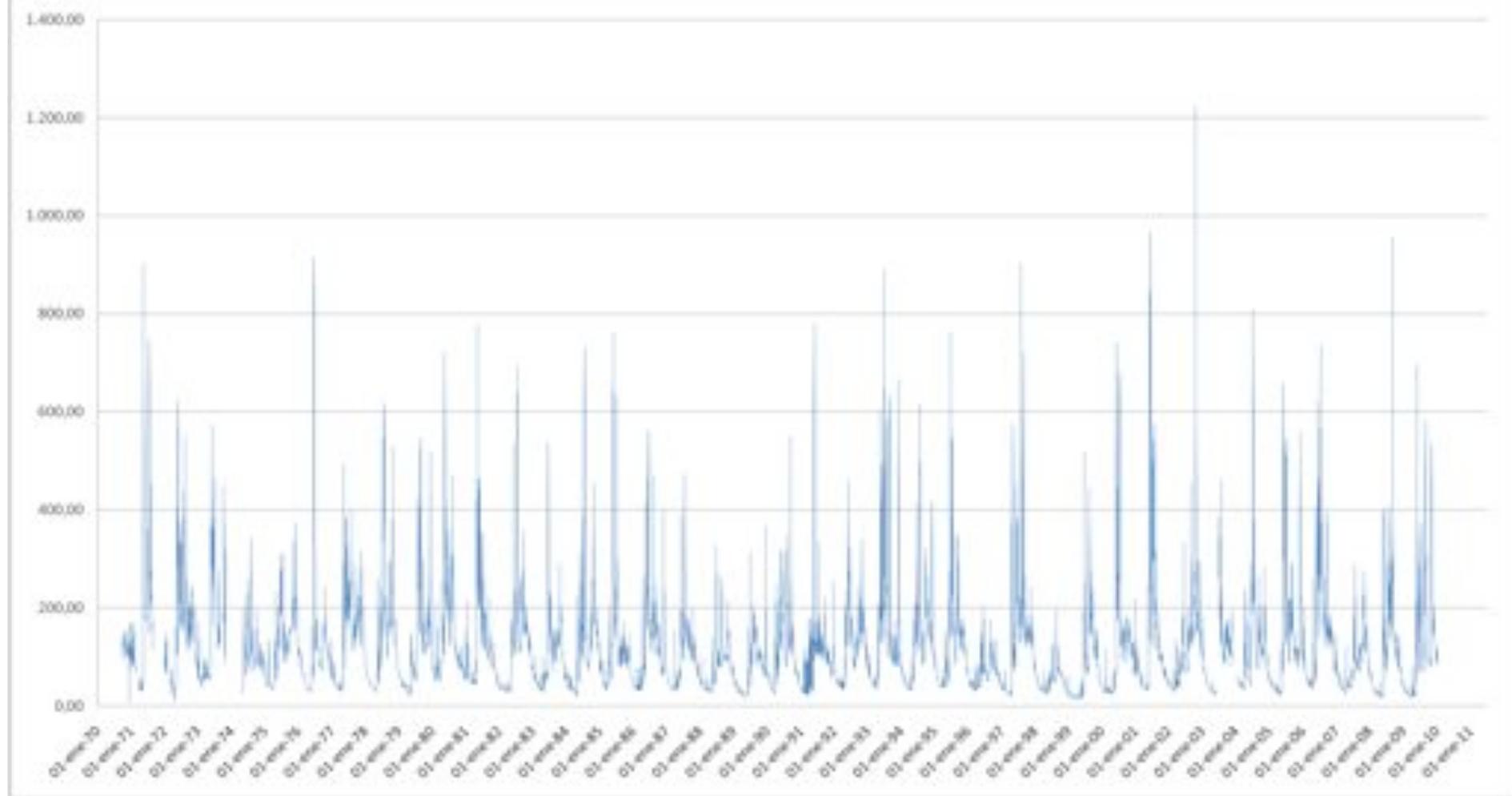
RIO CAUTIN EN RARI-RUCA



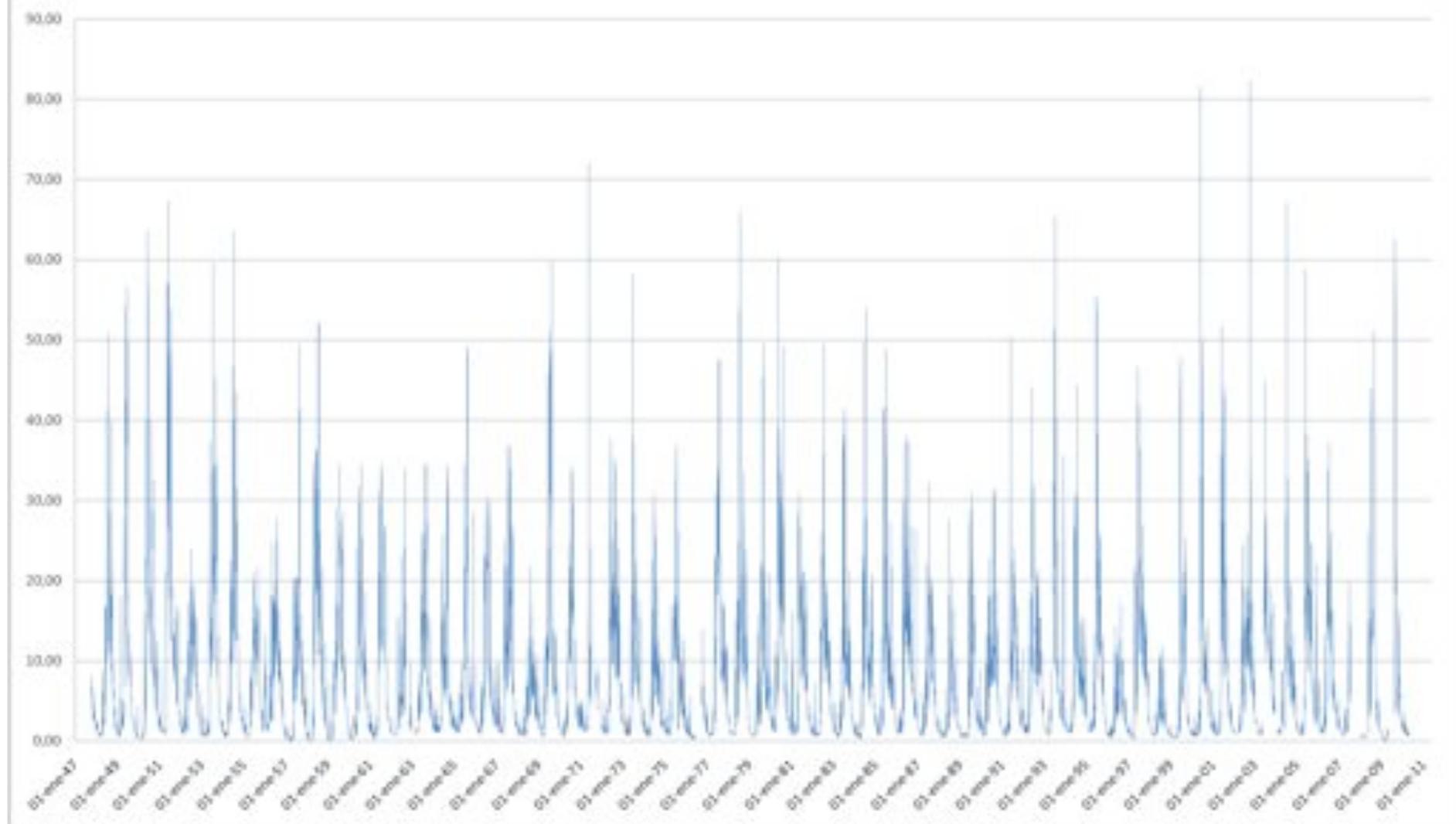
RIO ALLIPEN EN LOS LAURELES



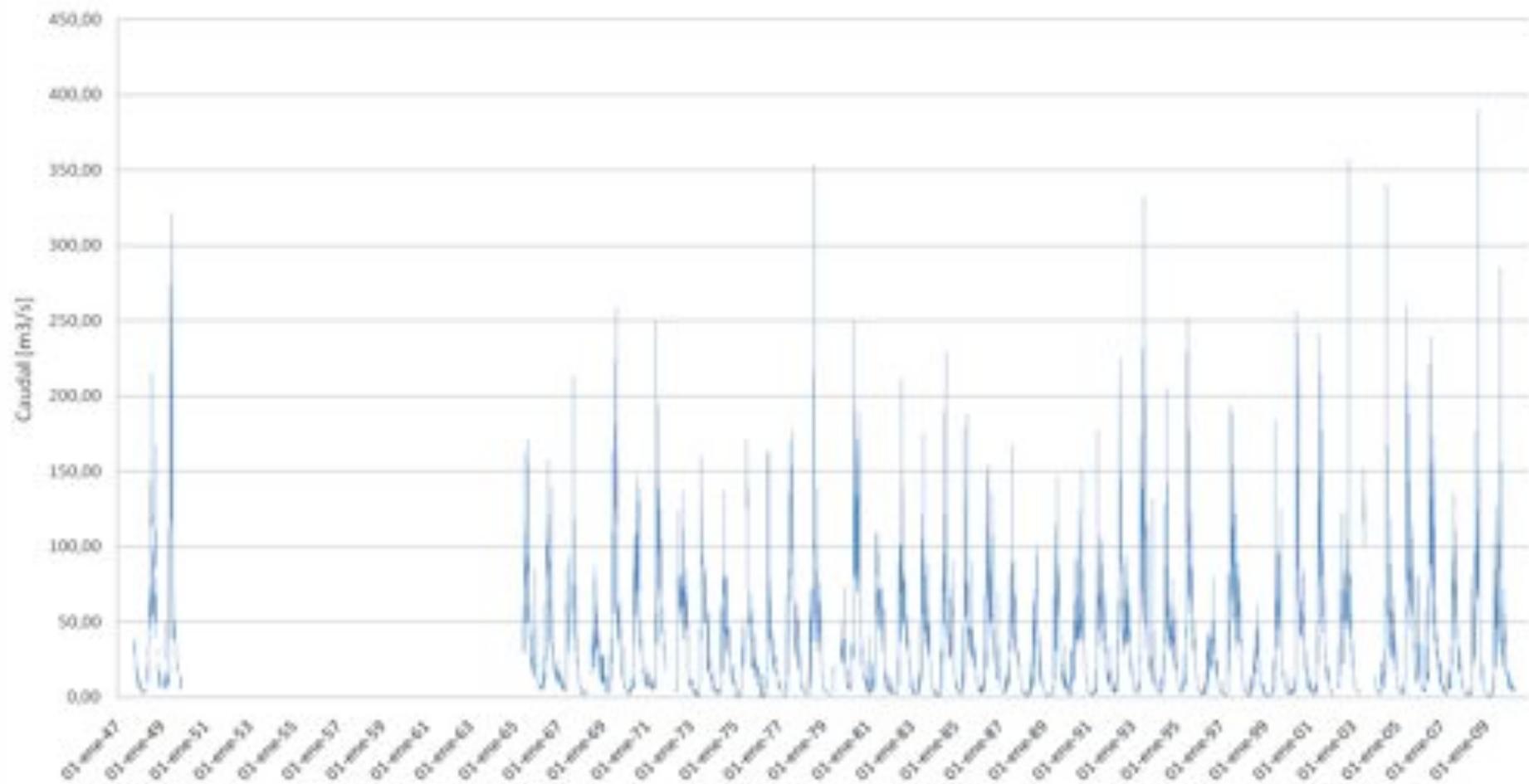
RIO TRANCURA ANTES RIO LLAFENCO



RIO PUYEHUE EN QUITRATUE

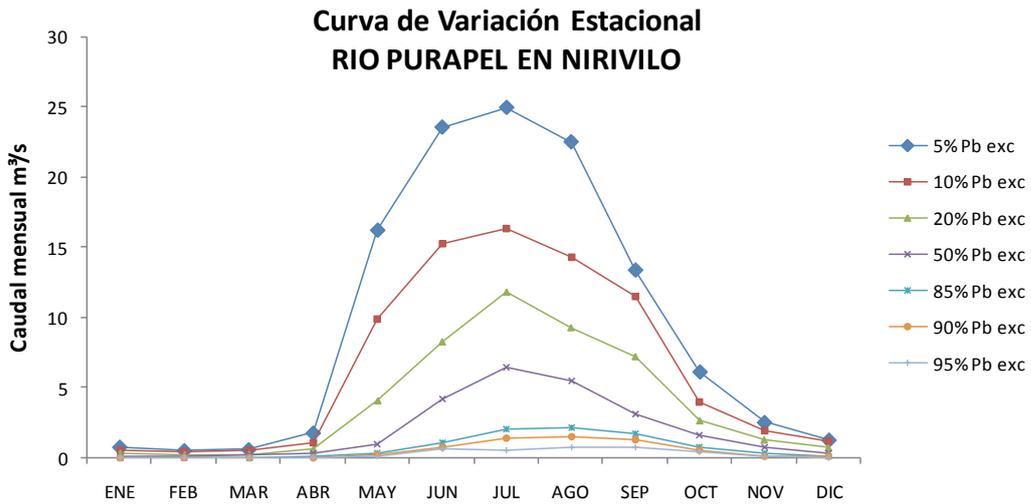
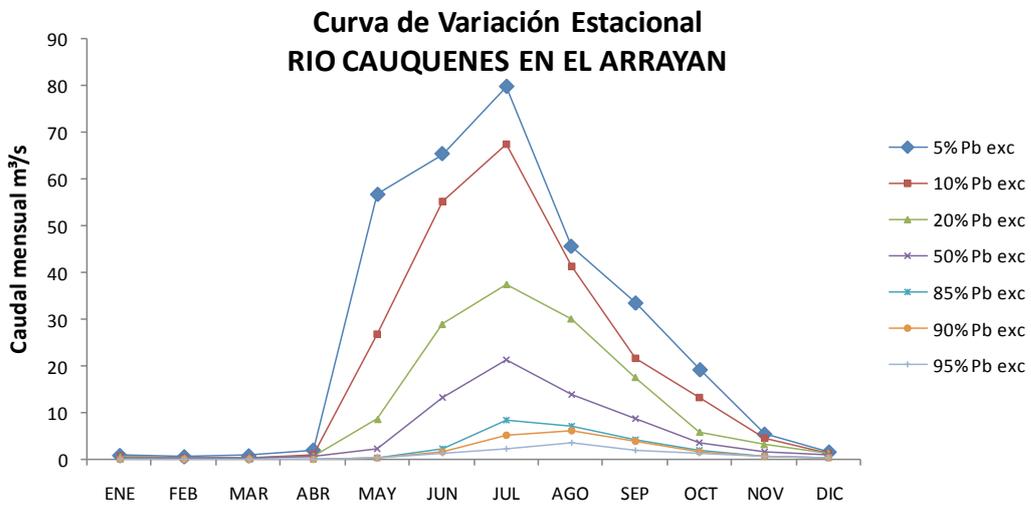
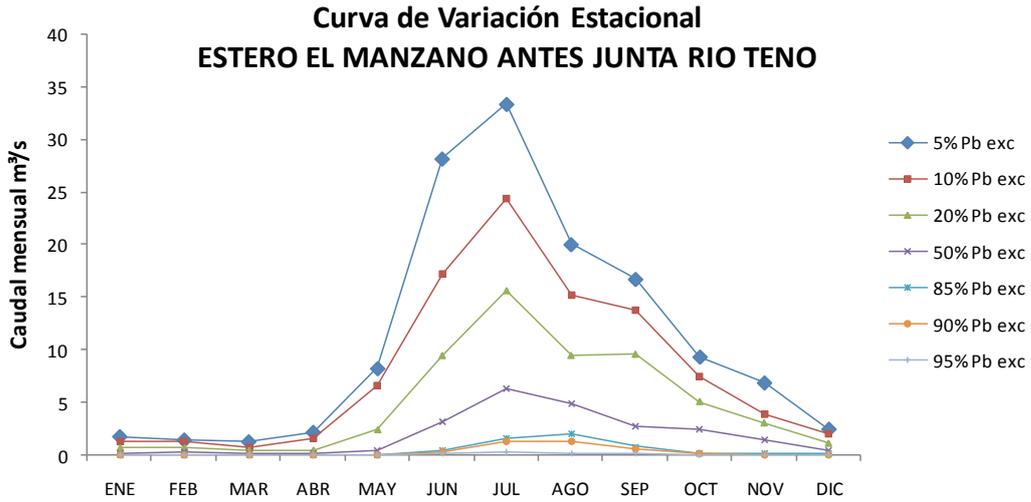


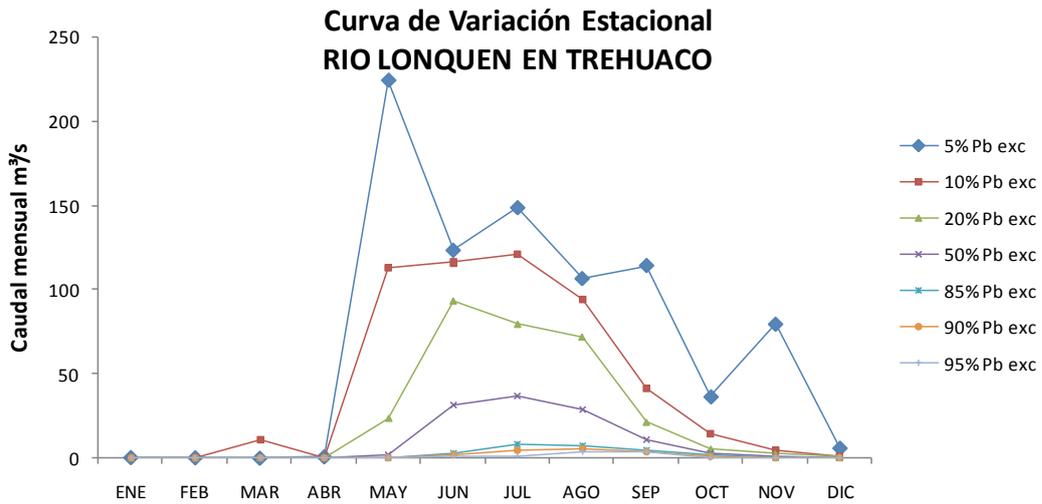
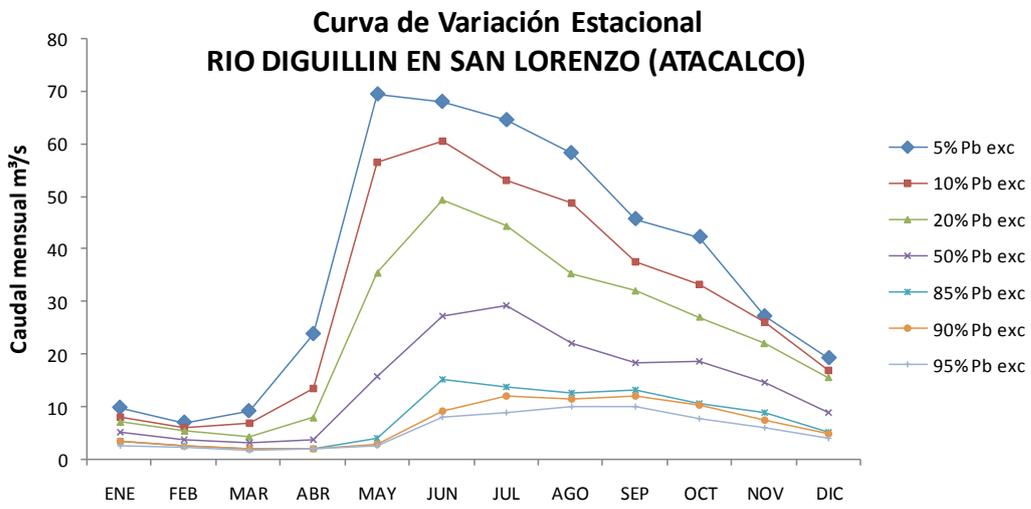
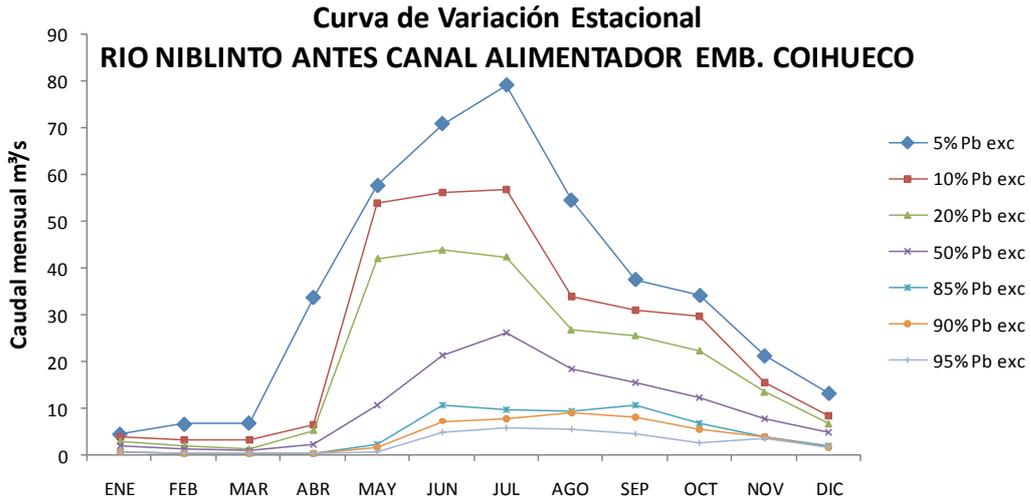
RIO DONGUIL EN GORBEA

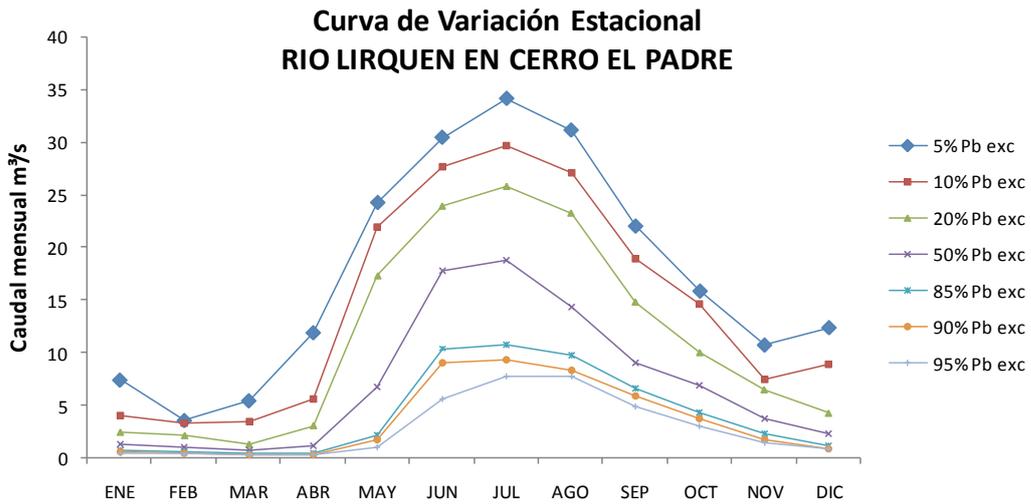
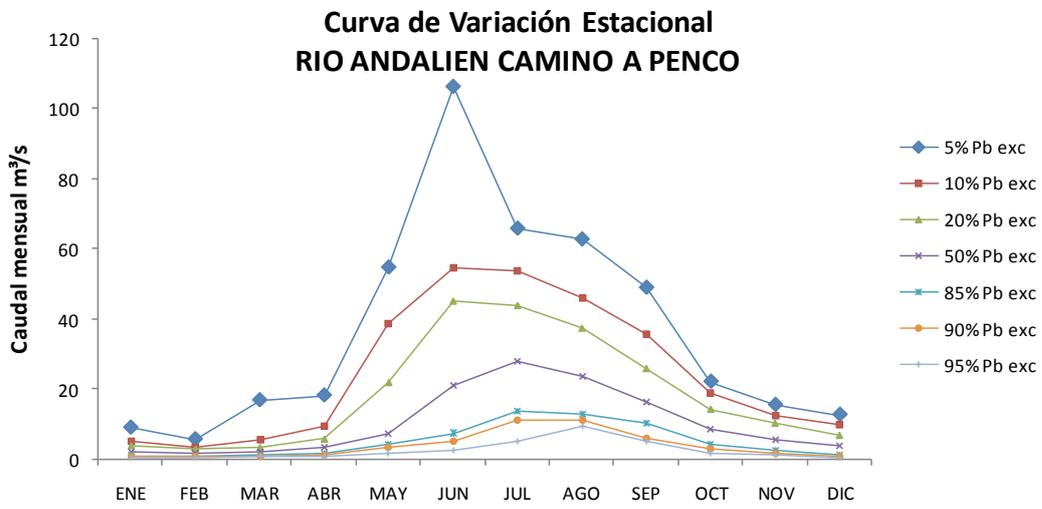
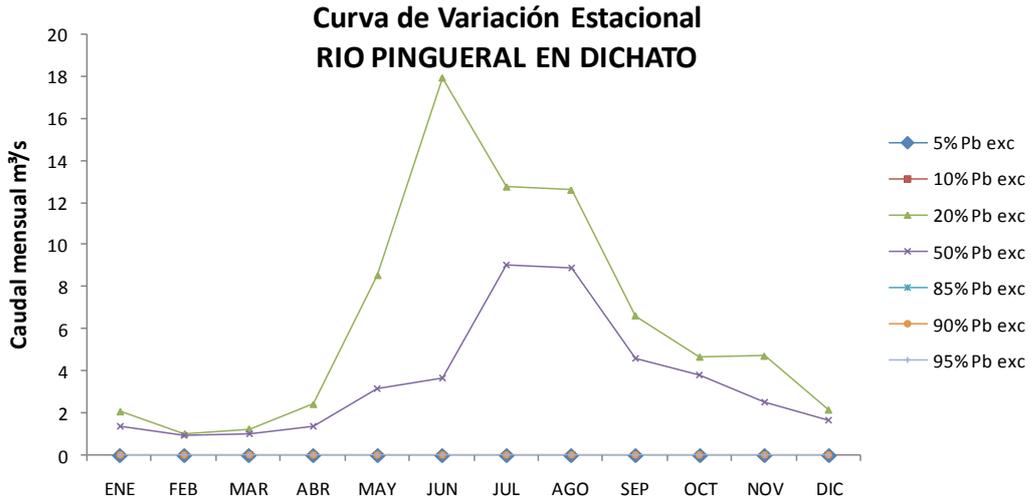


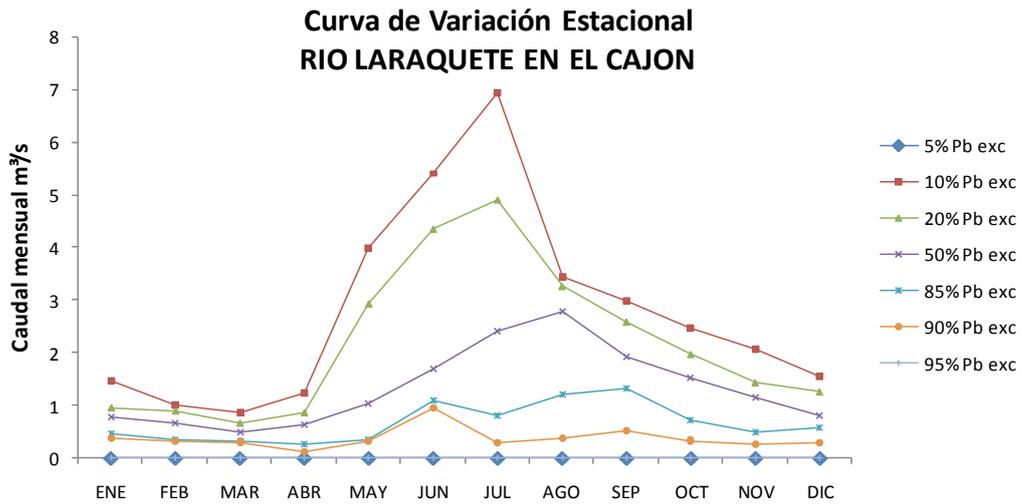
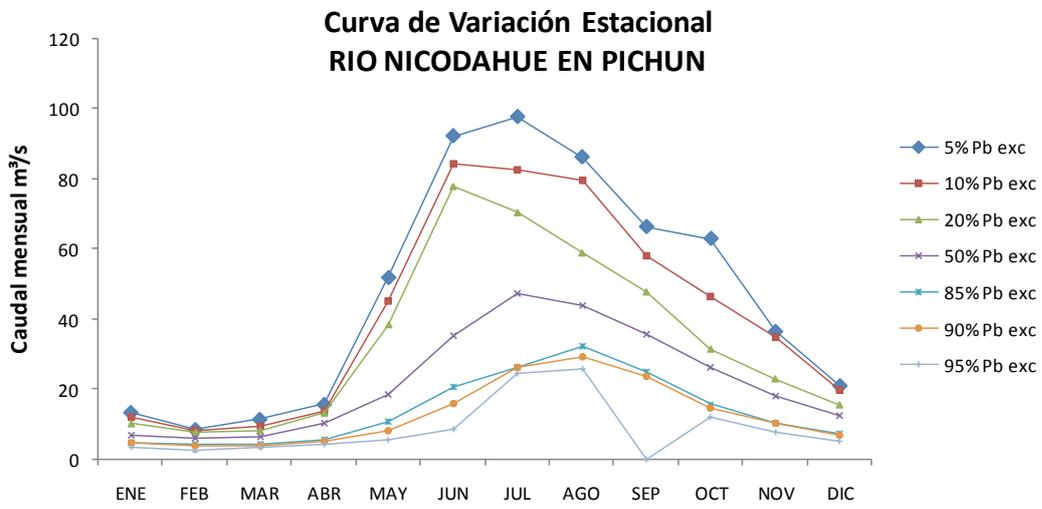
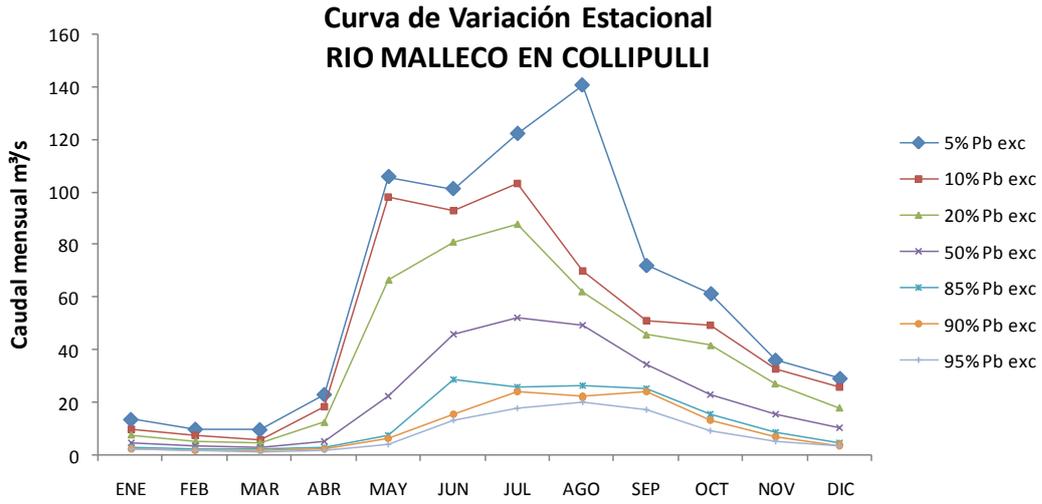
Anexo B

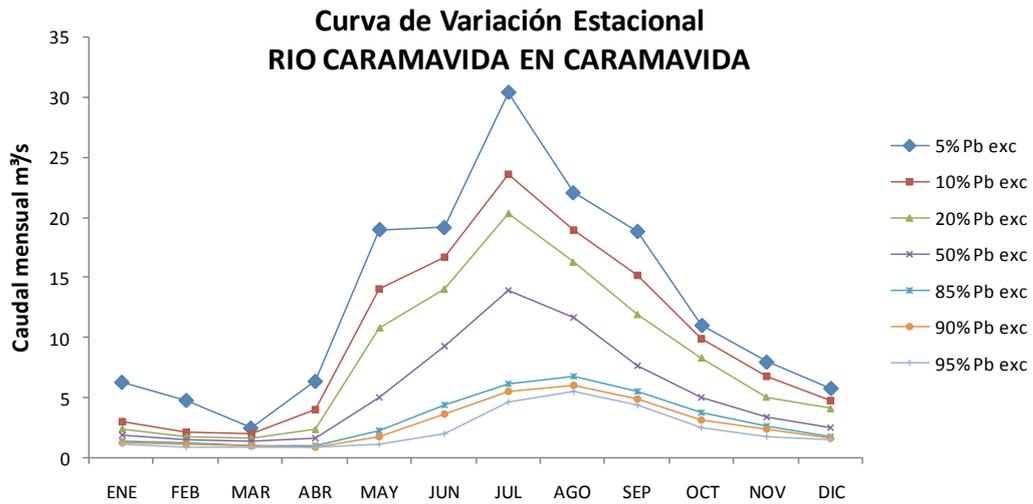
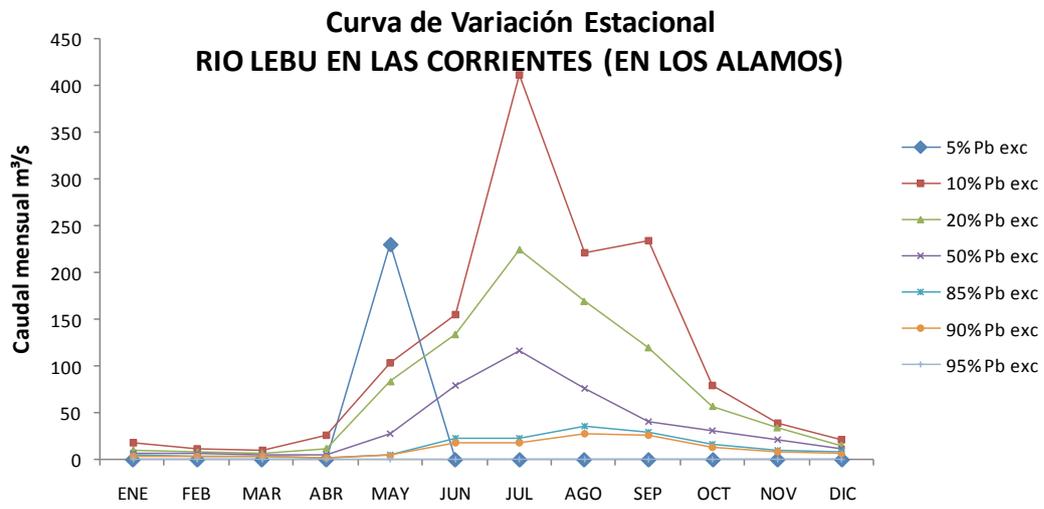
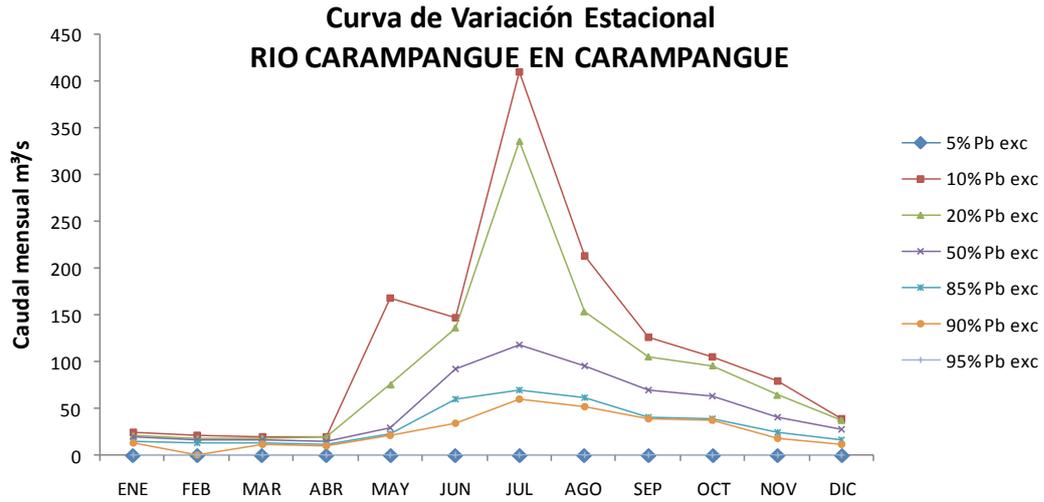
Gráficos – Weibull / Curva de variación estacional

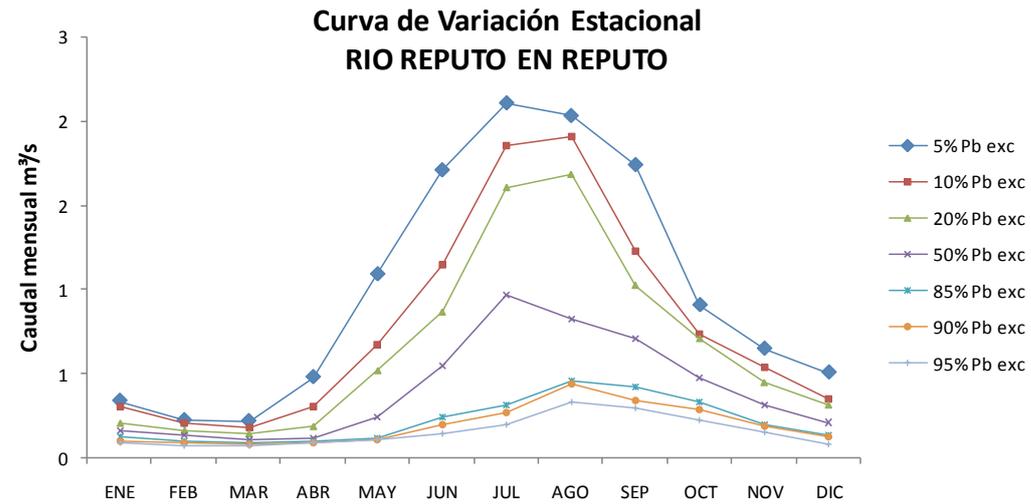
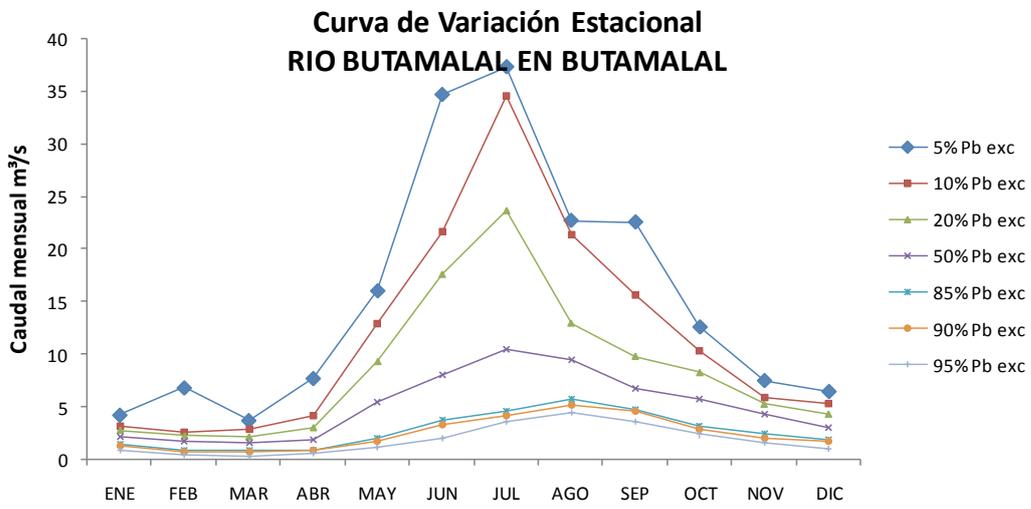
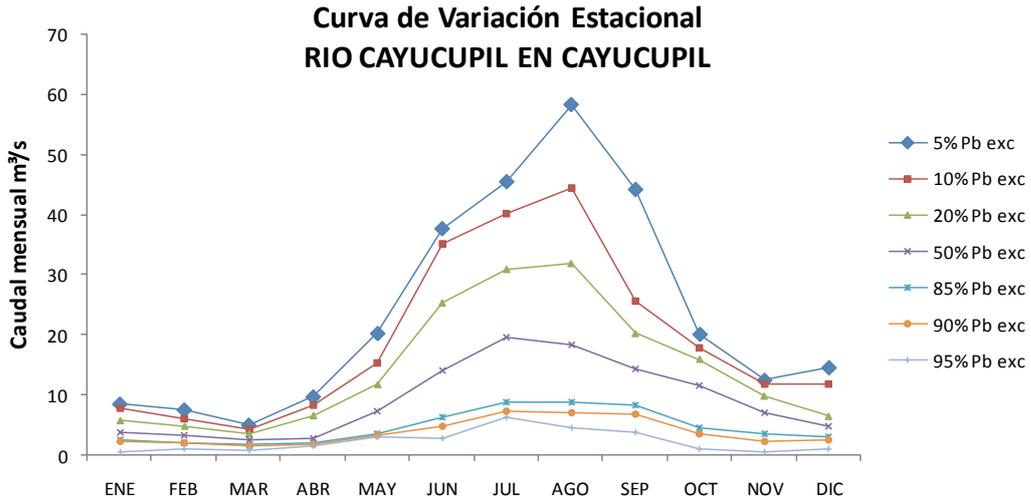


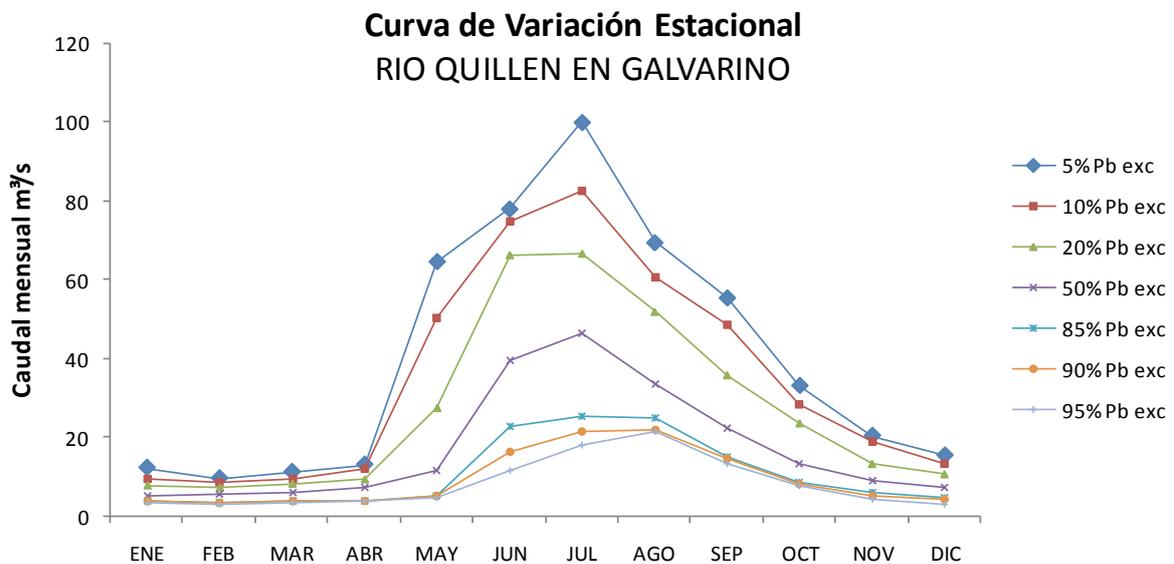
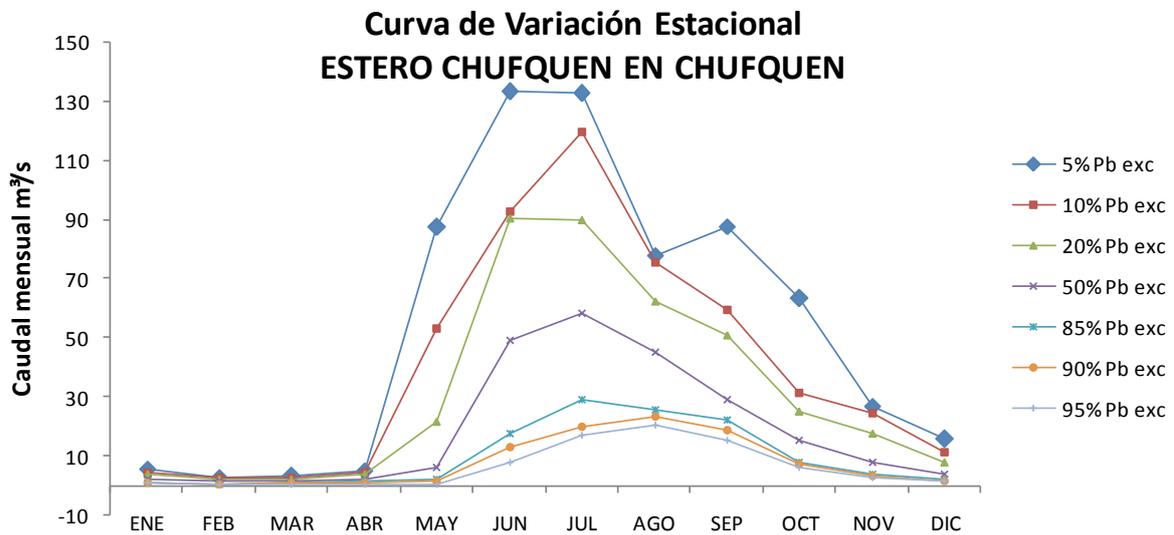
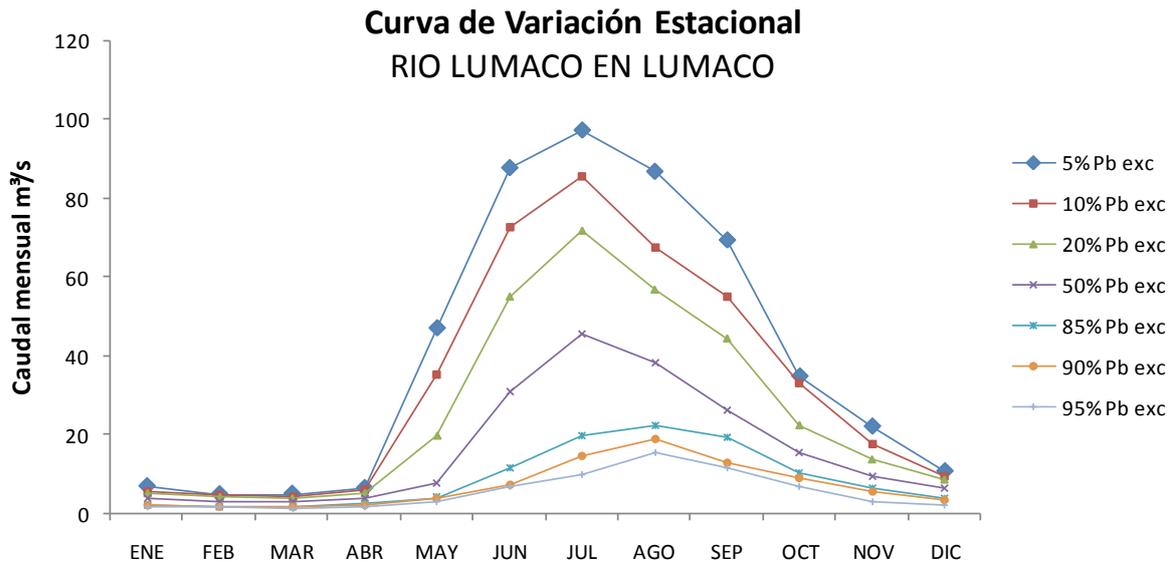


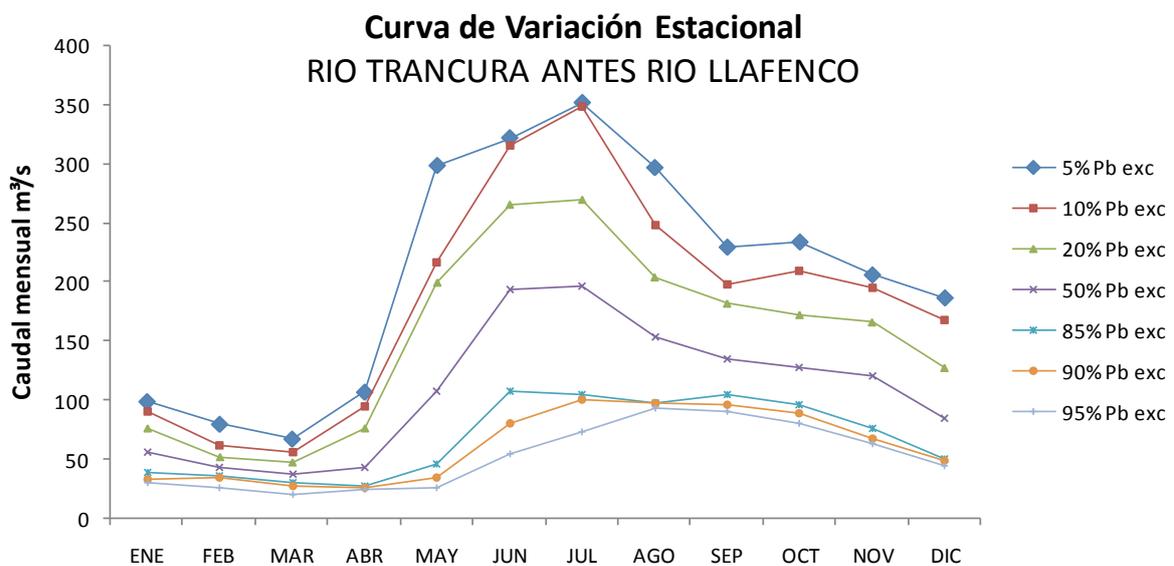
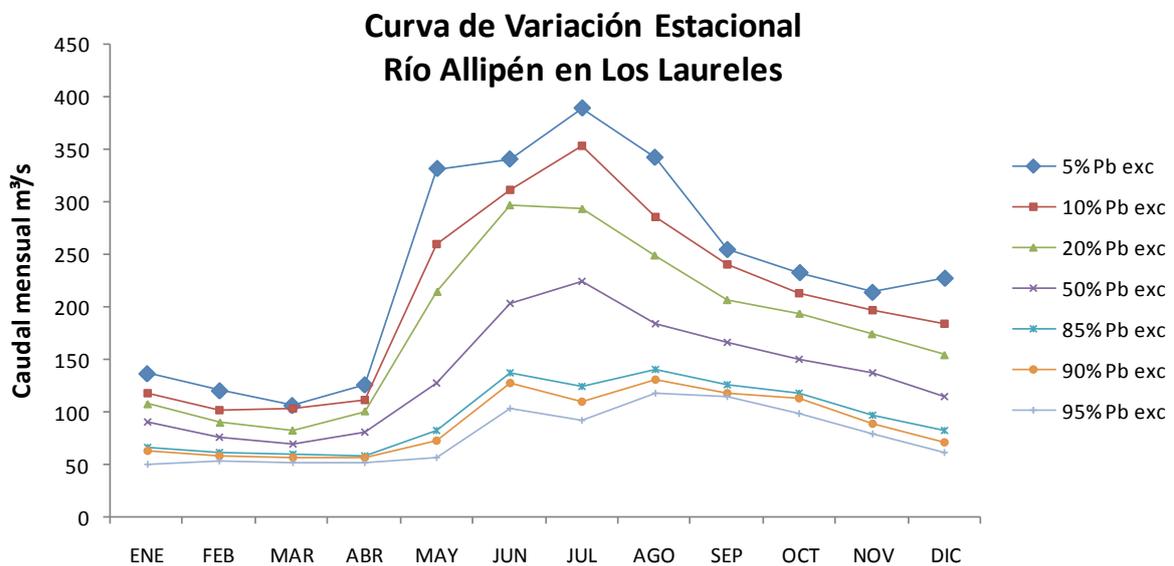
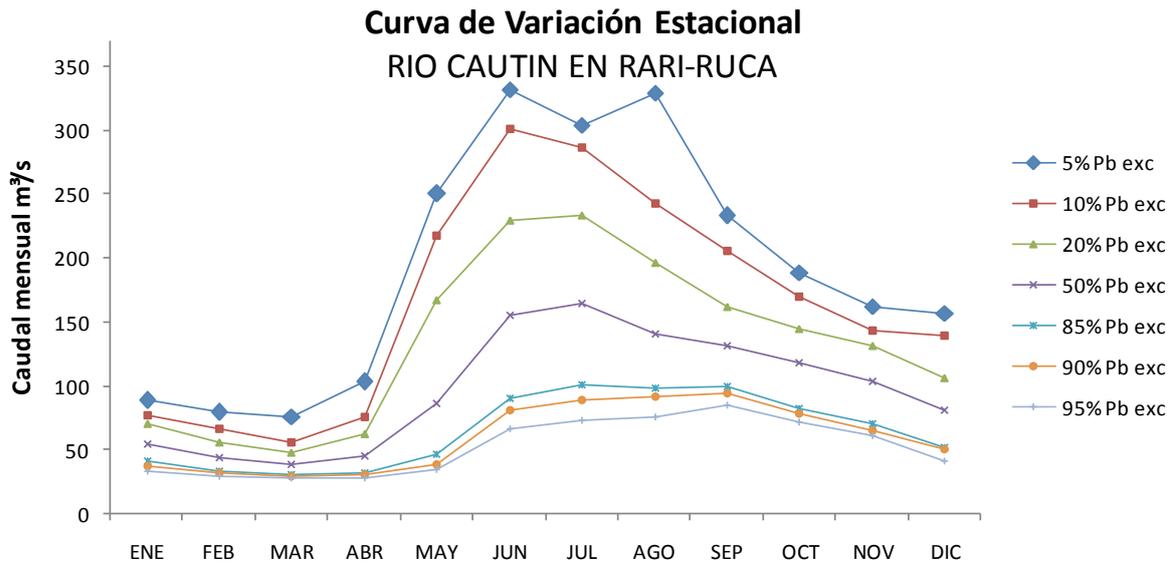




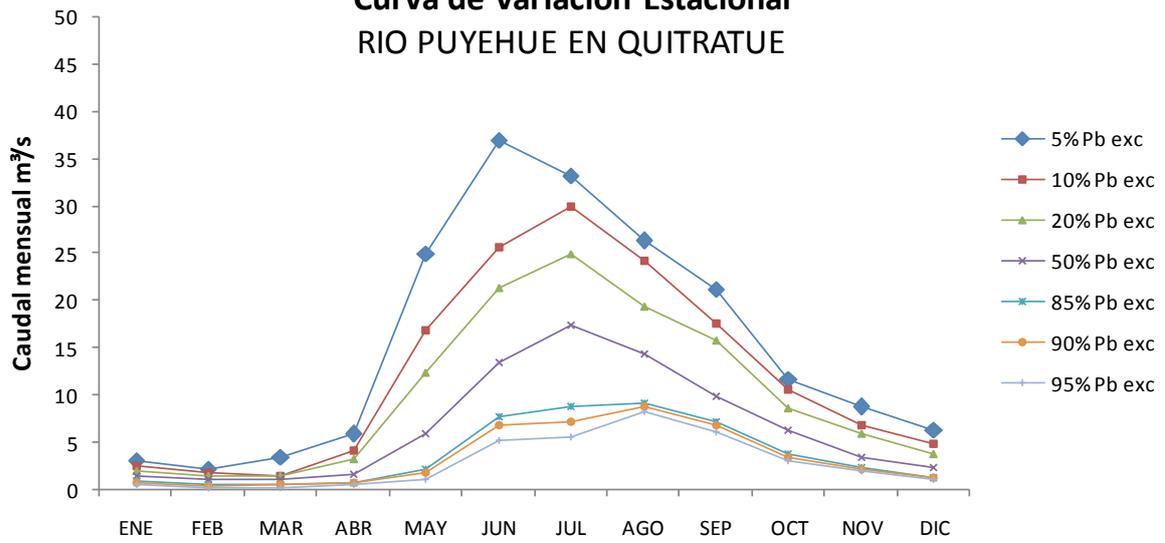




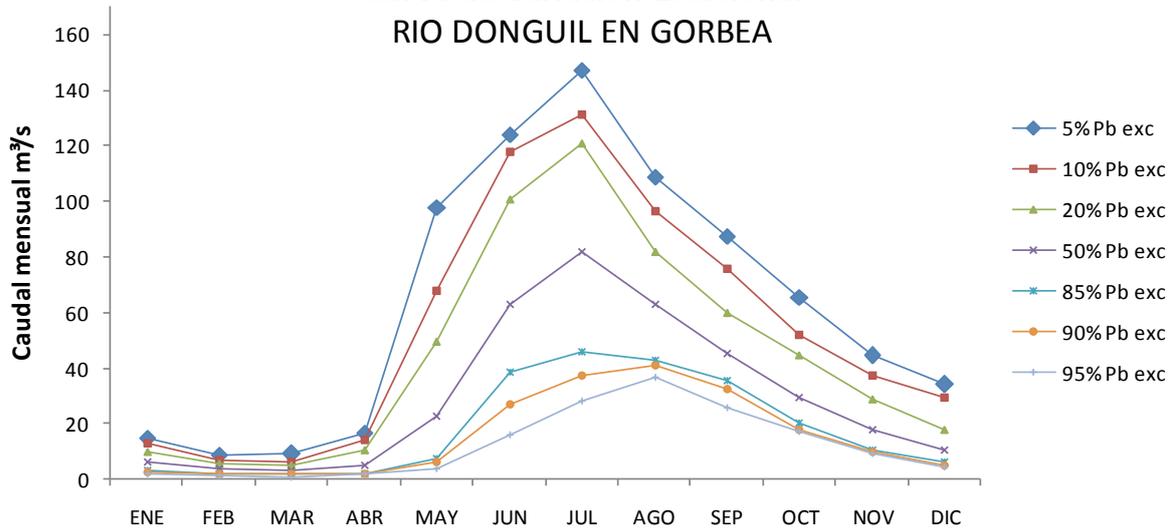




**Curva de Variación Estacional
RIO PUYEHUE EN QUITRATUE**



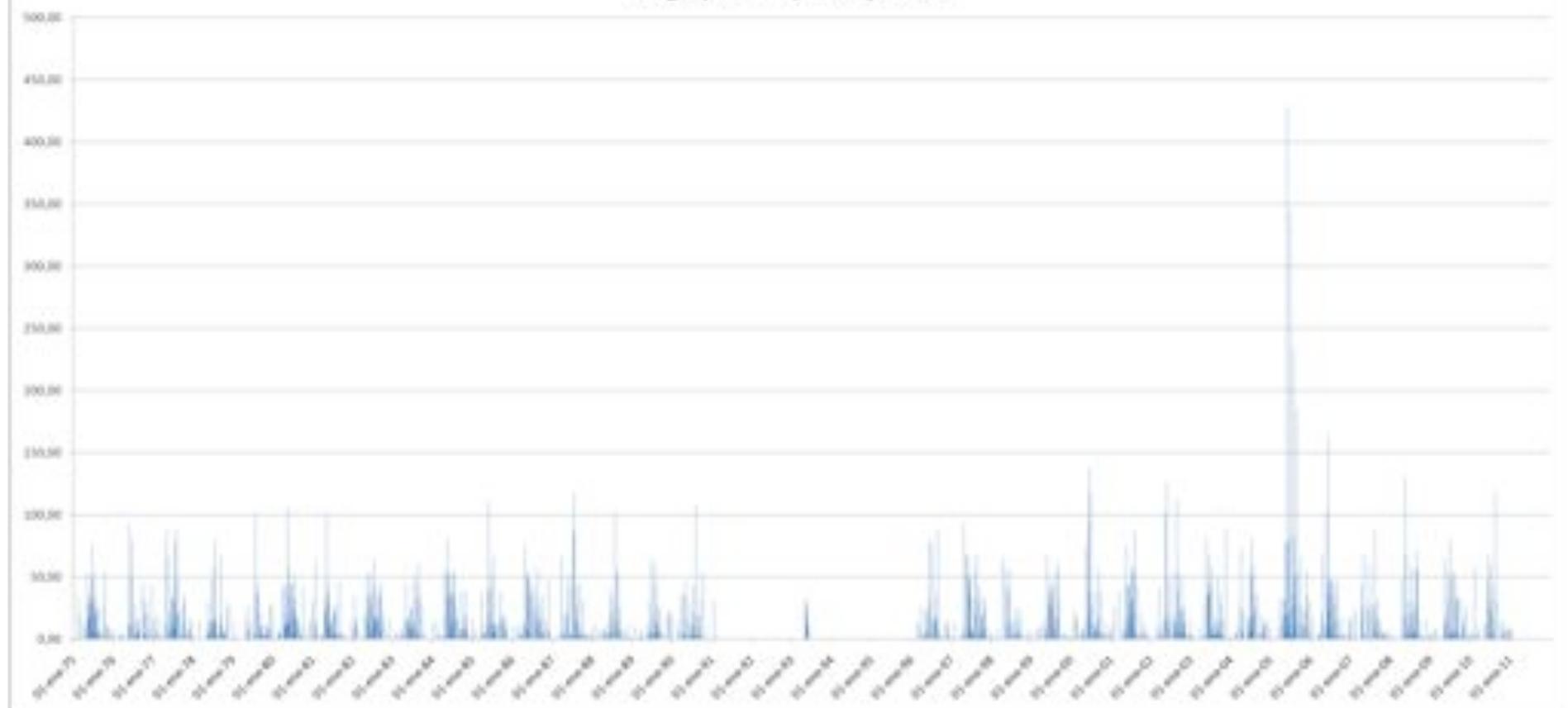
**Curva de Variación Estacional
RIO DONGUIL EN GORBEA**



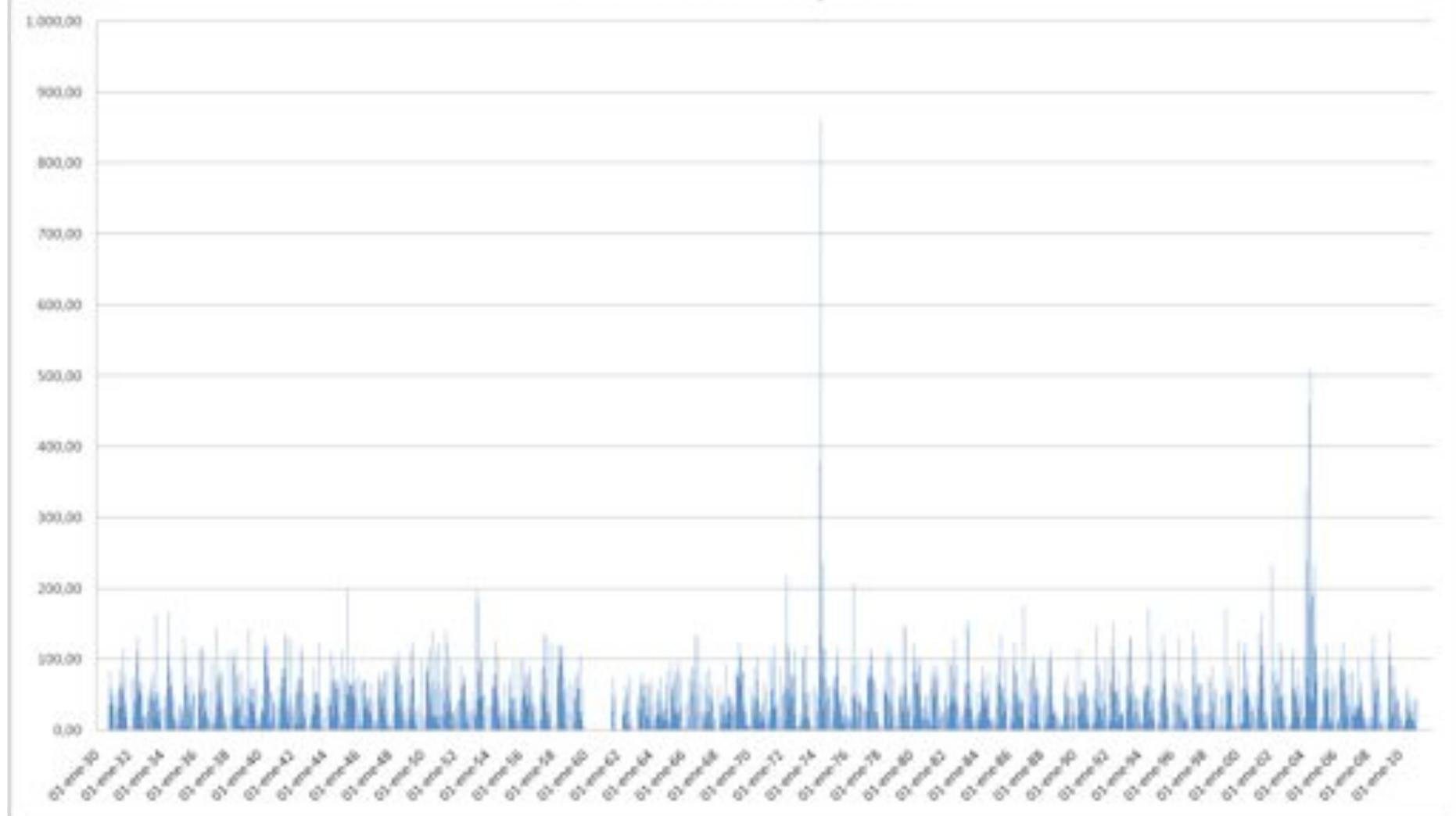
Anexo C

Gráficos – Datos diarios de la precipitación [mm]

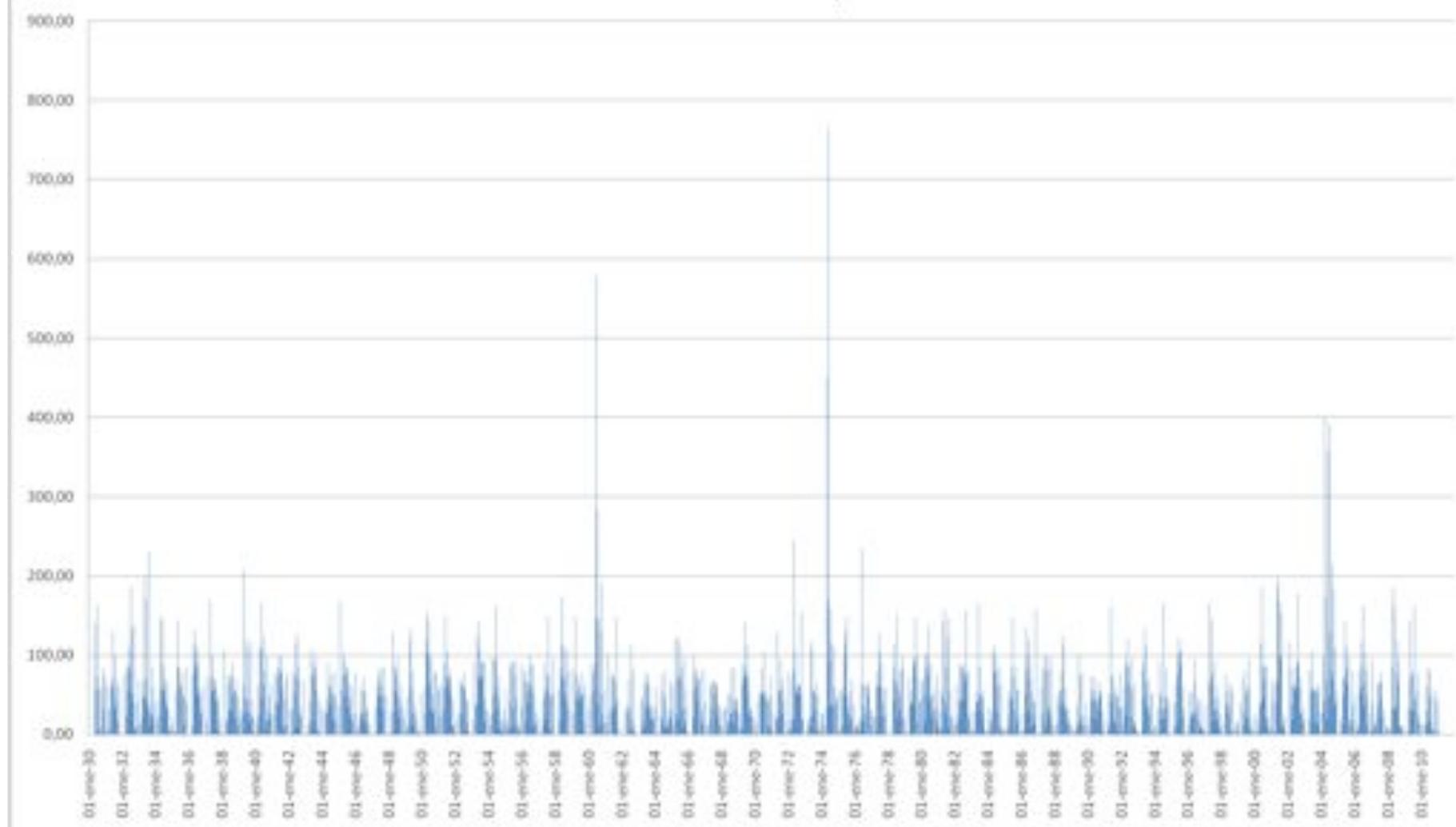
Angol (La Mona) - Precipitación



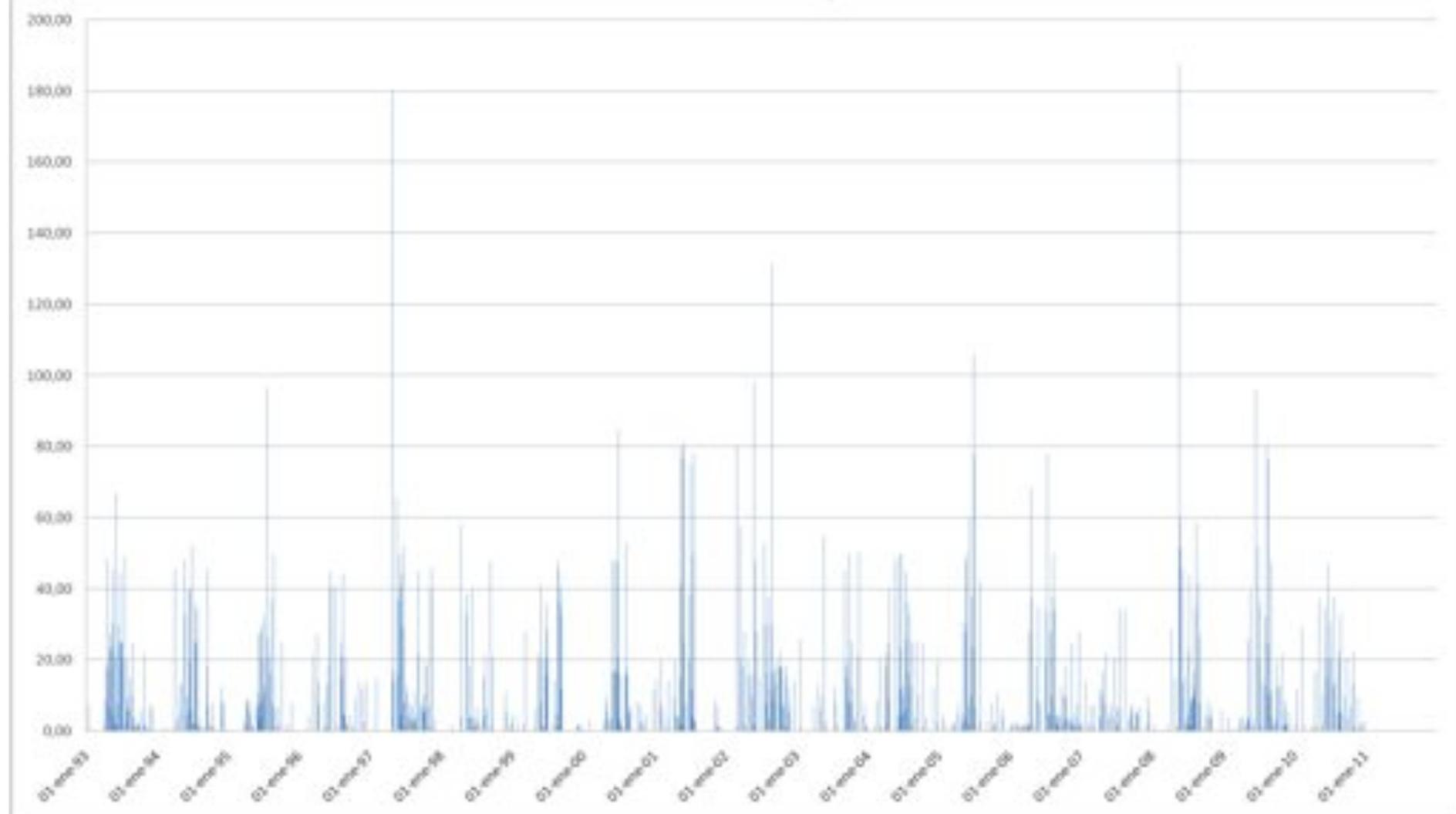
Atacalco Fundo - Precipitación



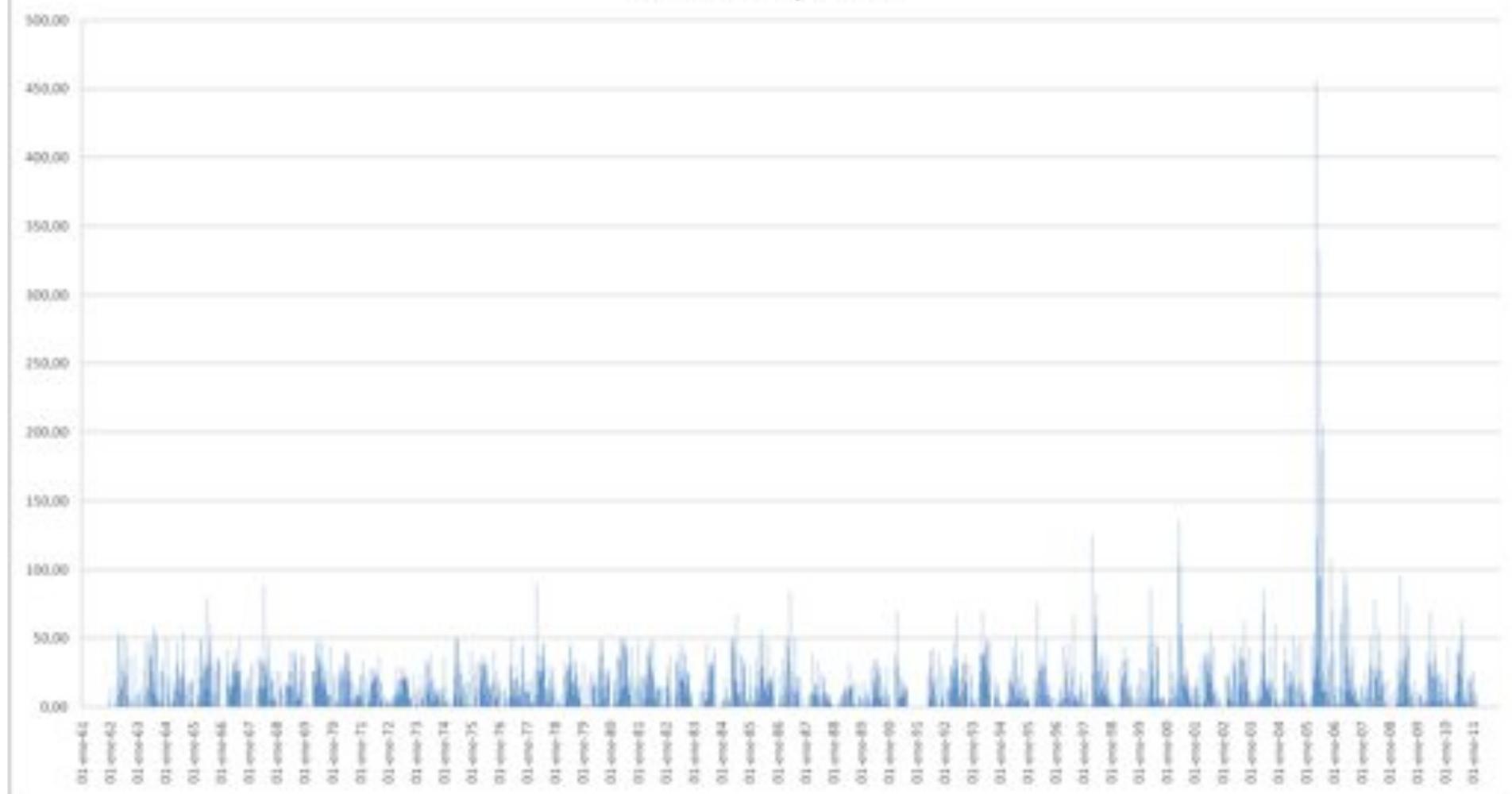
Bullileo Embalse - Precipitación



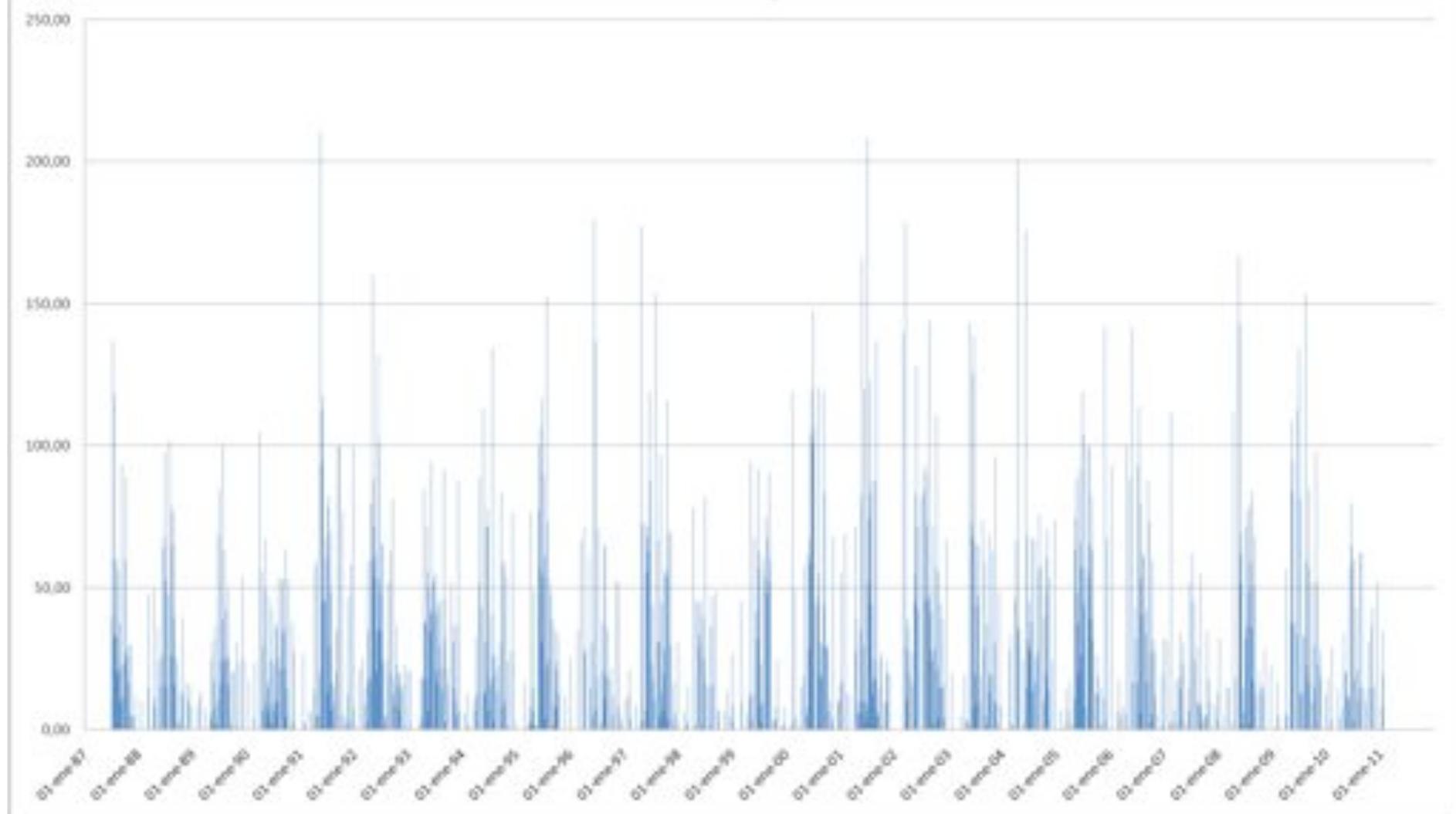
Cancha los Litres - Precipitación



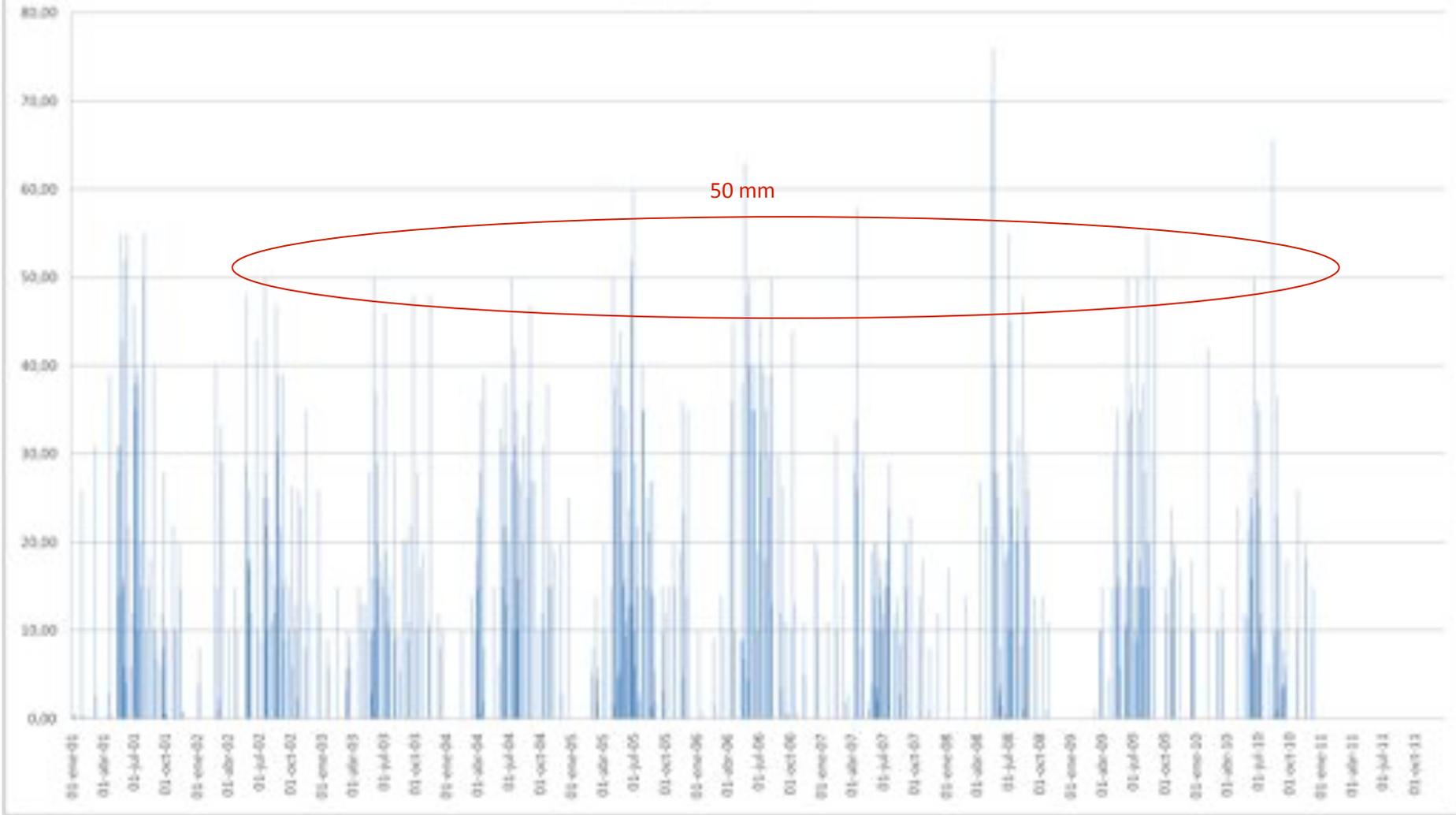
Cañete - Precipitación



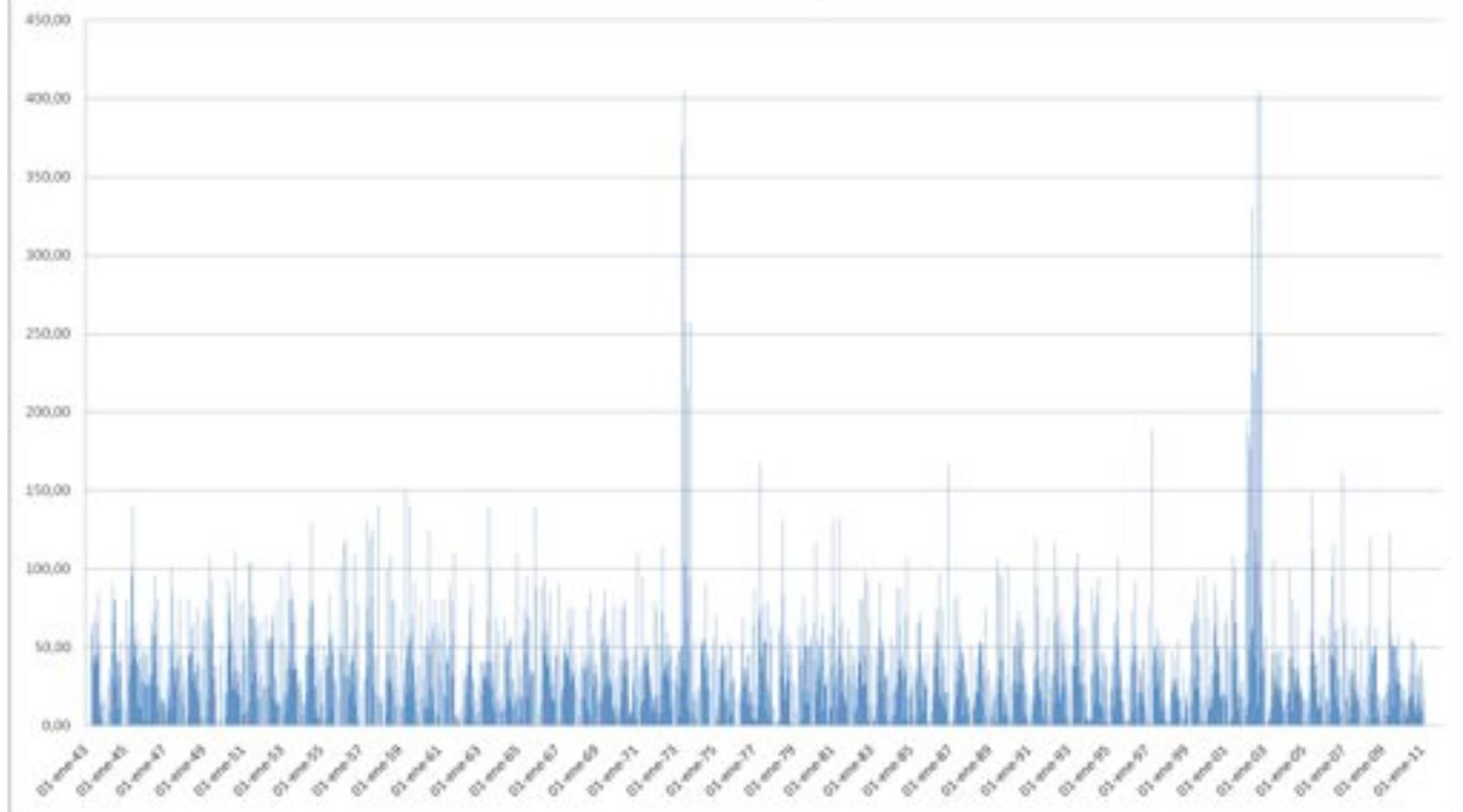
Caracol - Precipitación



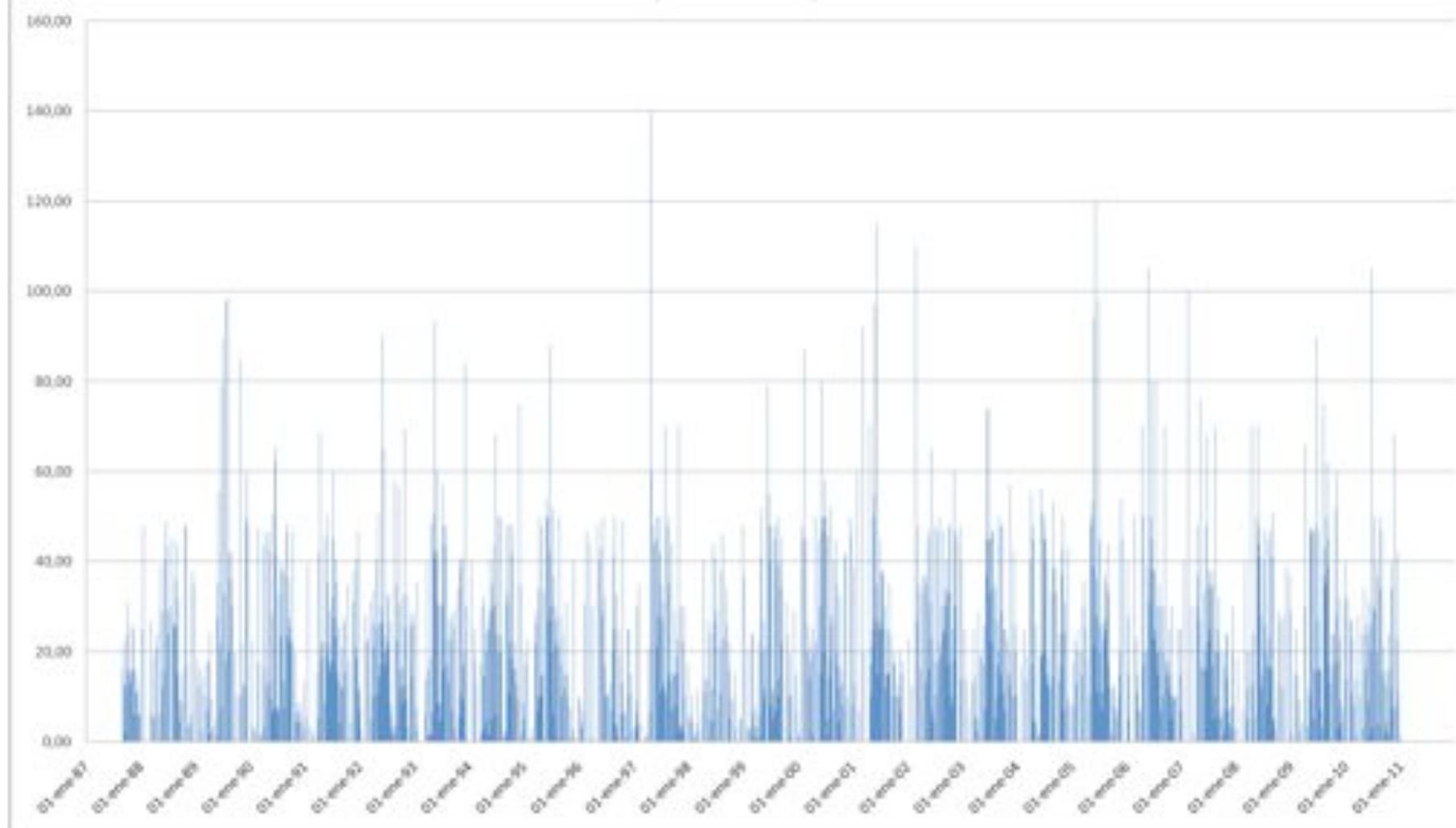
Caranpangue - Precipitación



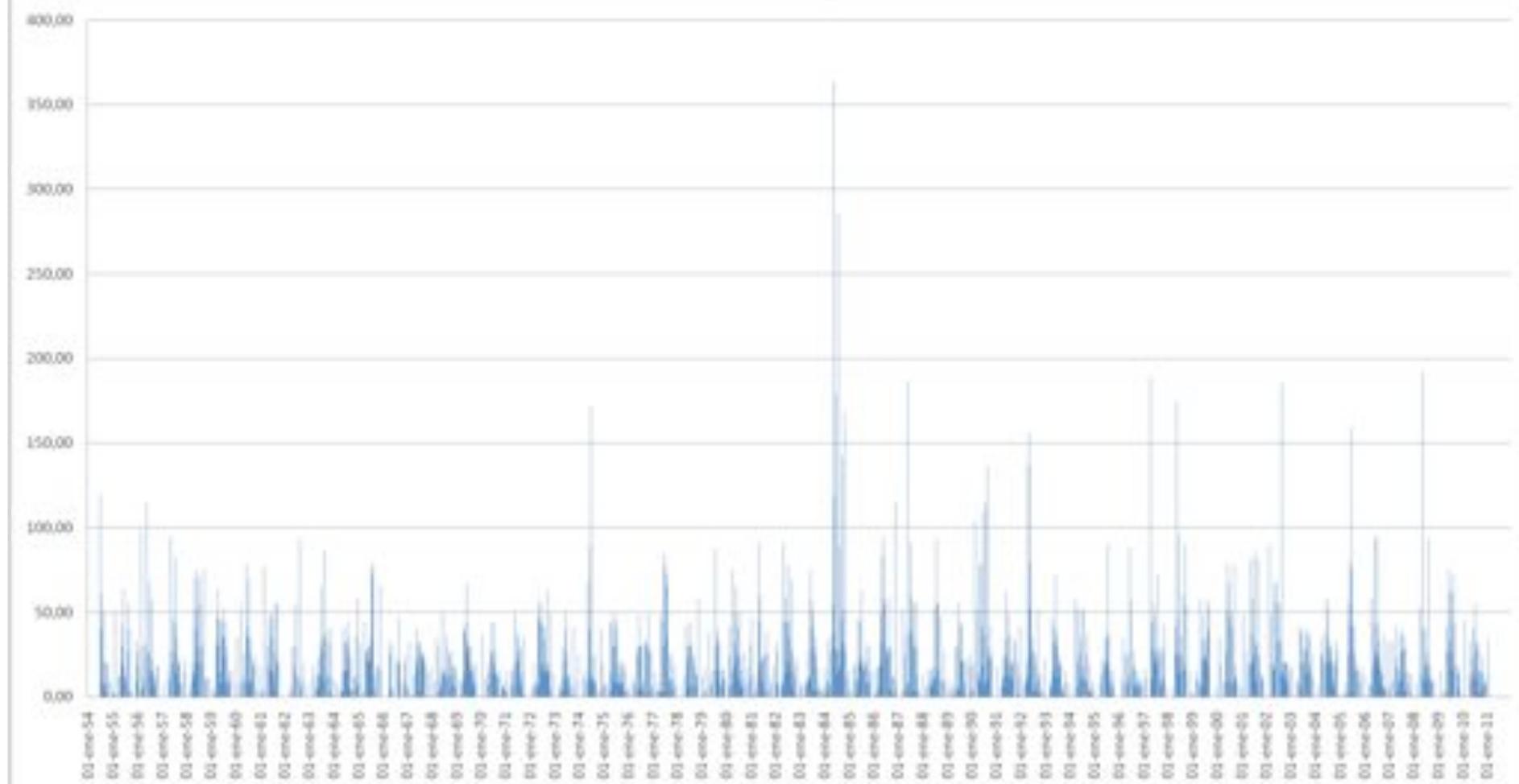
Cerro el Padre - Precipitación



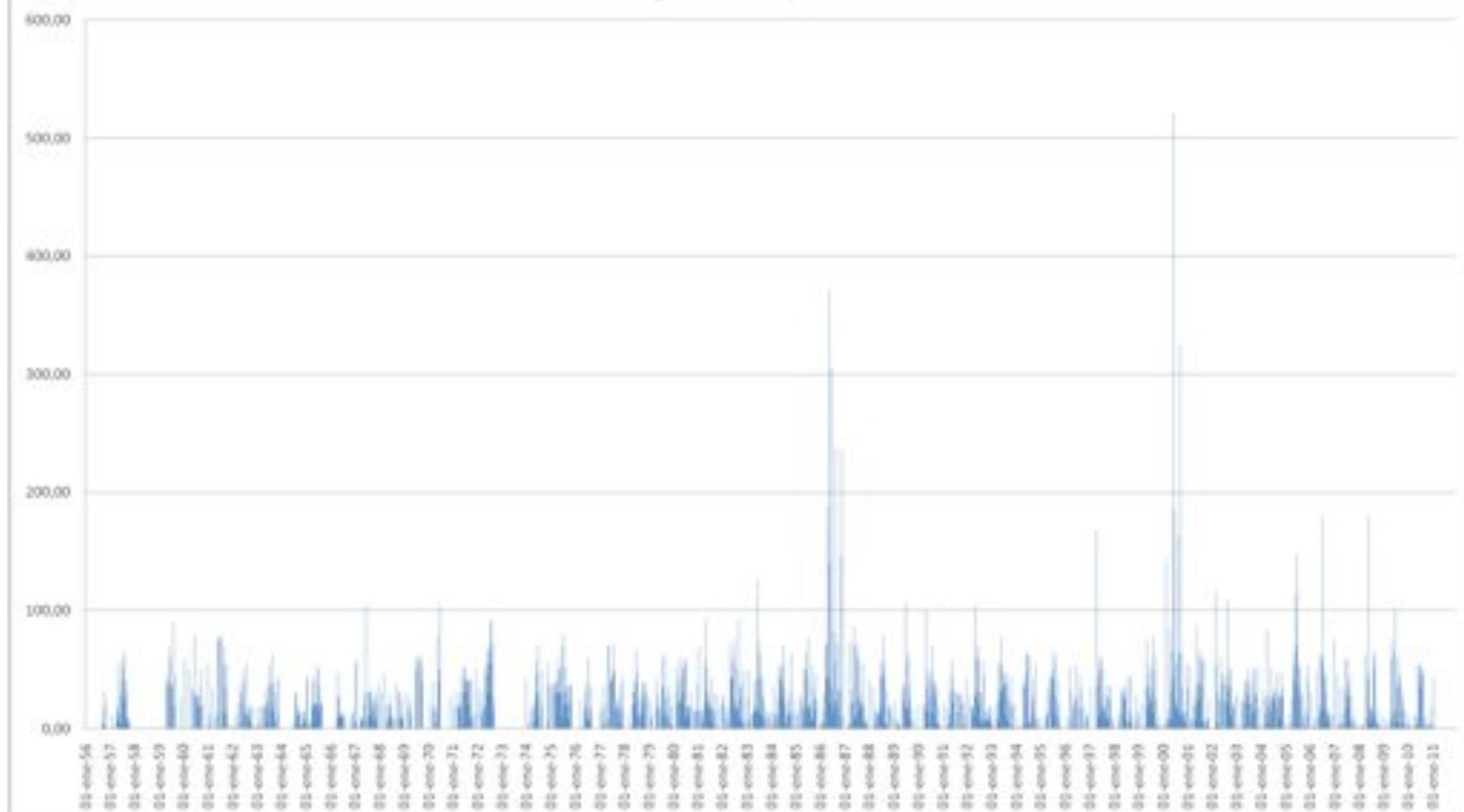
Cherquenco - Precipitación



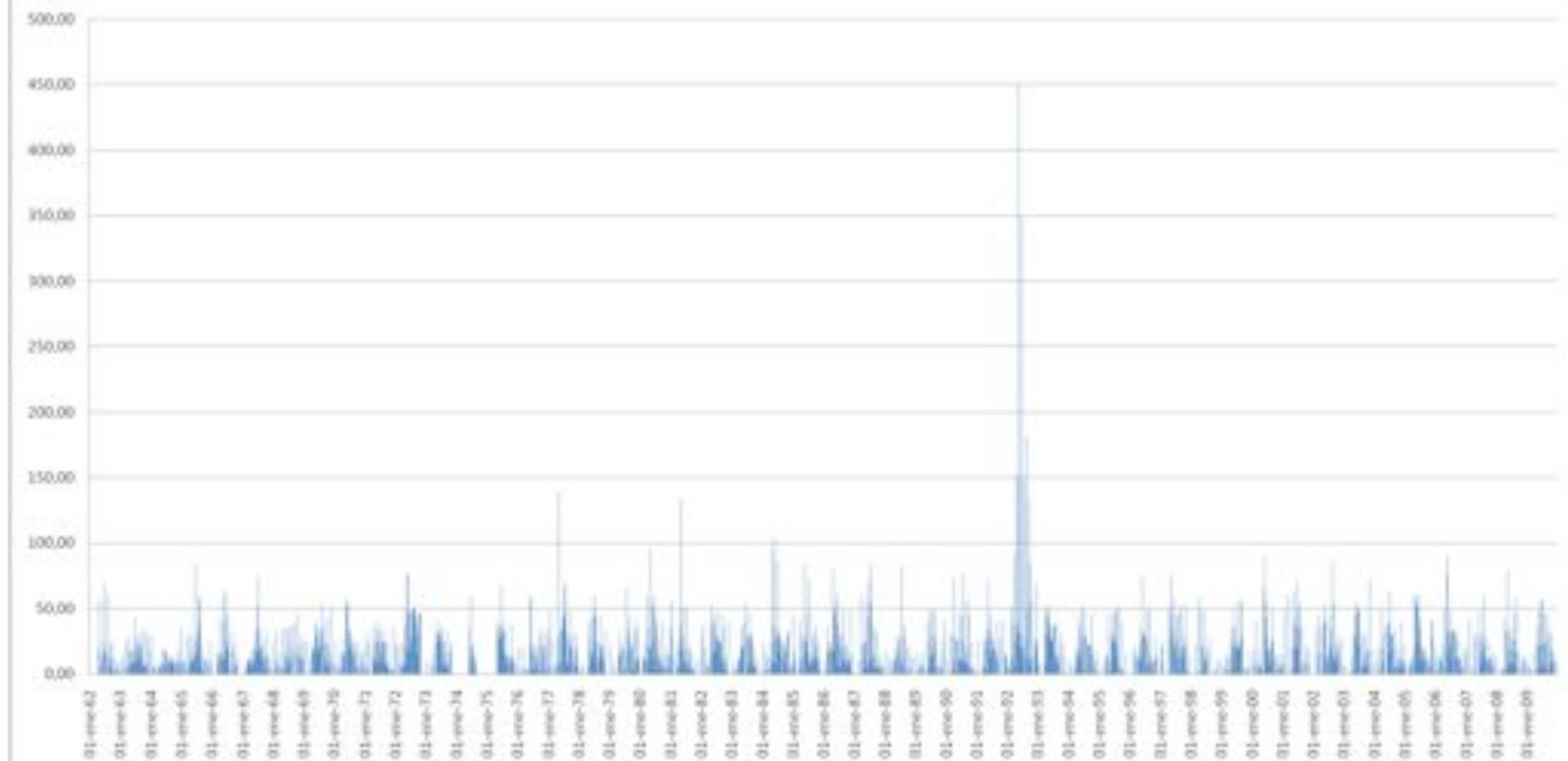
Chillancito - Precipitación



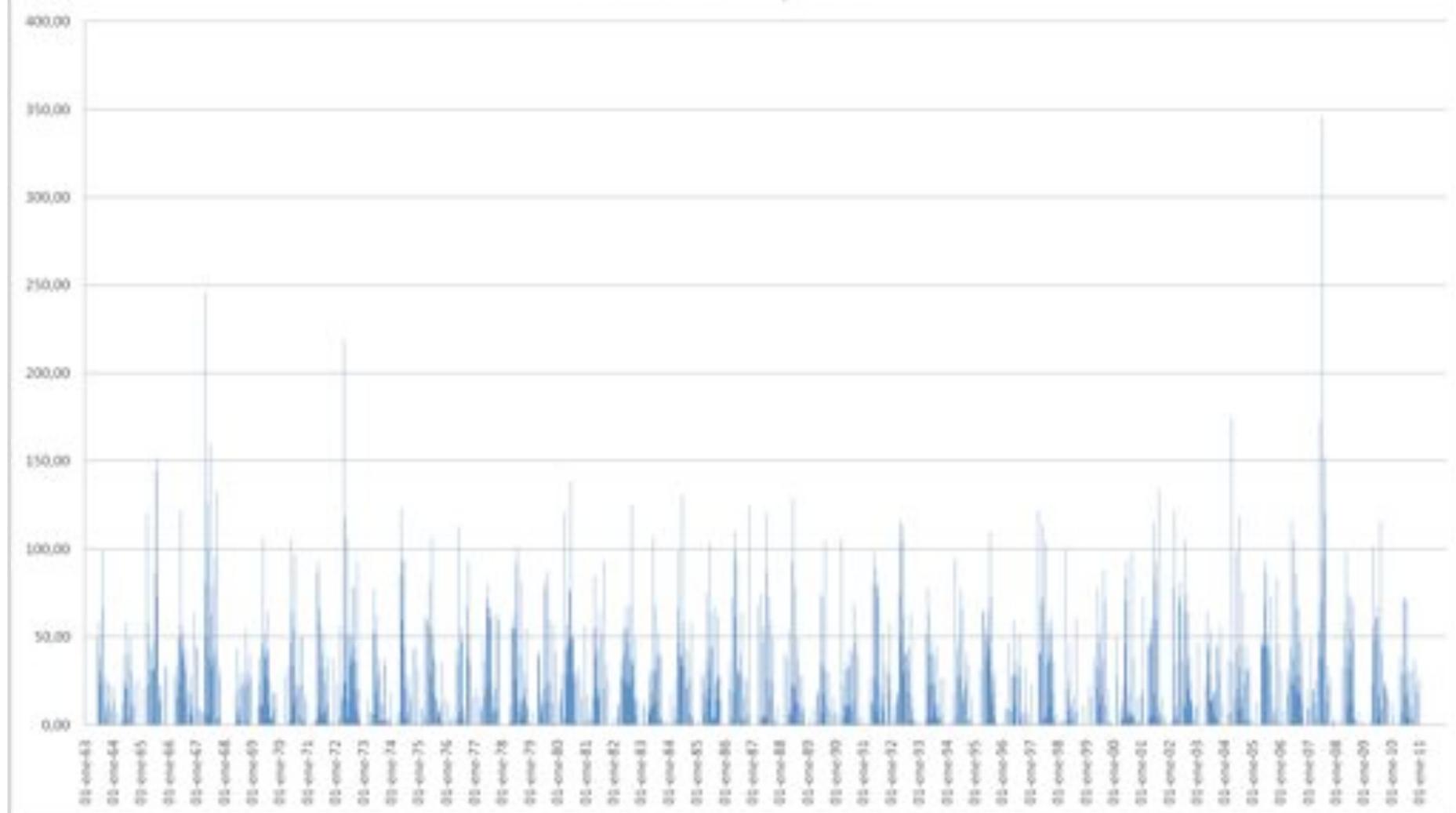
Cholguan - Precipitación



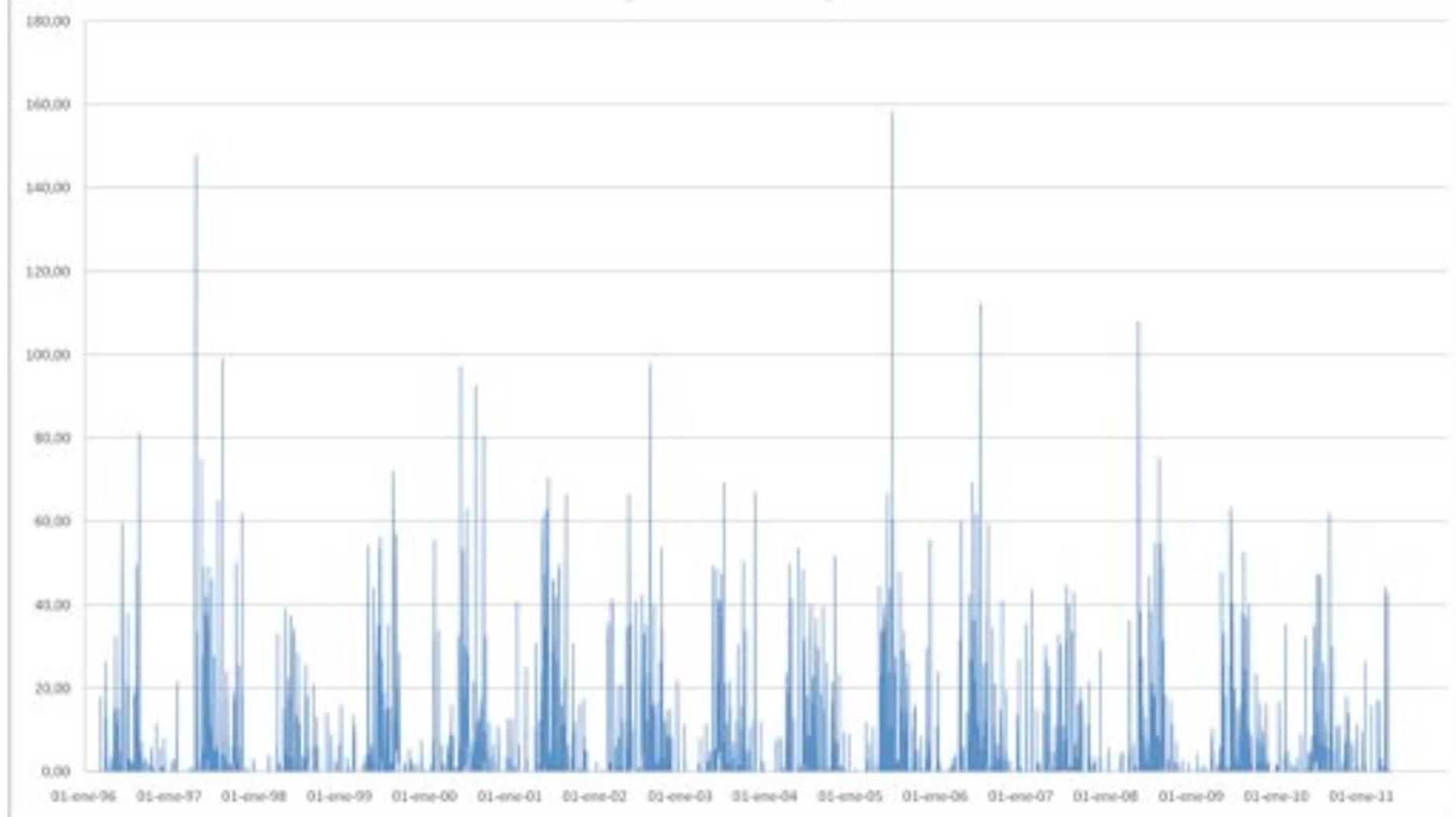
Collipulli - Precipitación



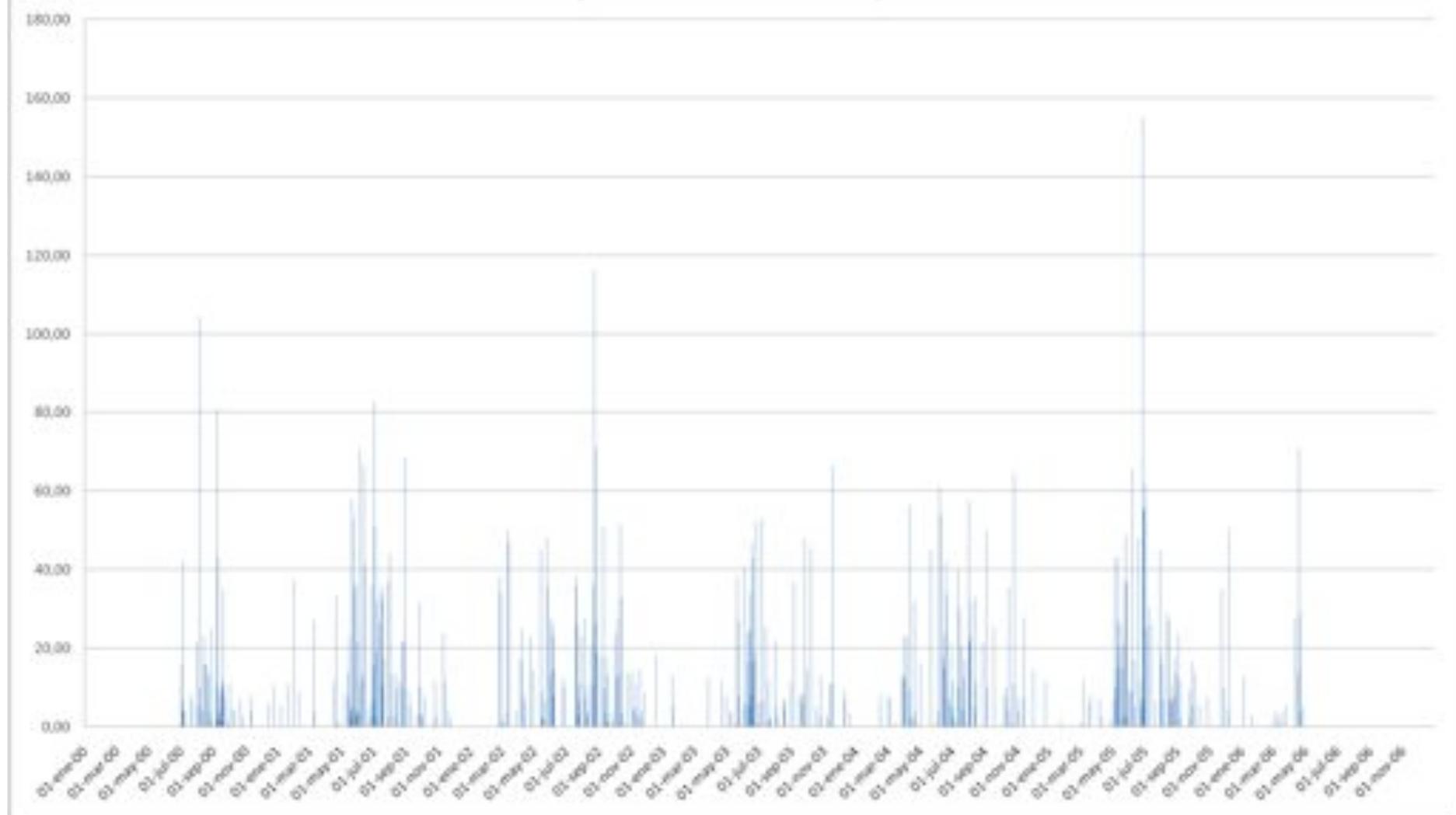
Colorado - Precipitación



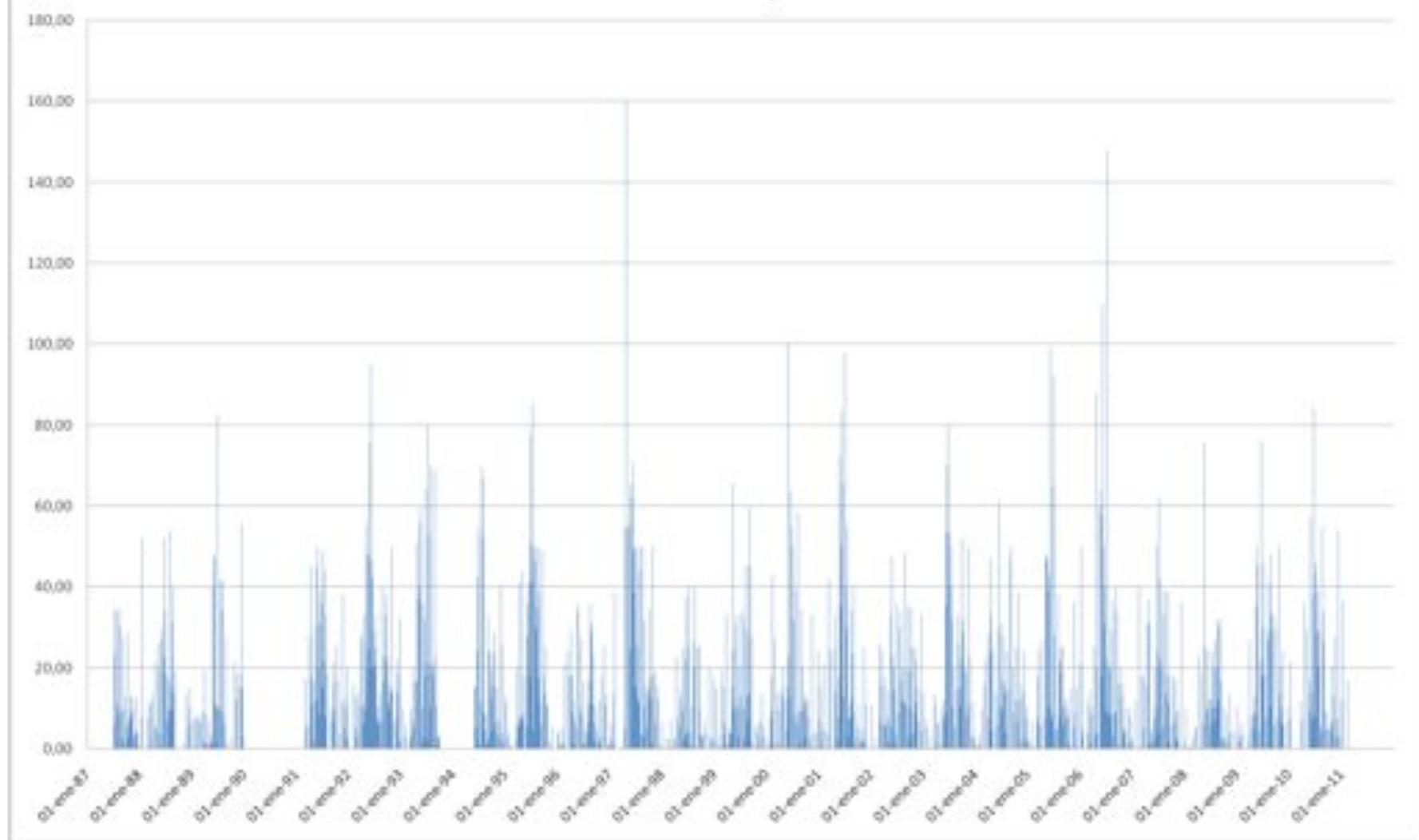
Concepcion DGA - Precipitación



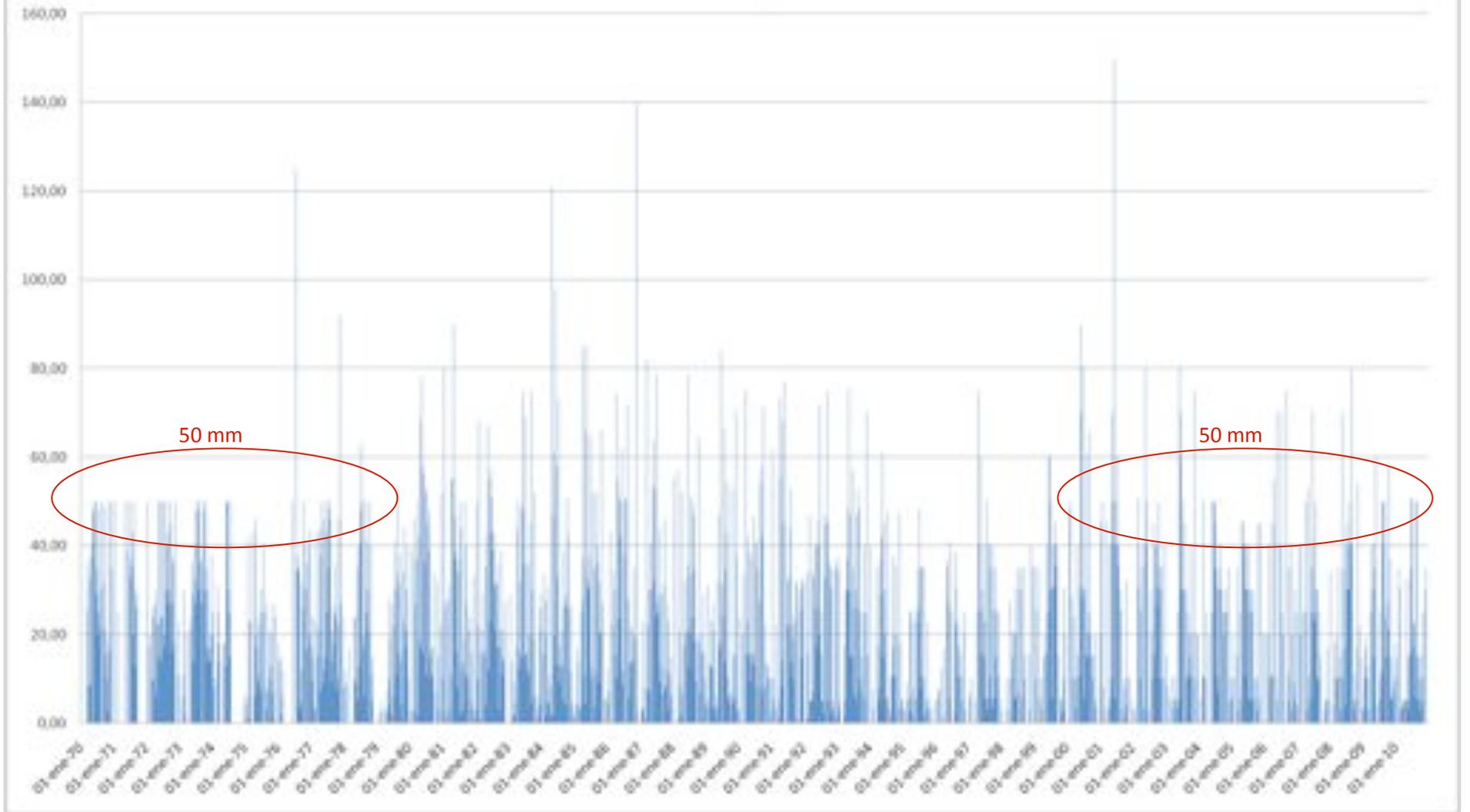
Concepción Edificio MOP - Precipitación



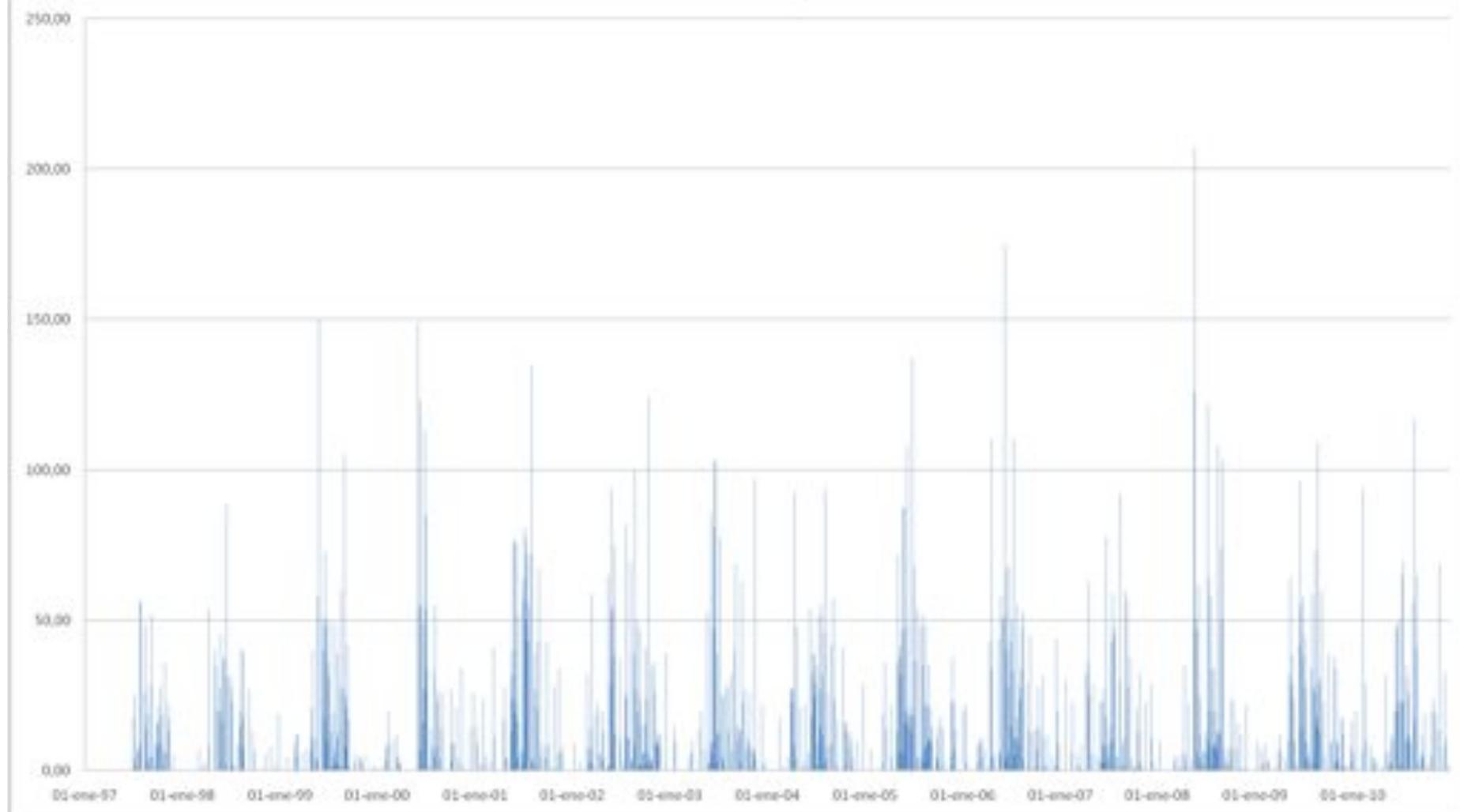
Contulmo - Precipitación



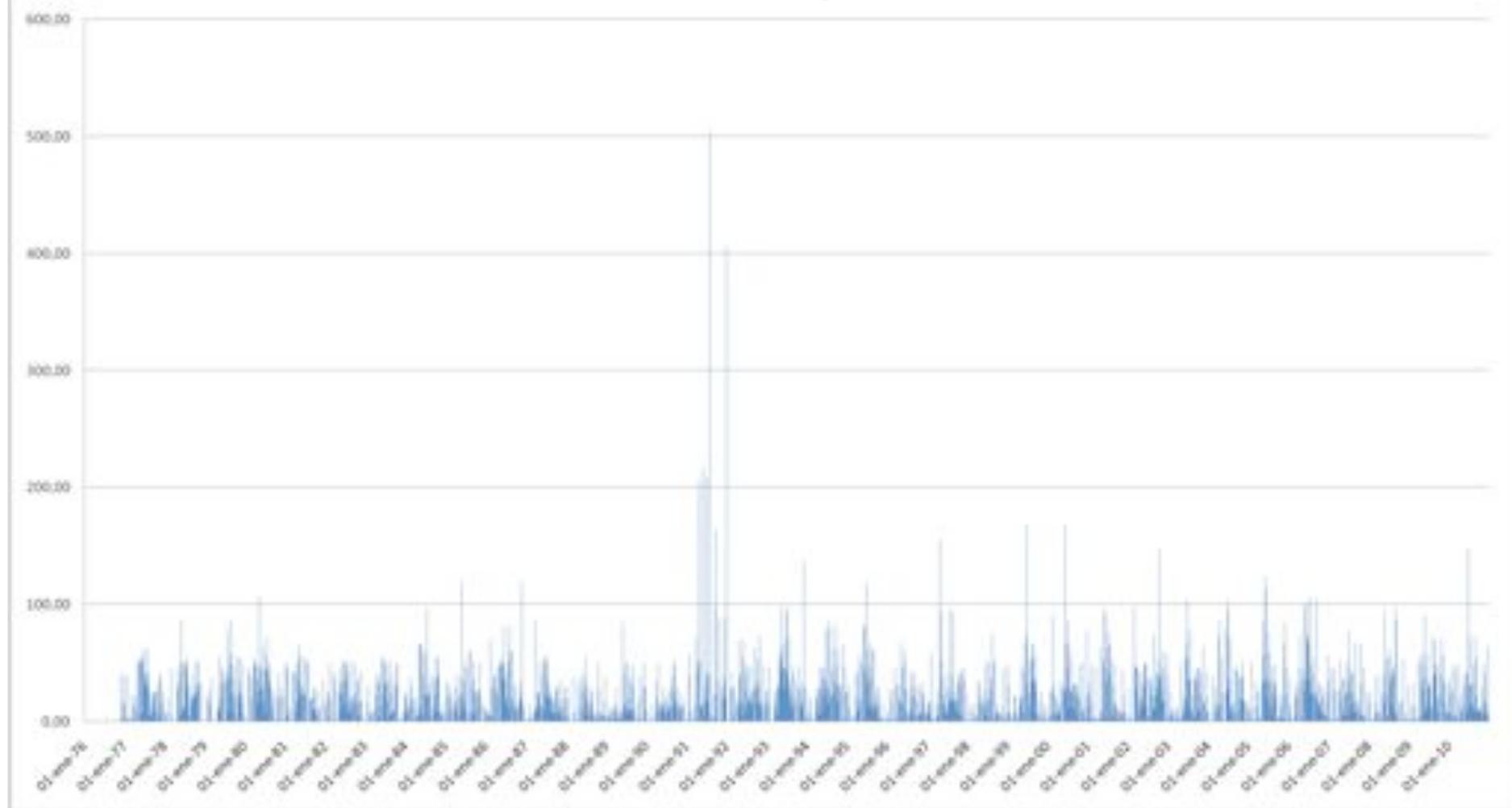
Cunco - Precipitación



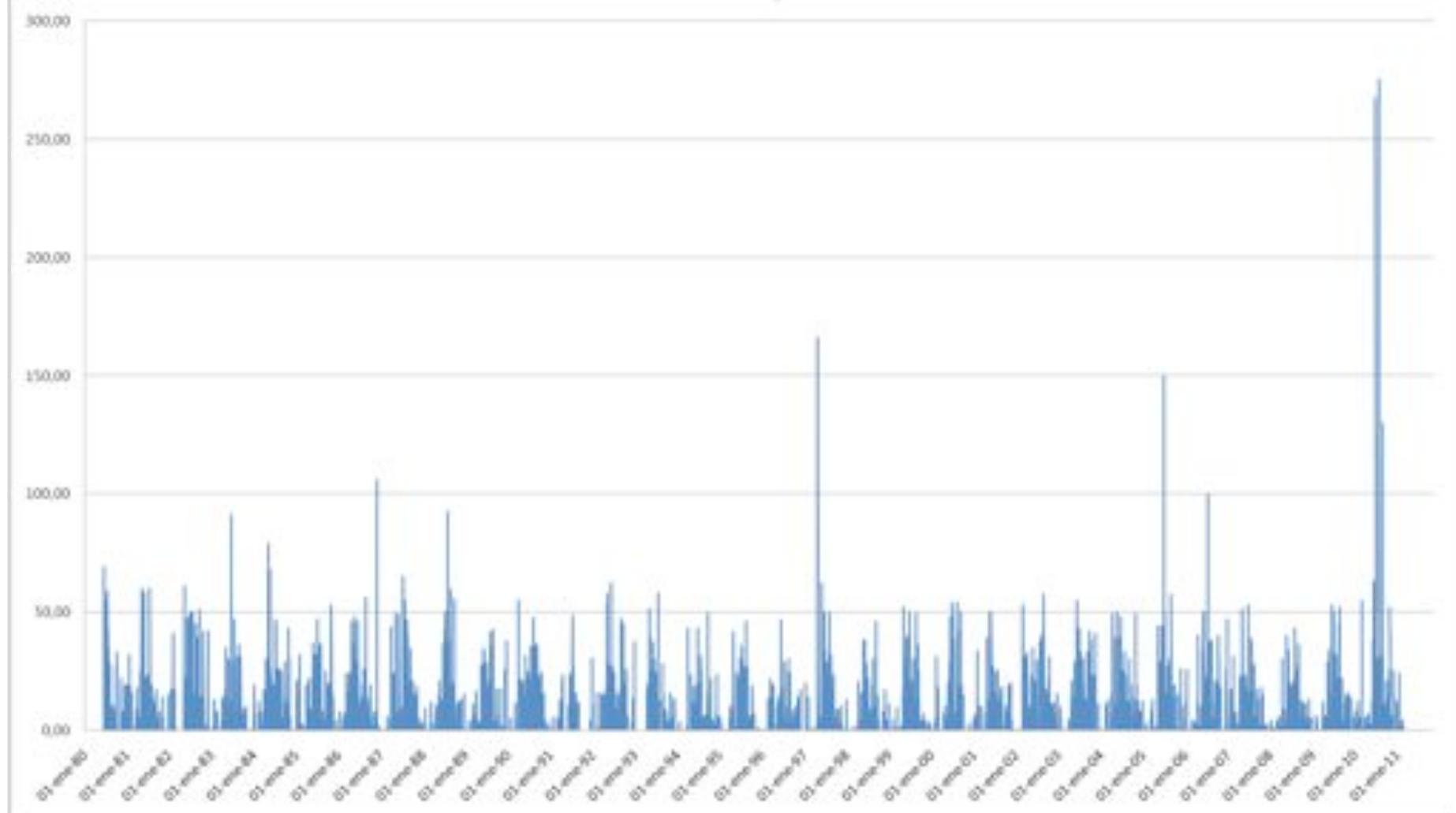
Curanilahue - Precipitación



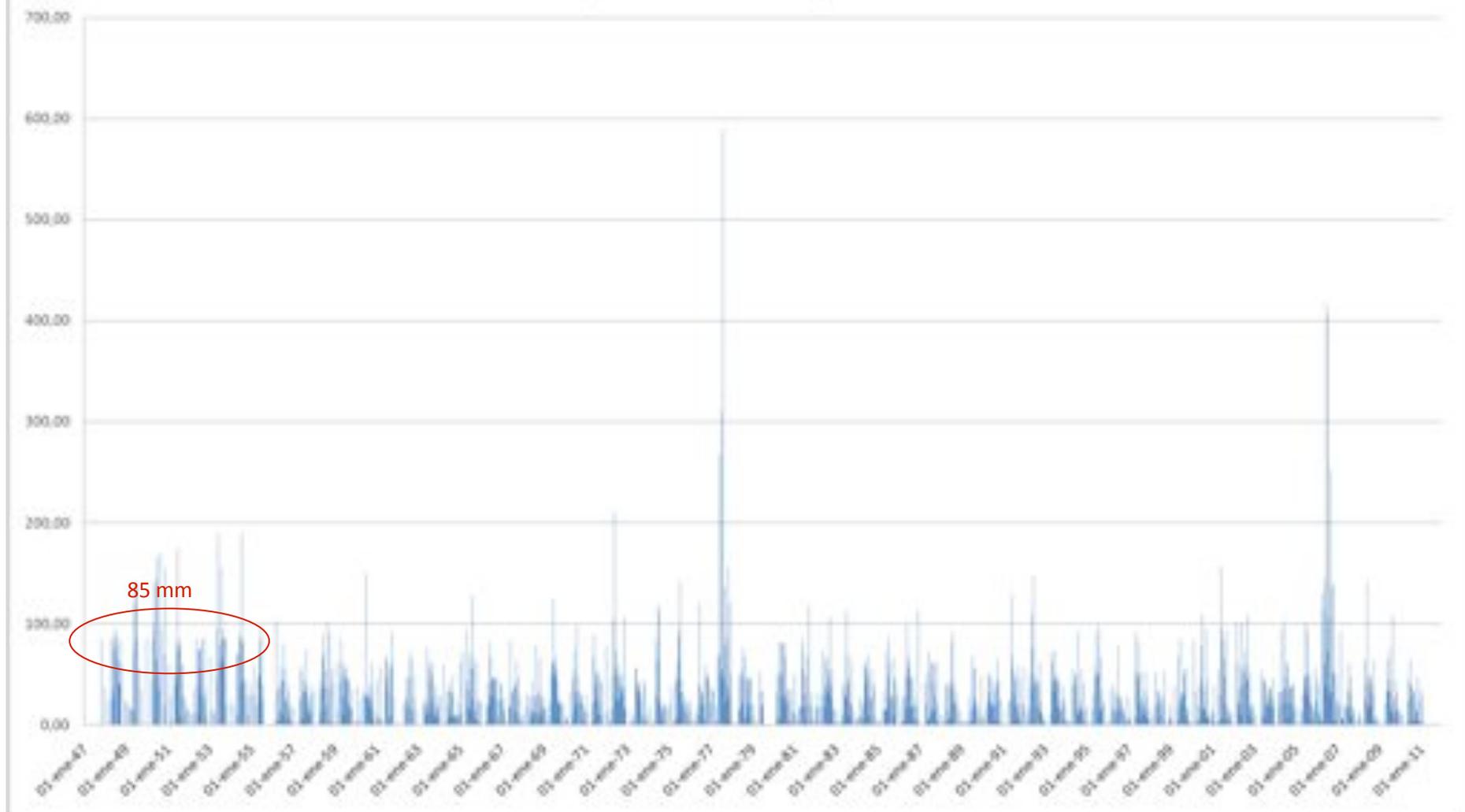
Curarrehue - Precipitación



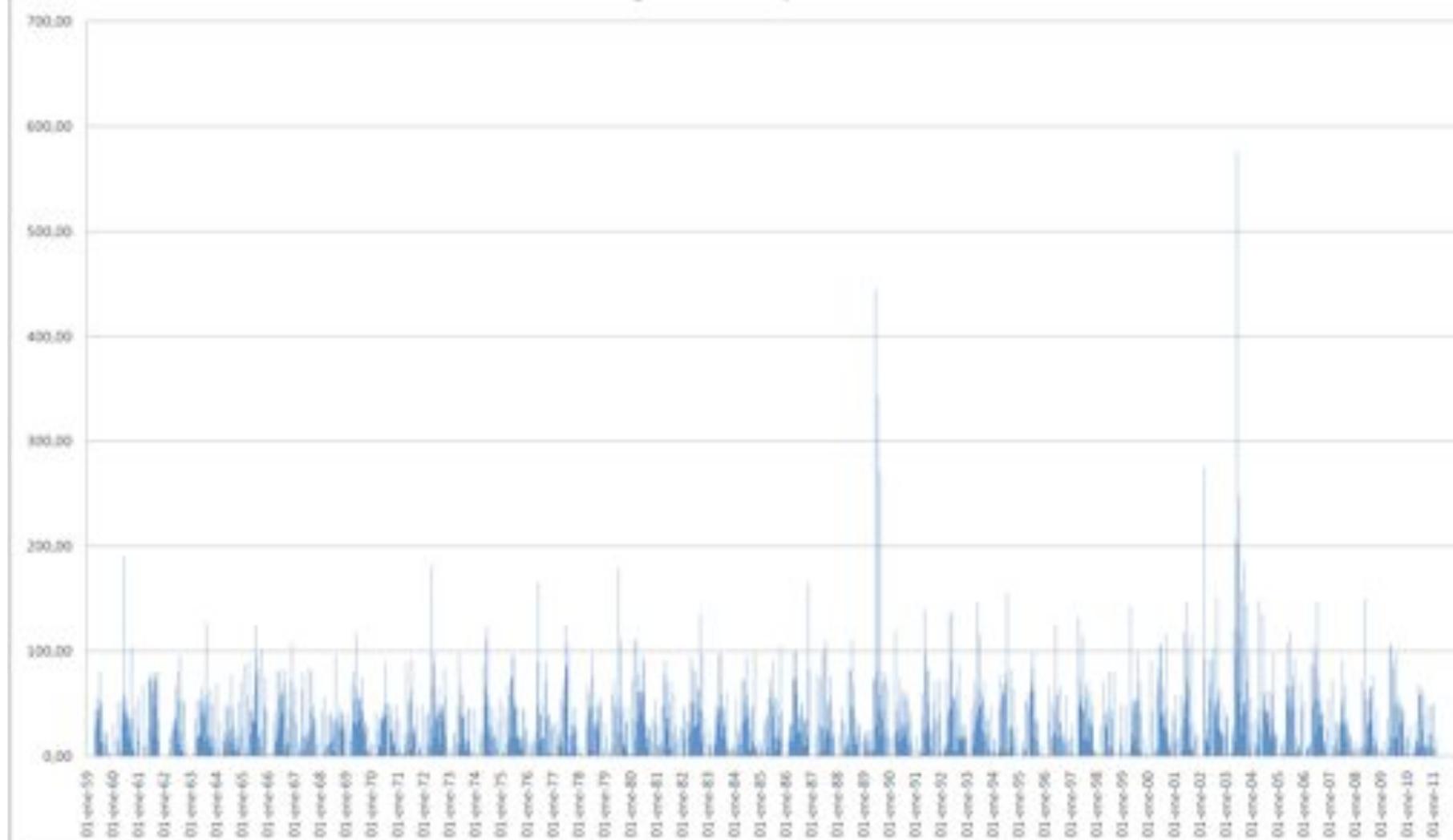
Dichato - Precipitación



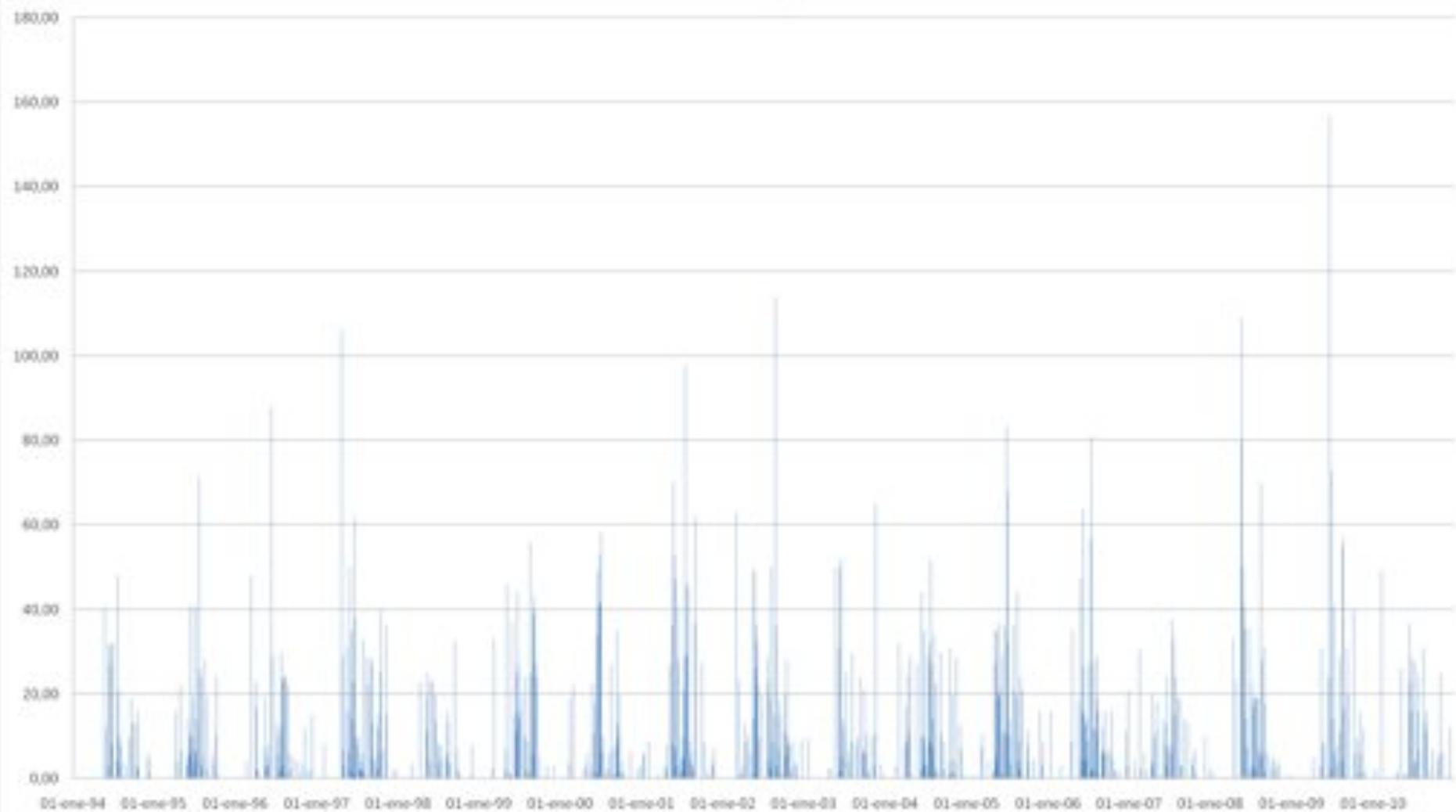
Digua Embalse - Precipitación



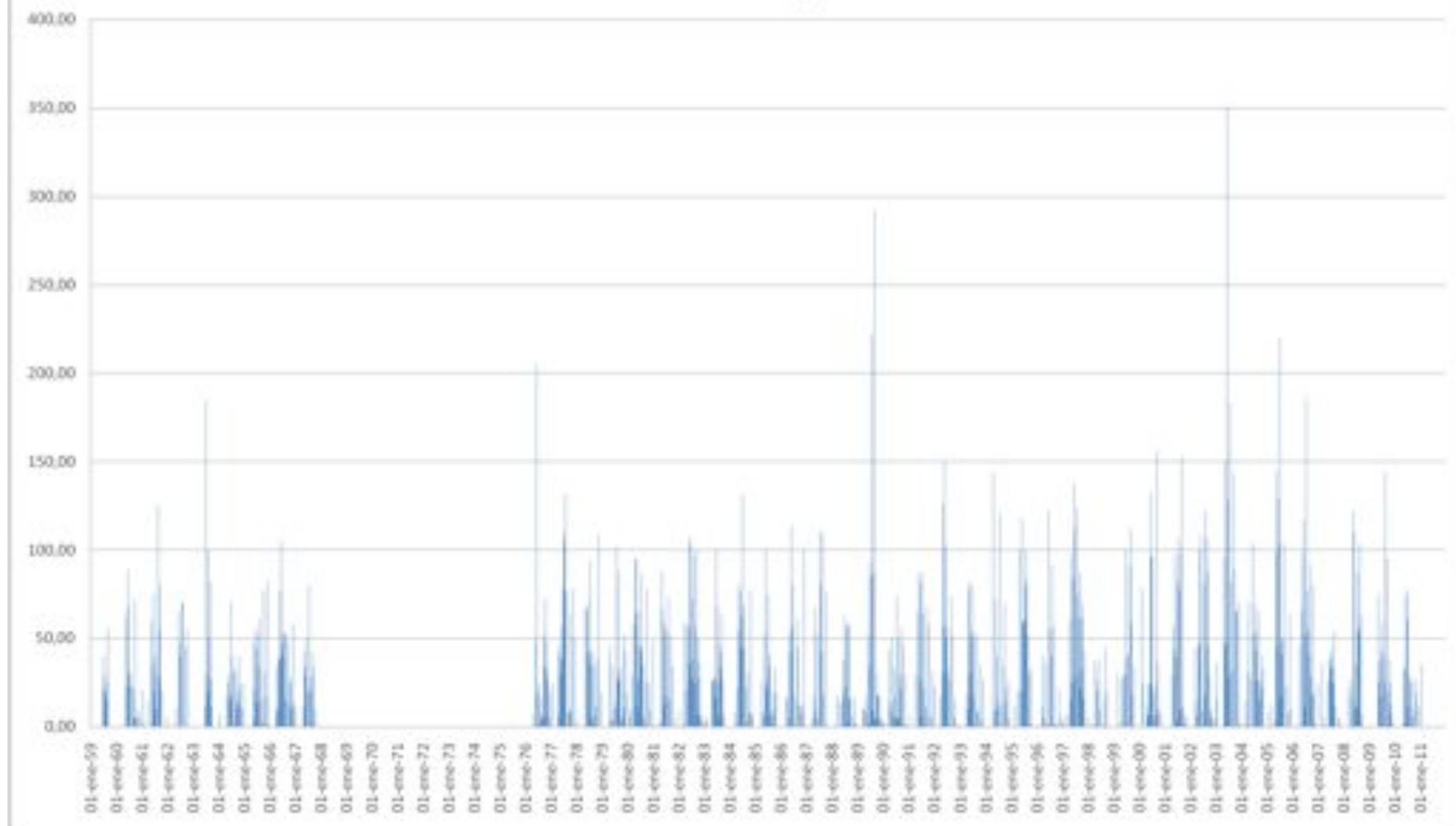
Diguillín - Precipitación



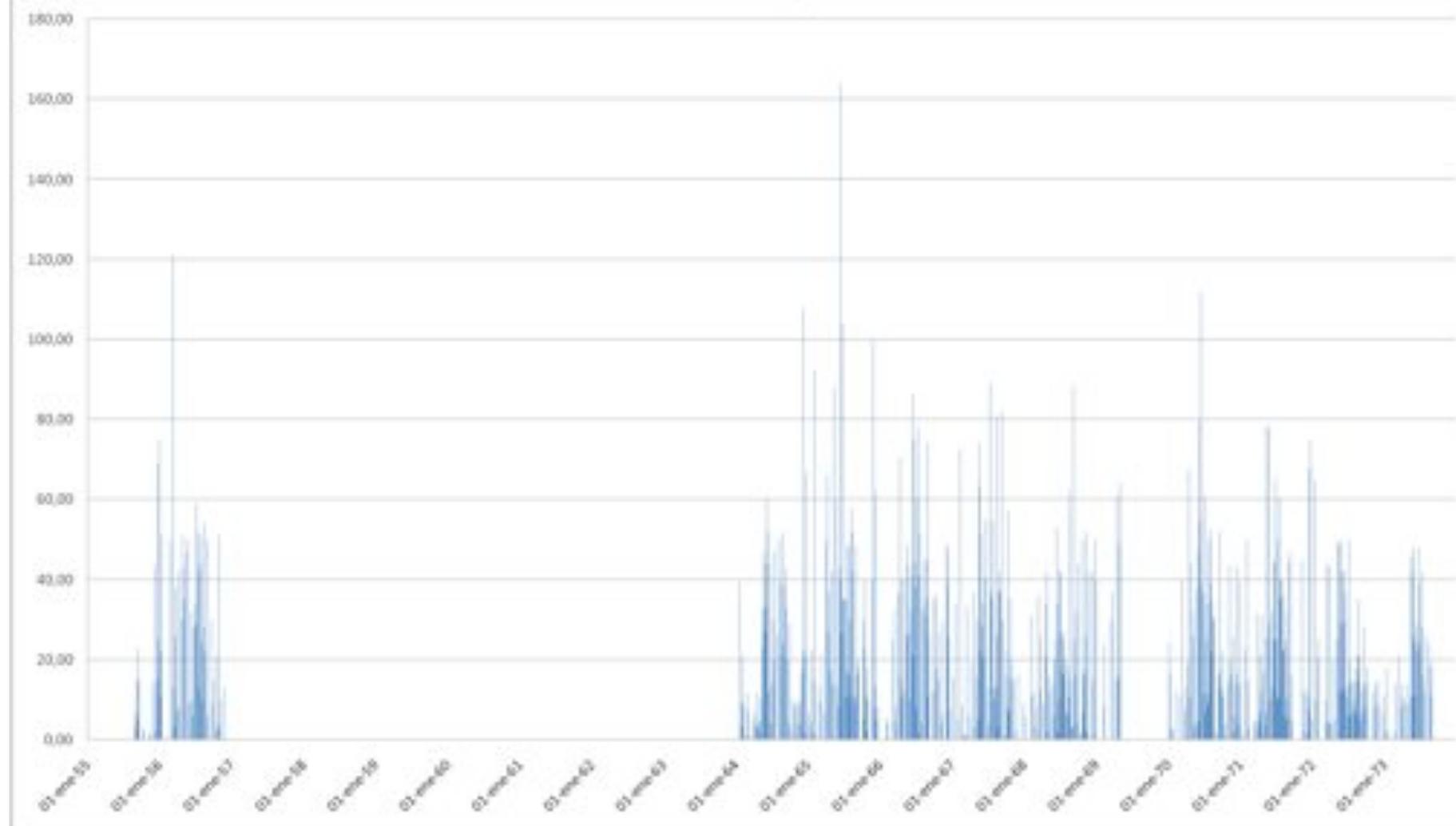
El Alamo - Precipitación



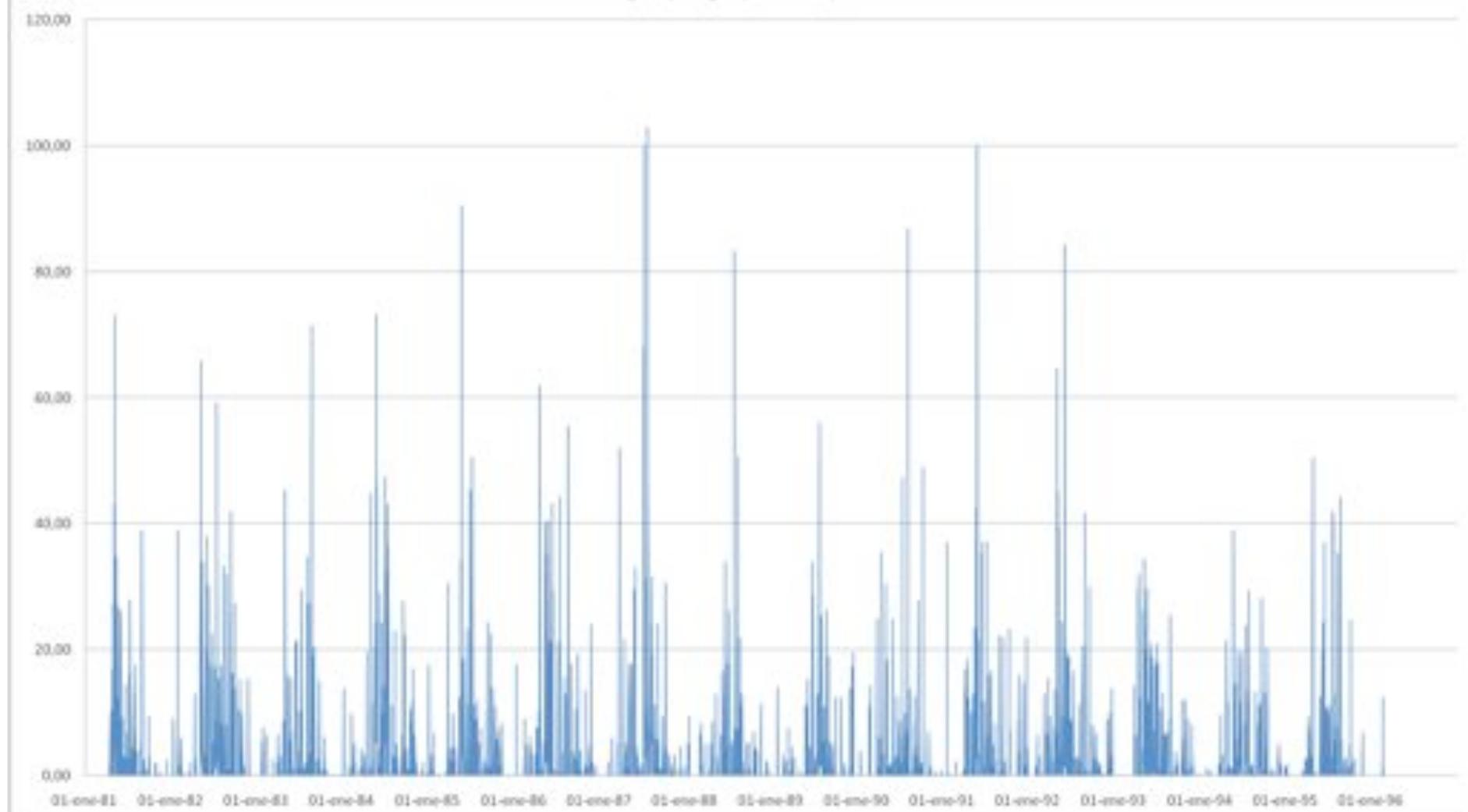
El Manzano - Precipitación



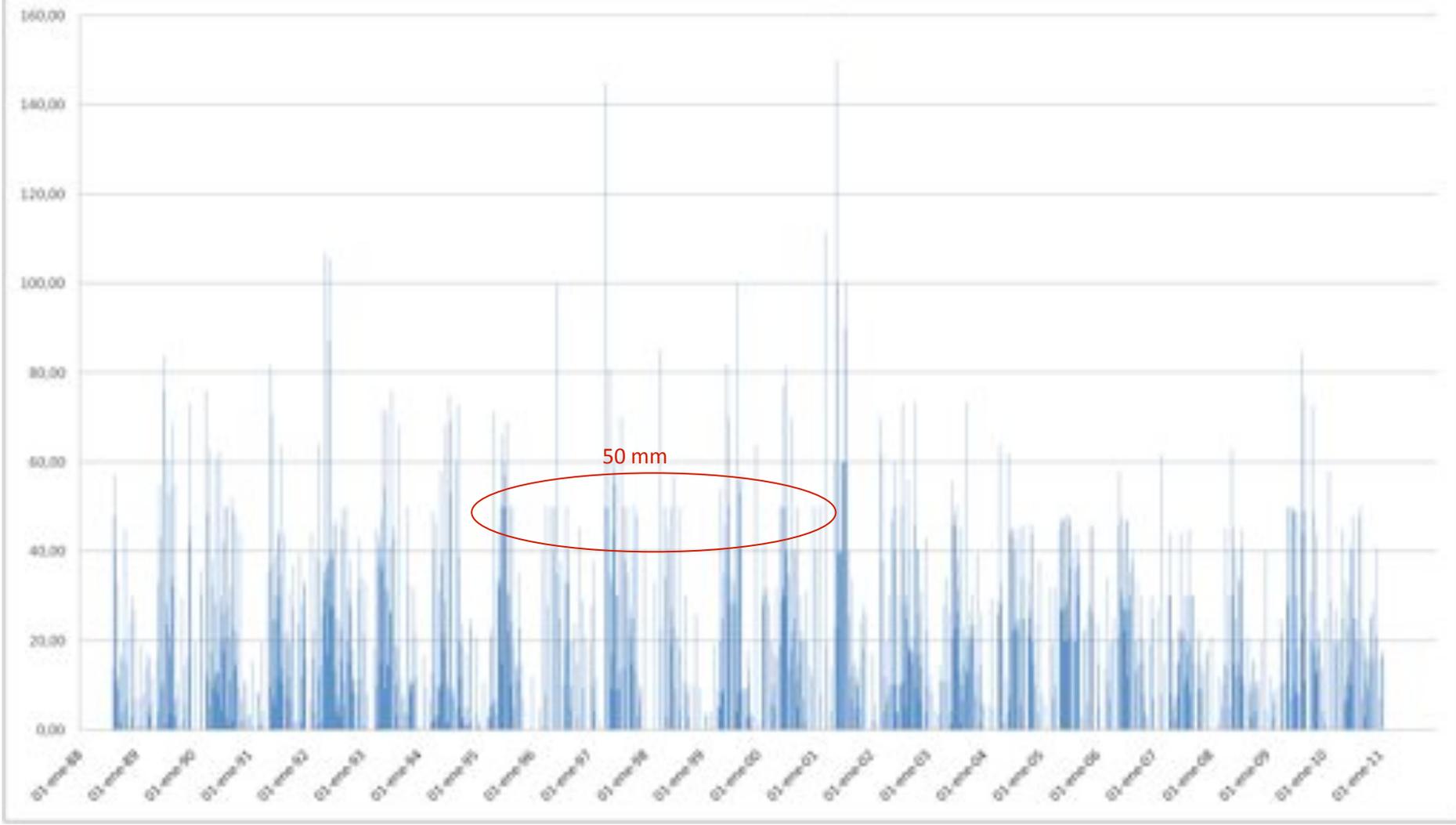
El Morro - Precipitación



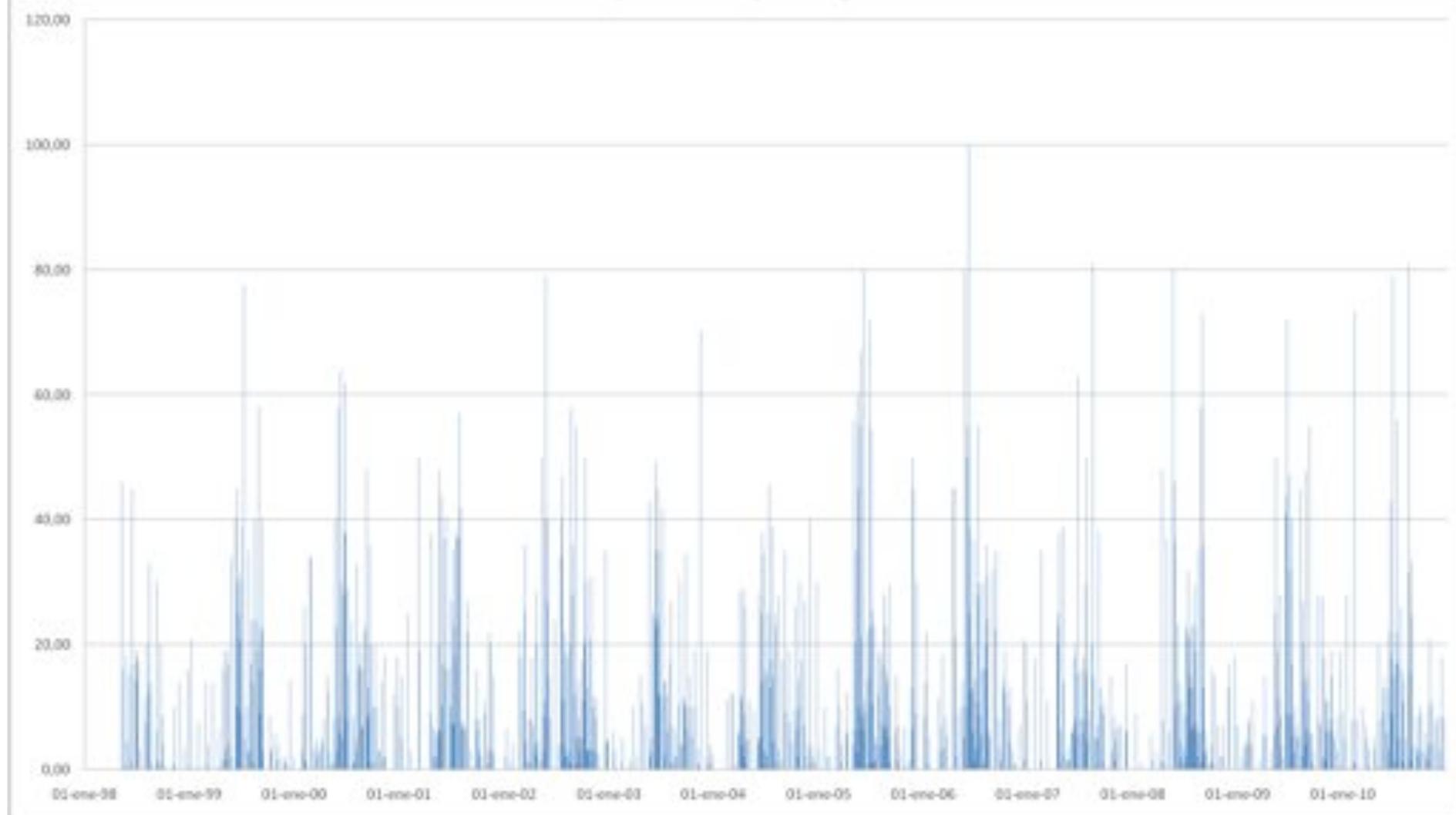
El Vergel (Angol) - Precipitación



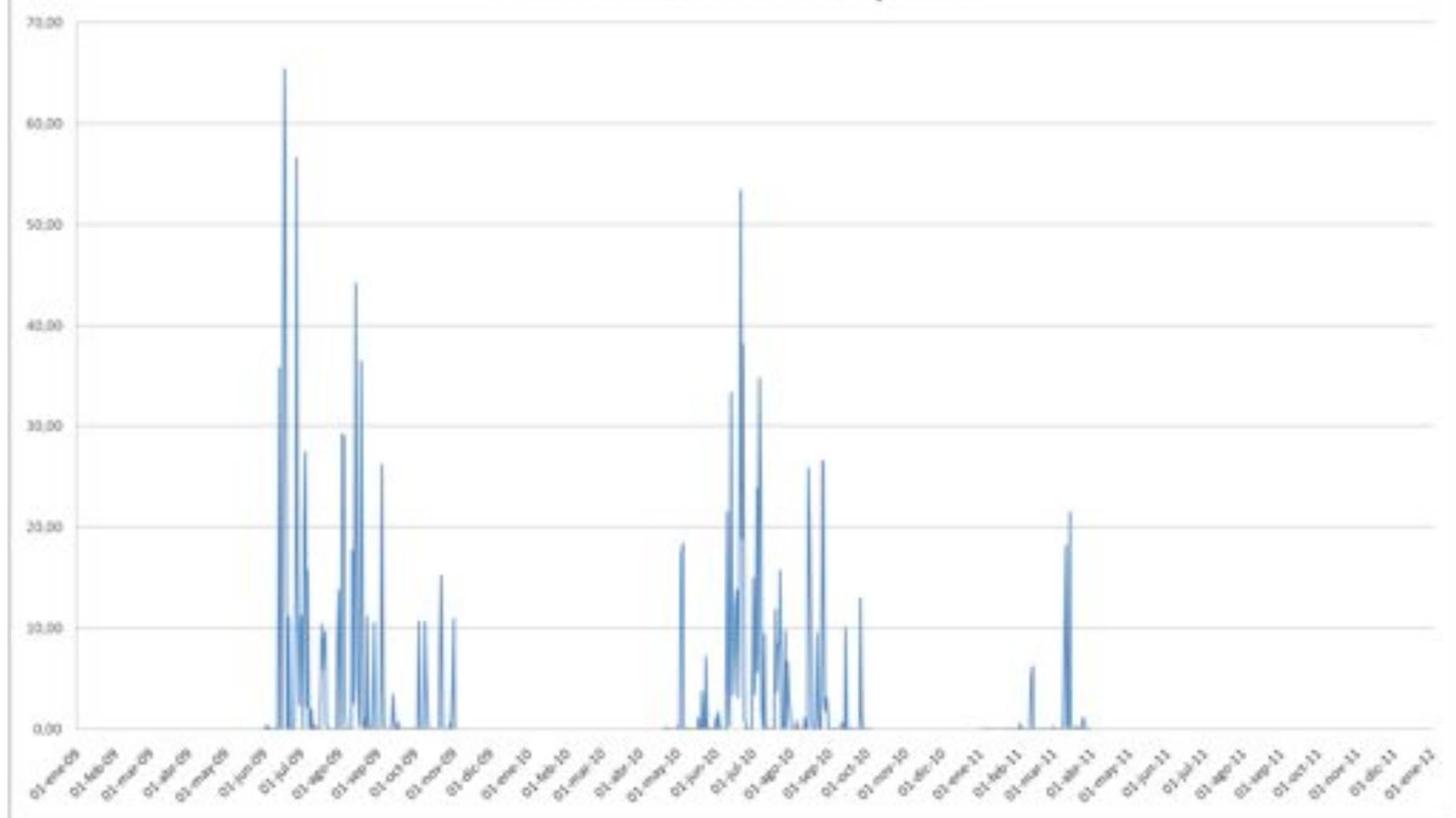
Encimar Malleco - Precipitación



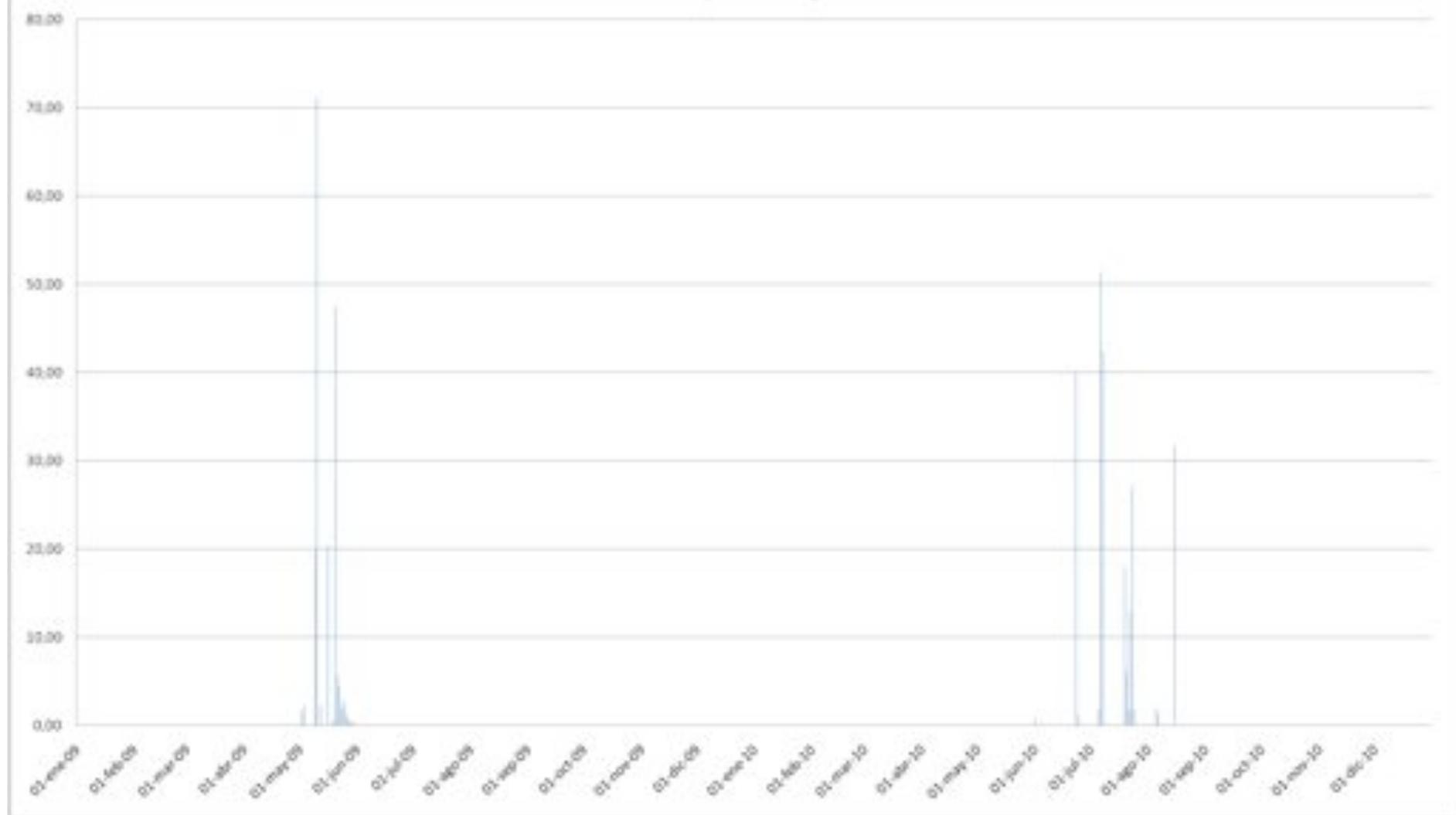
Ercilla (Vida Nueva) - Precipitación



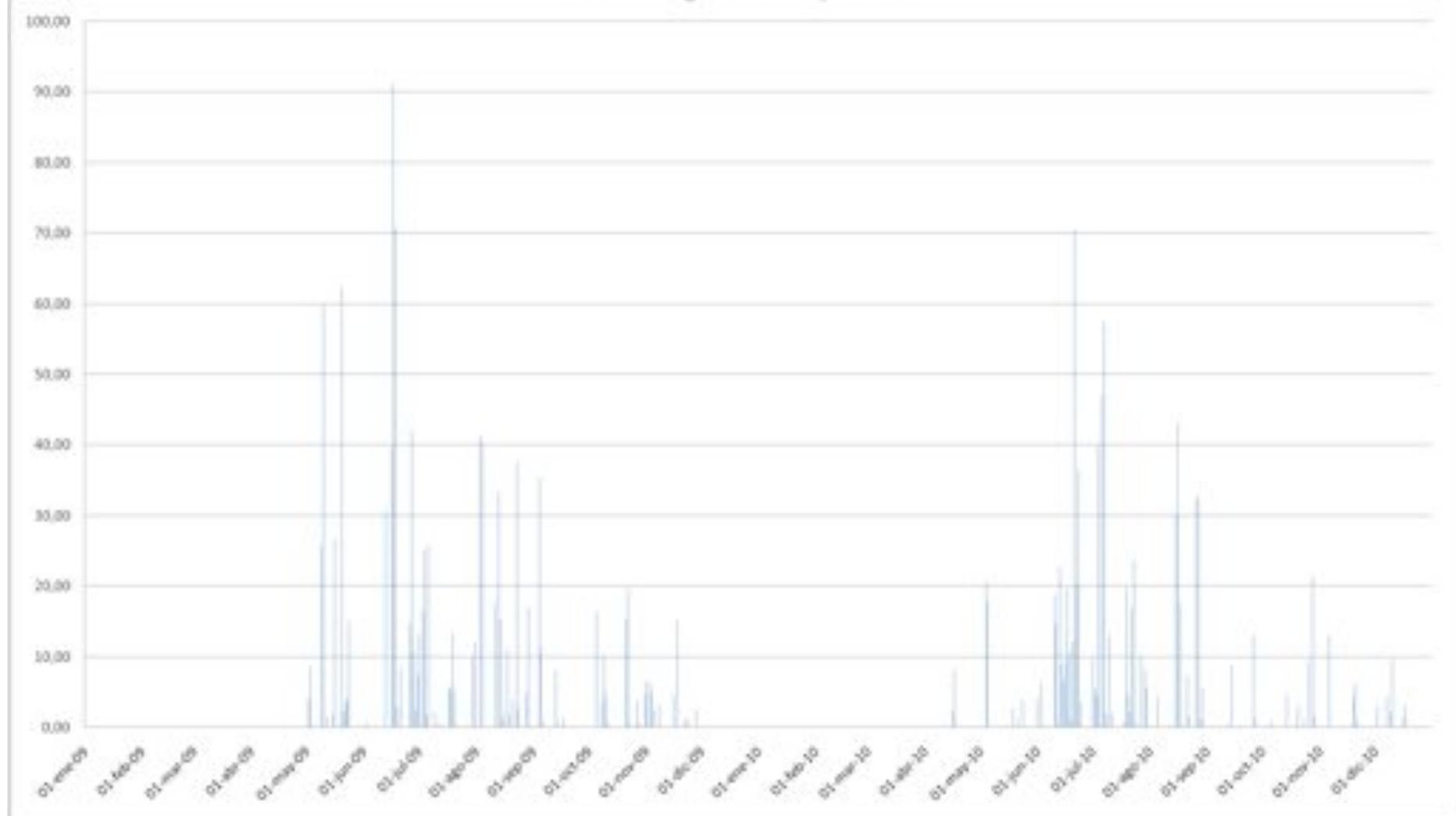
Estero Bellavista en Tome - Precipitación



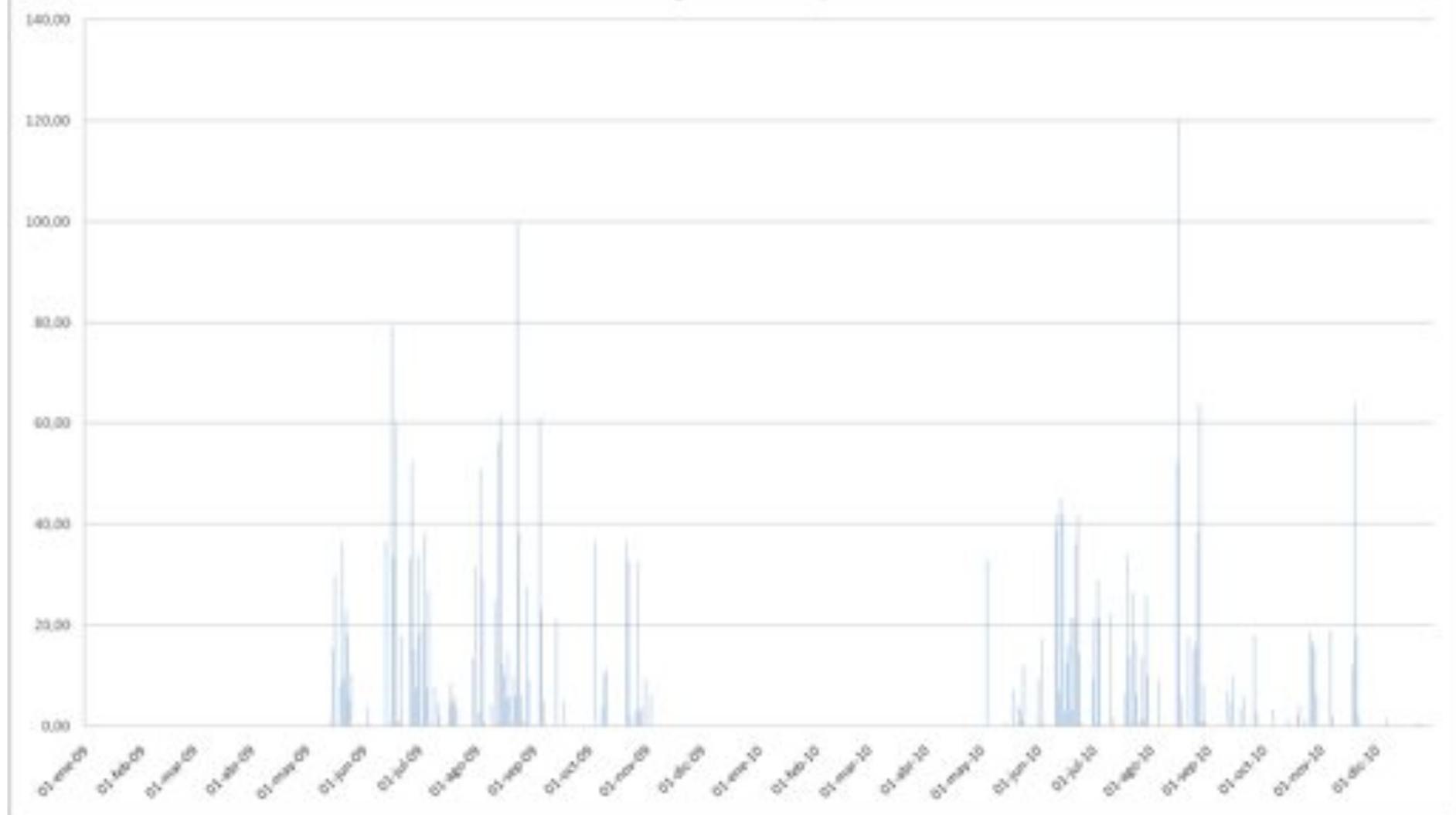
Estero Hualqui - Precipitación



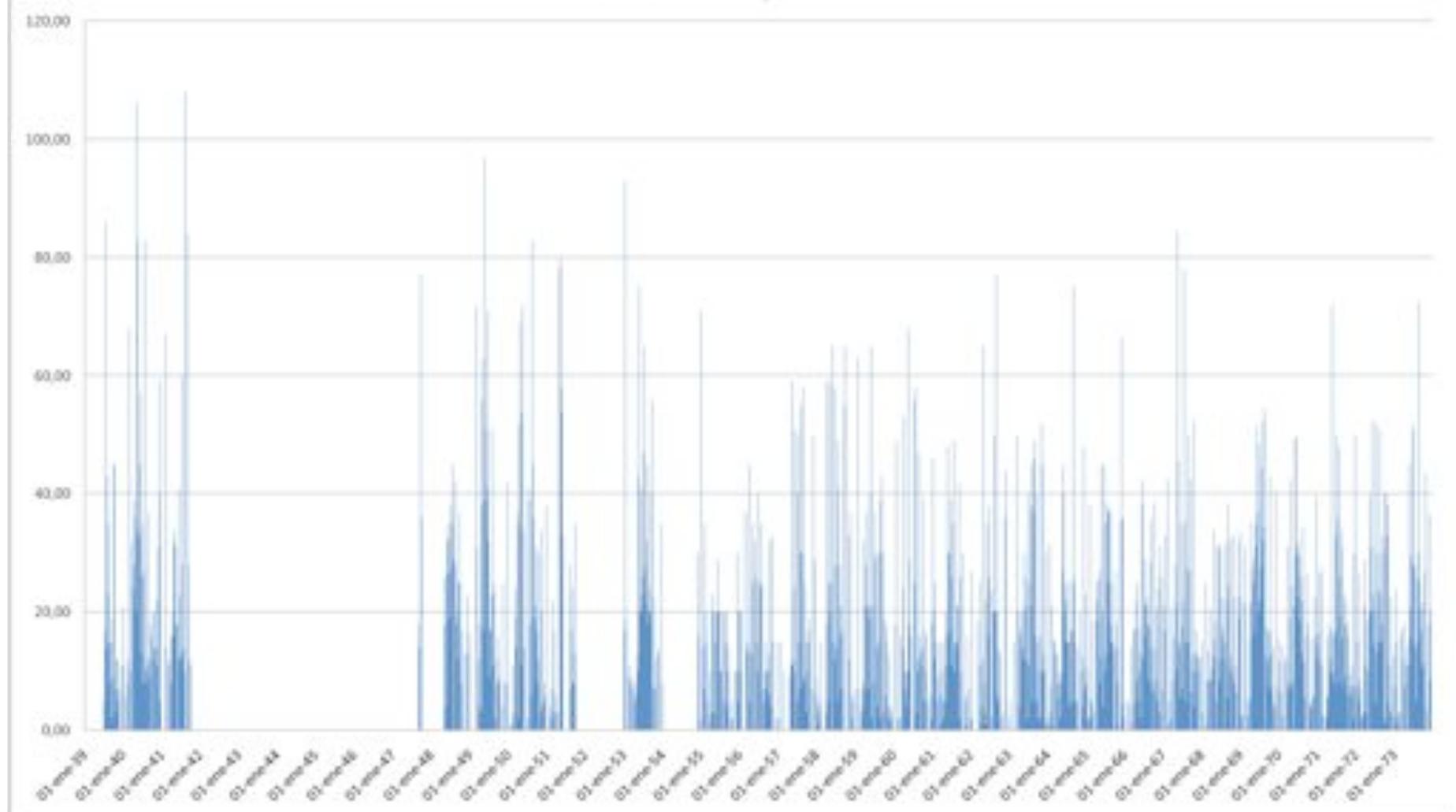
Estero Nonguen - Precipitación



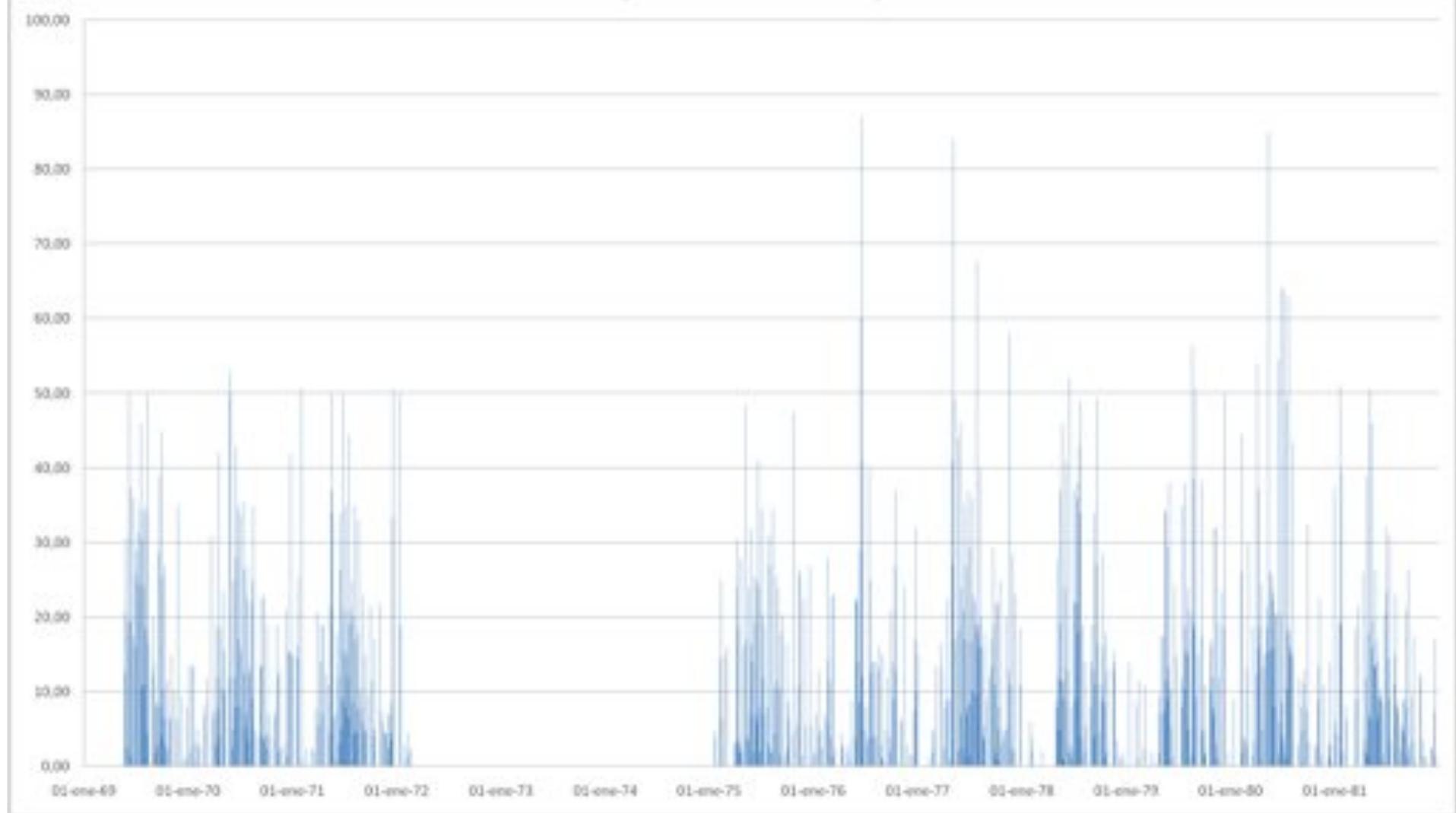
Estero Plegarias - Precipitación



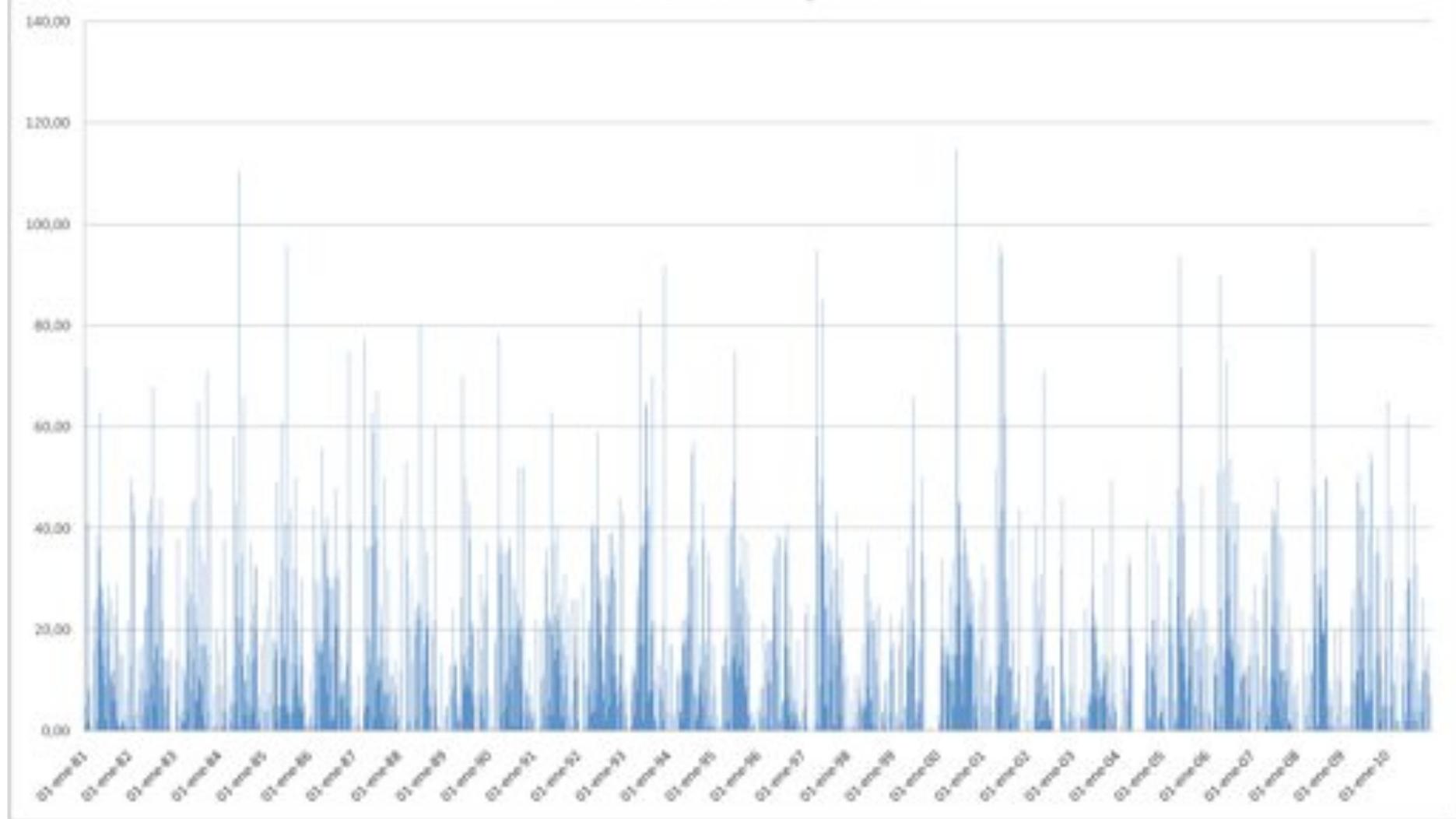
Freire - Precipitación



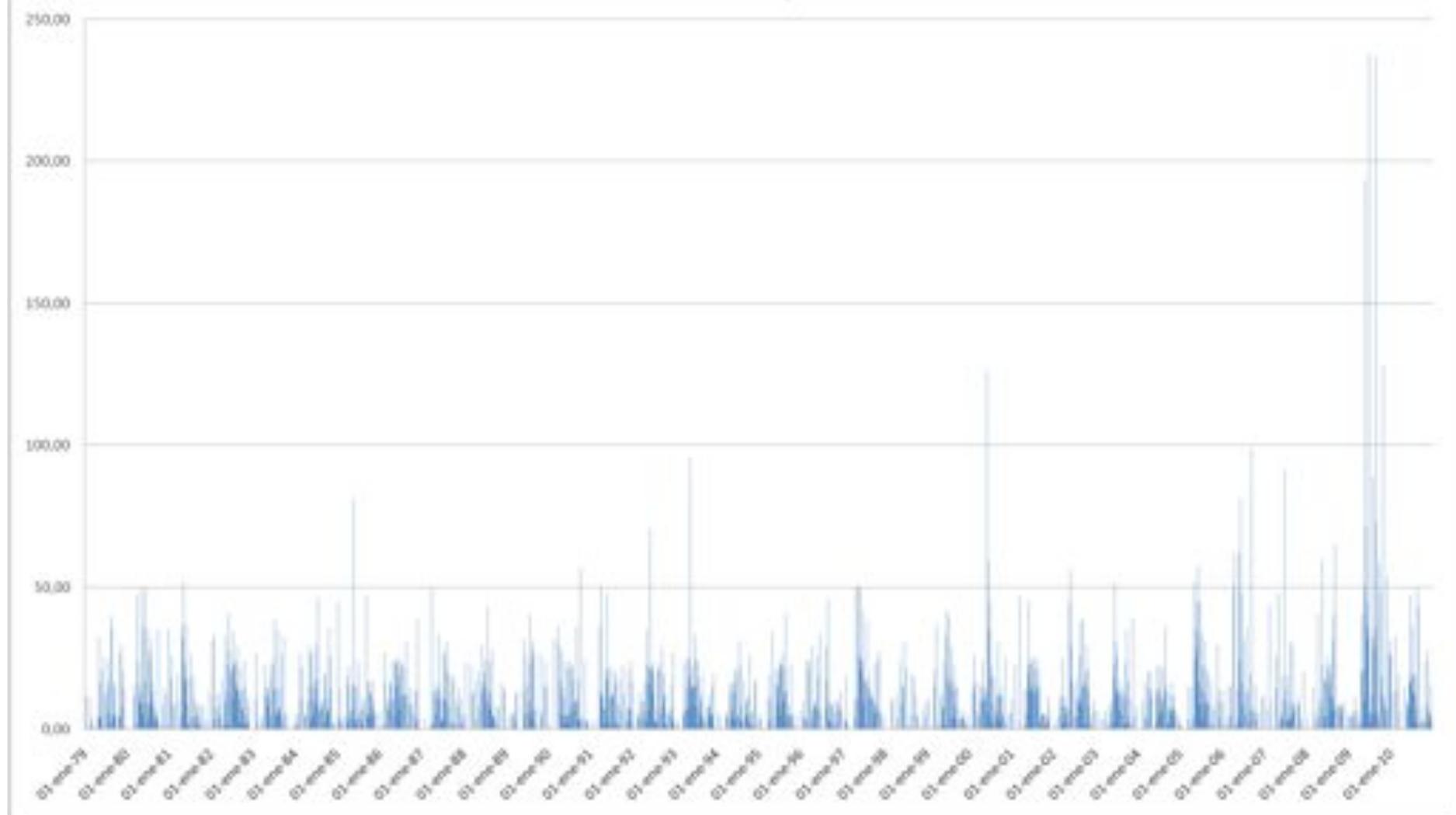
Freire Campamento Fiscal - Precipitación



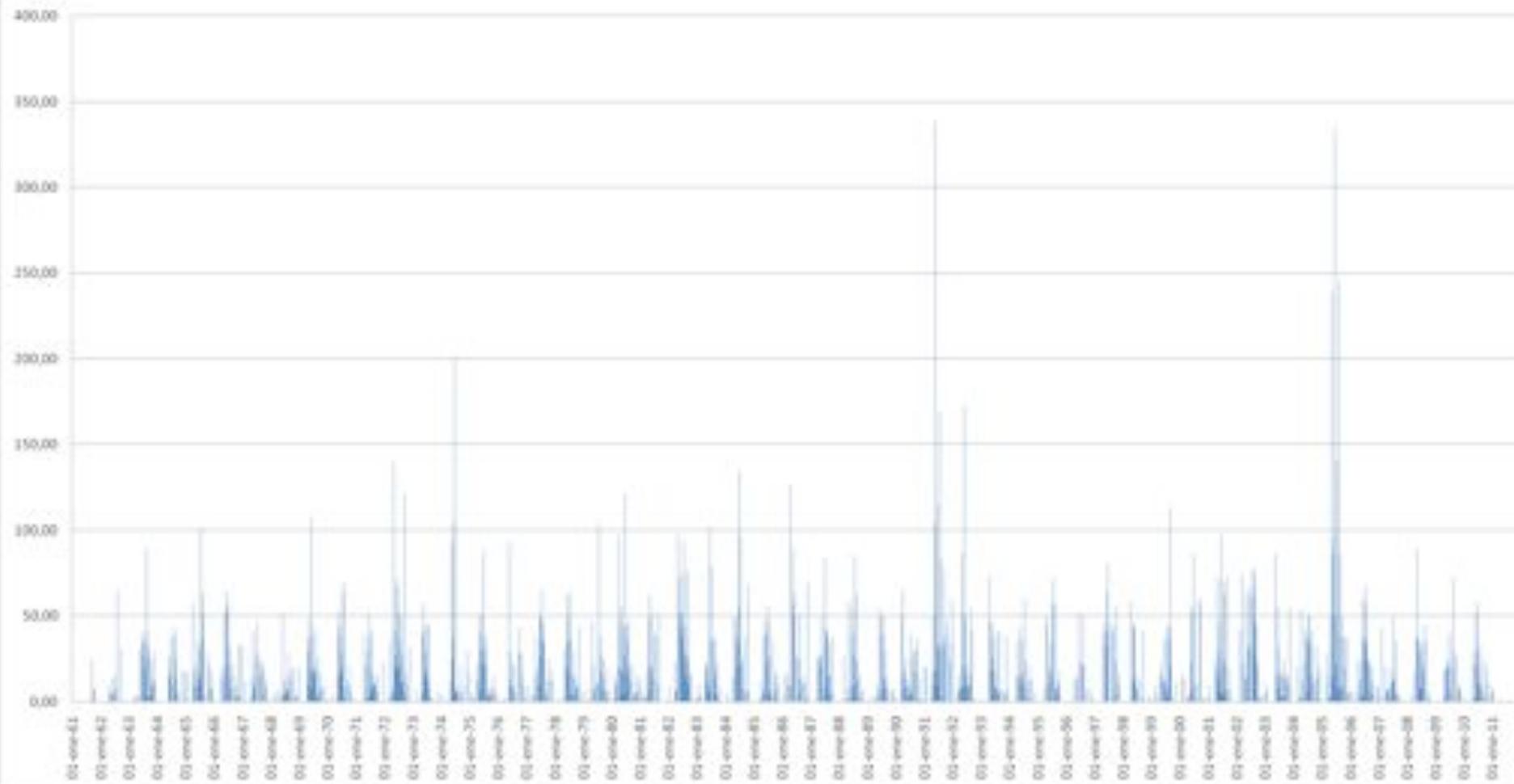
Freire Sendos - Precipitación



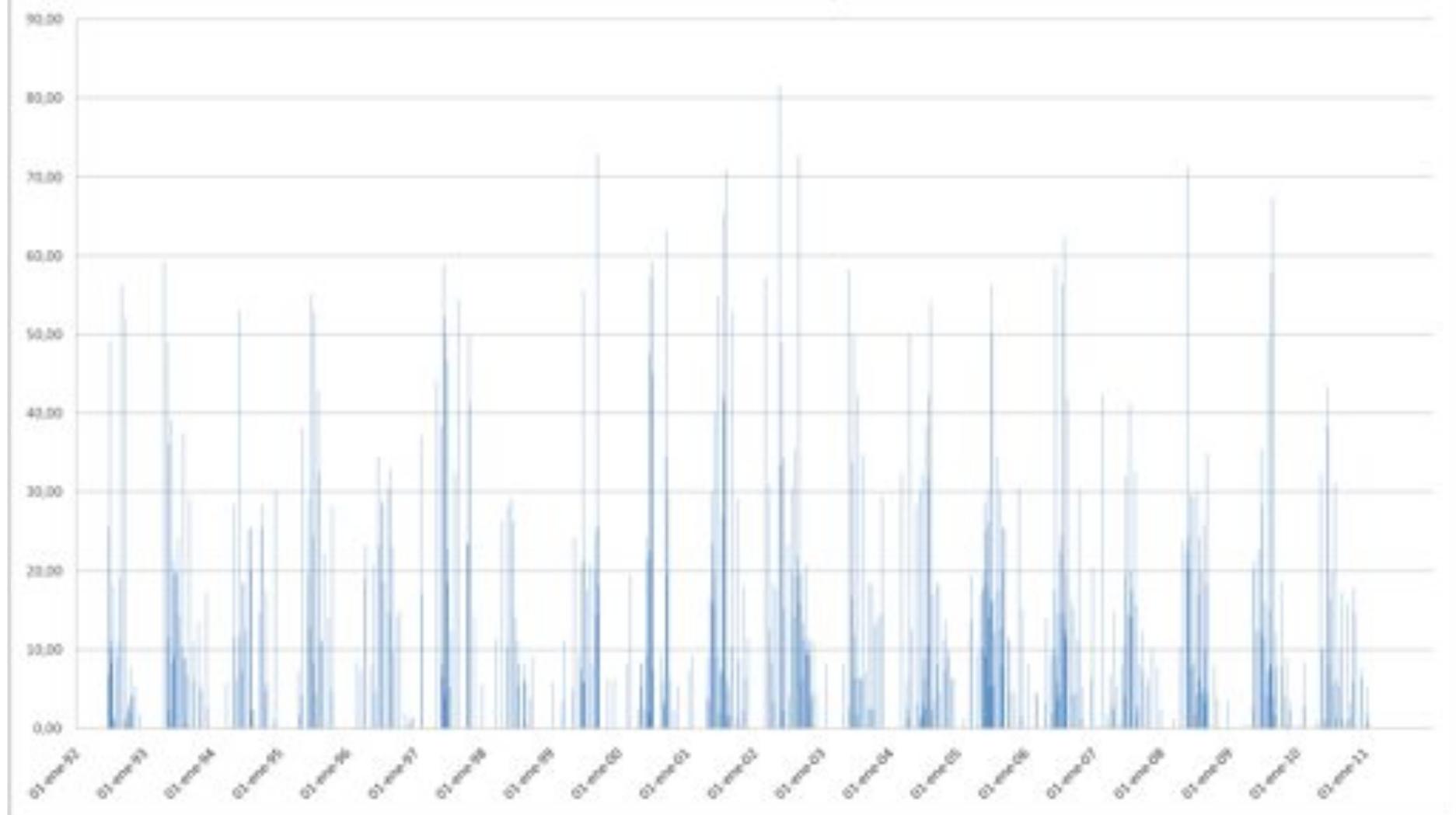
Galvarino - Precipitación



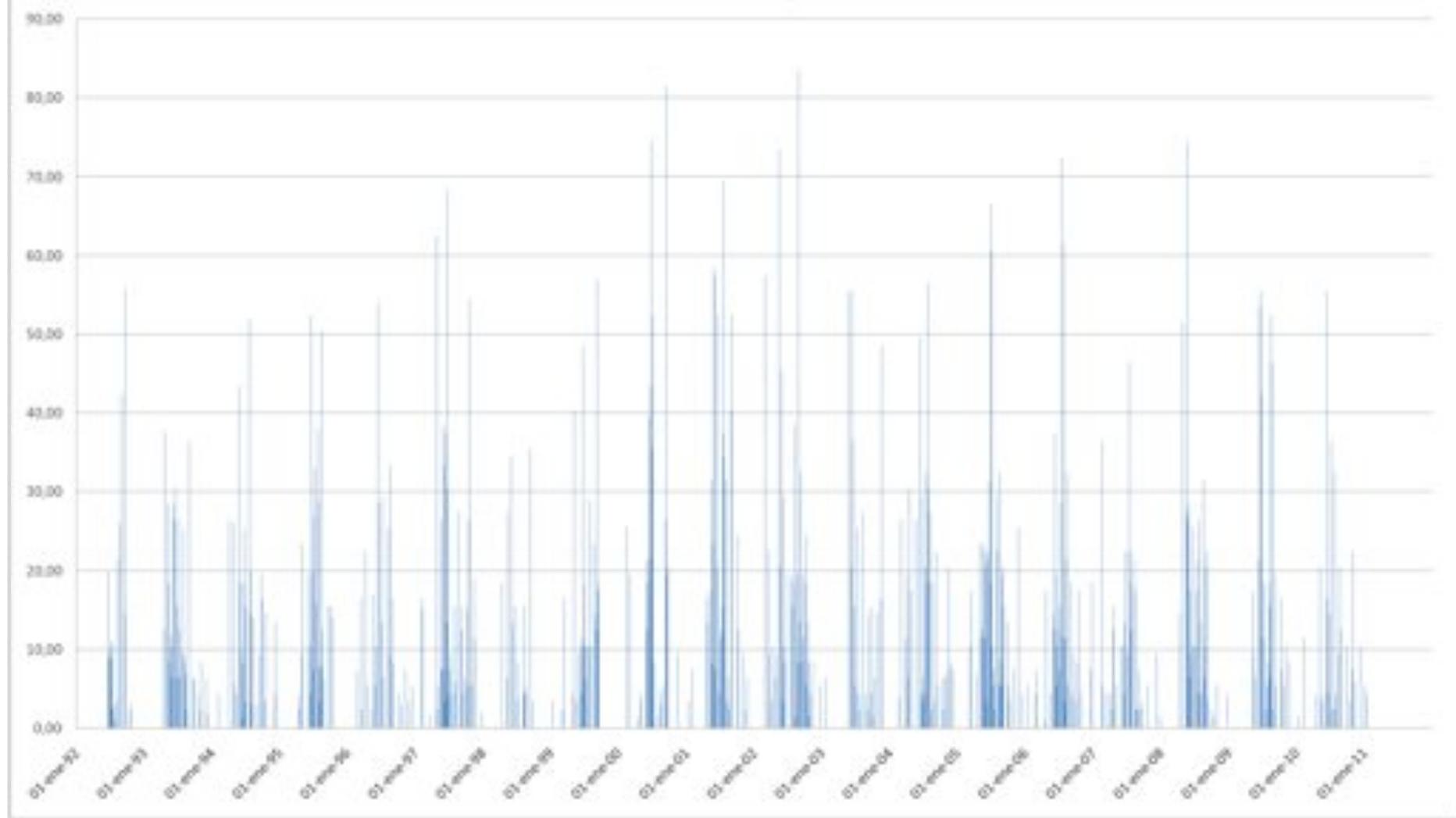
Gualleco - Precipitación



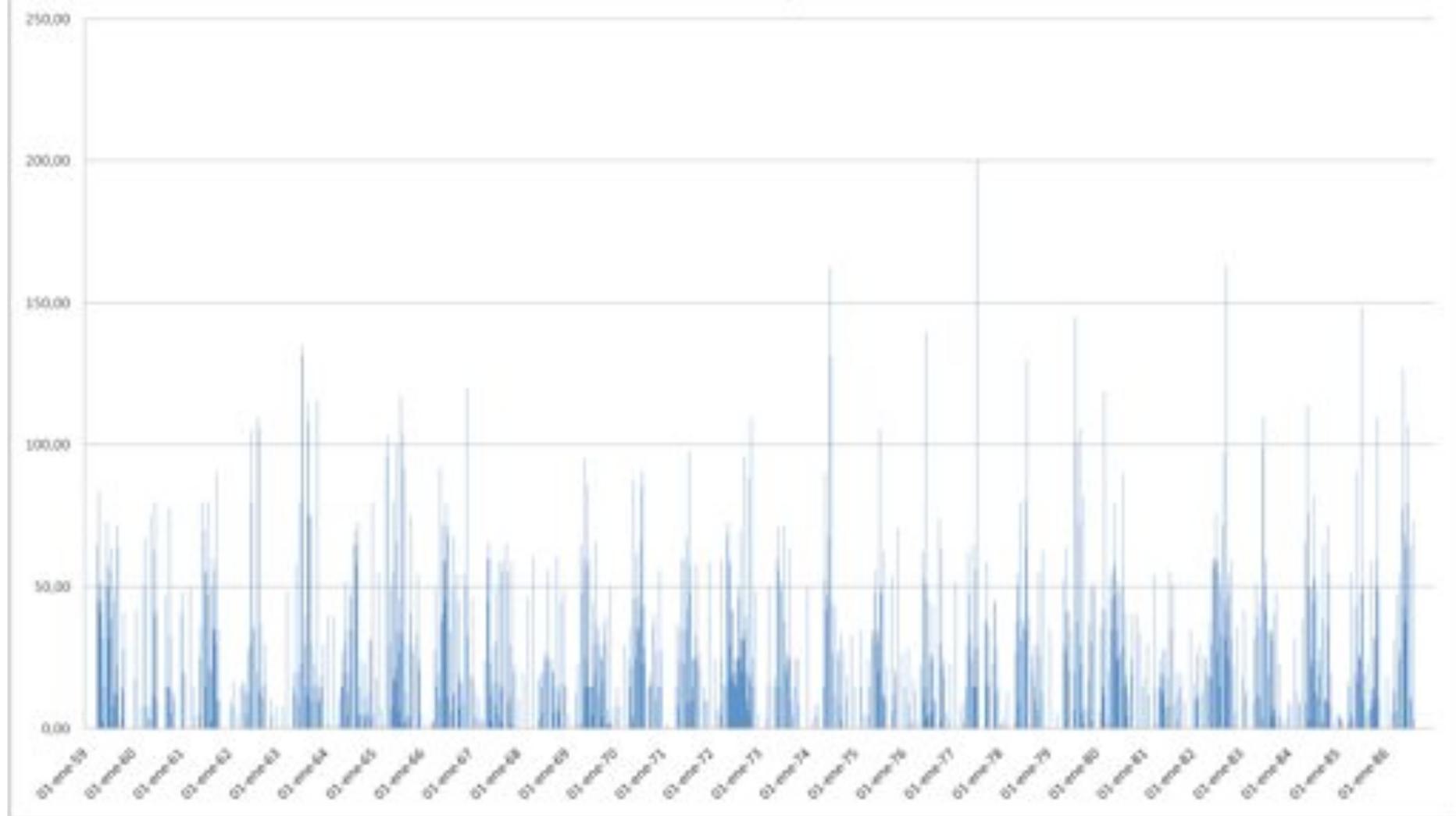
Huerta del Maule - Precipitación



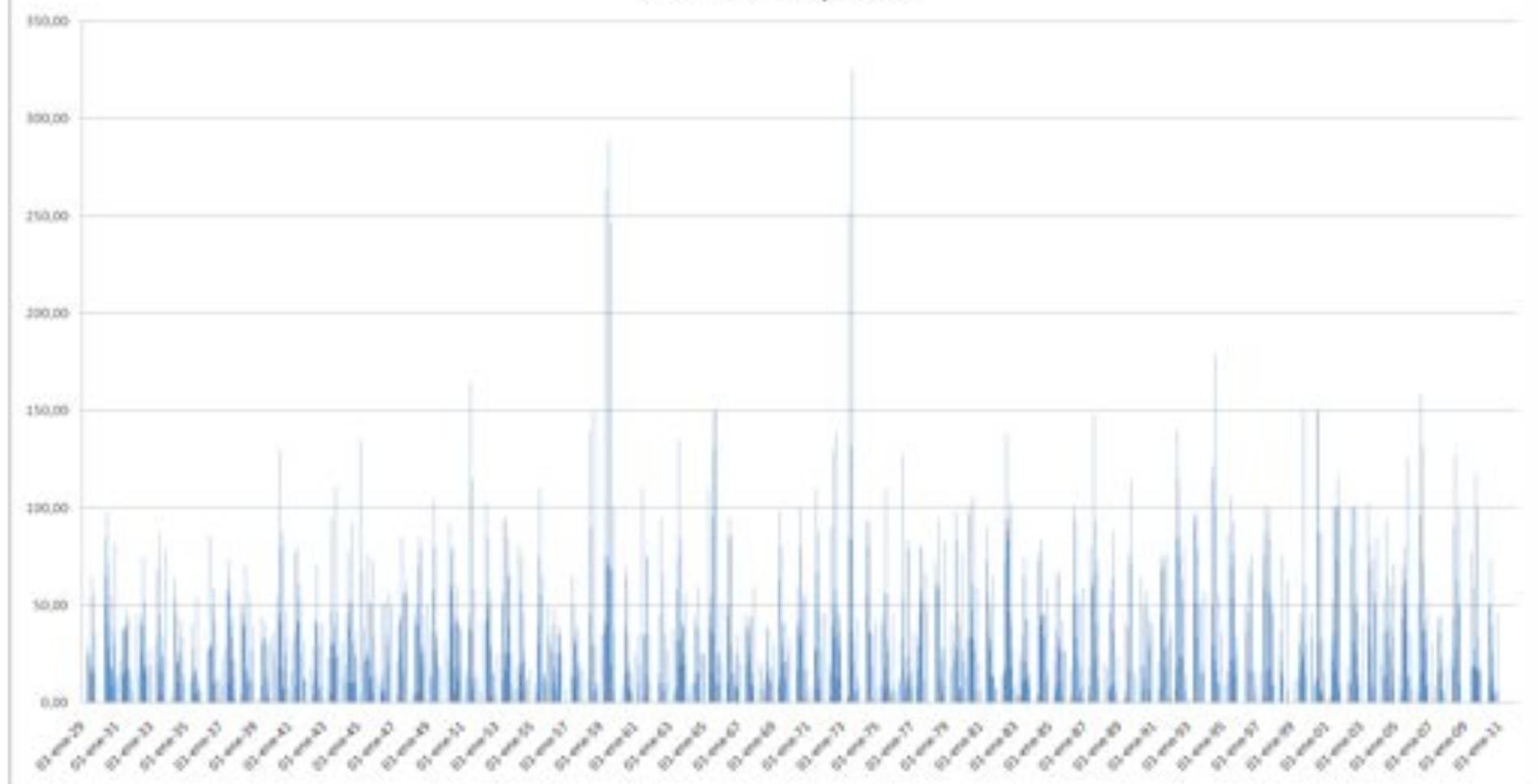
La Estrella - Precipitación



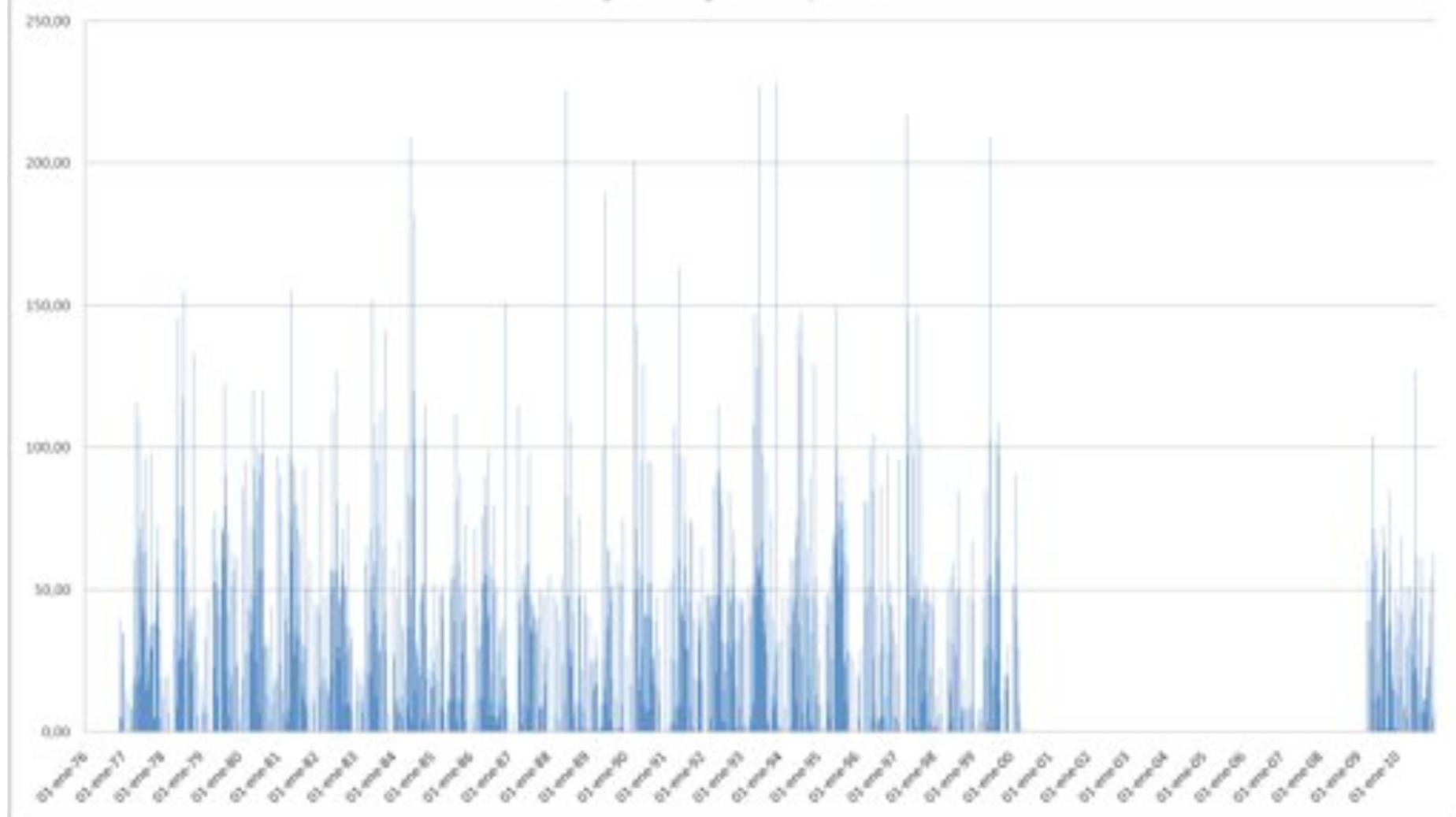
La Punilla - Precipitación



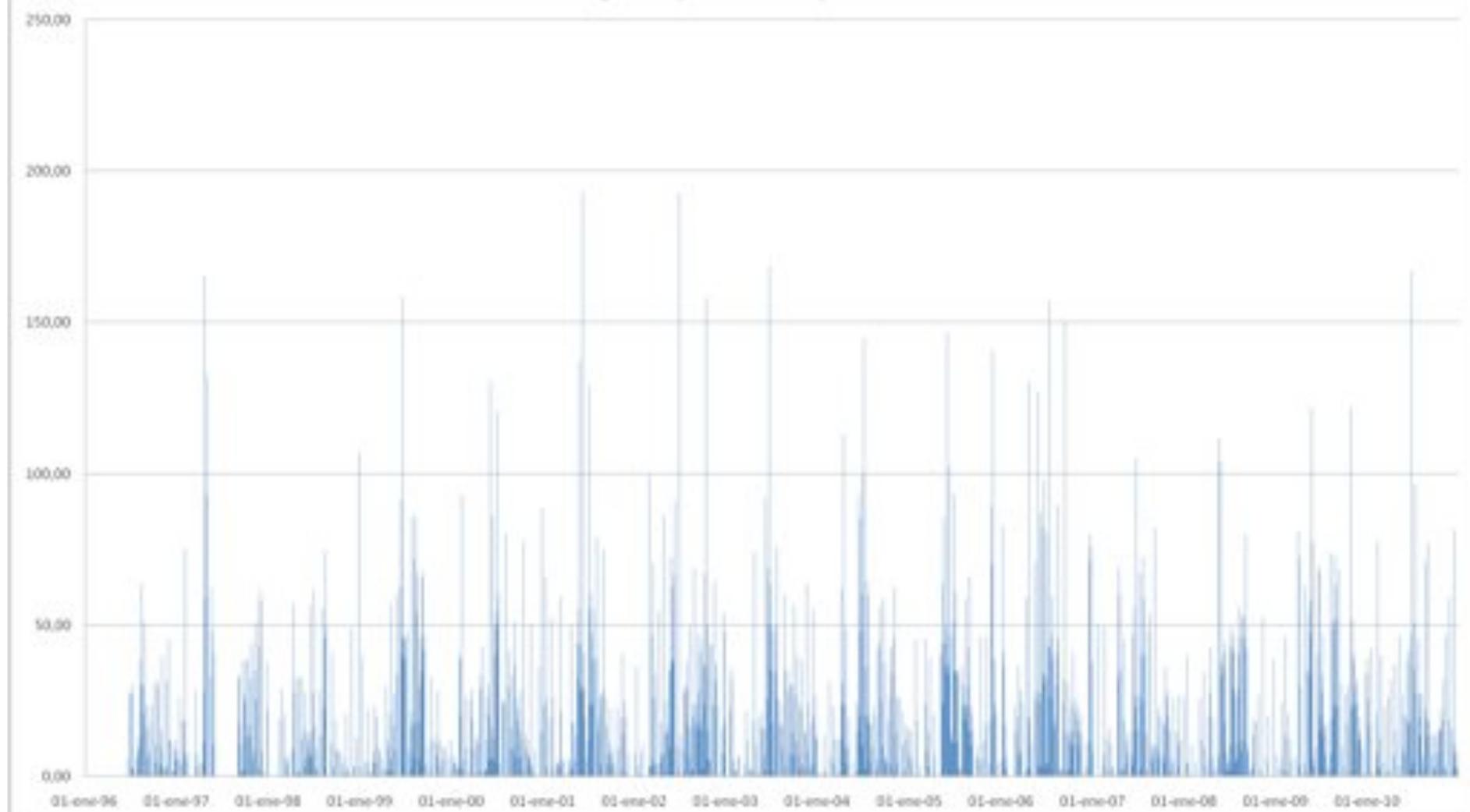
La Rufina - Precipitación



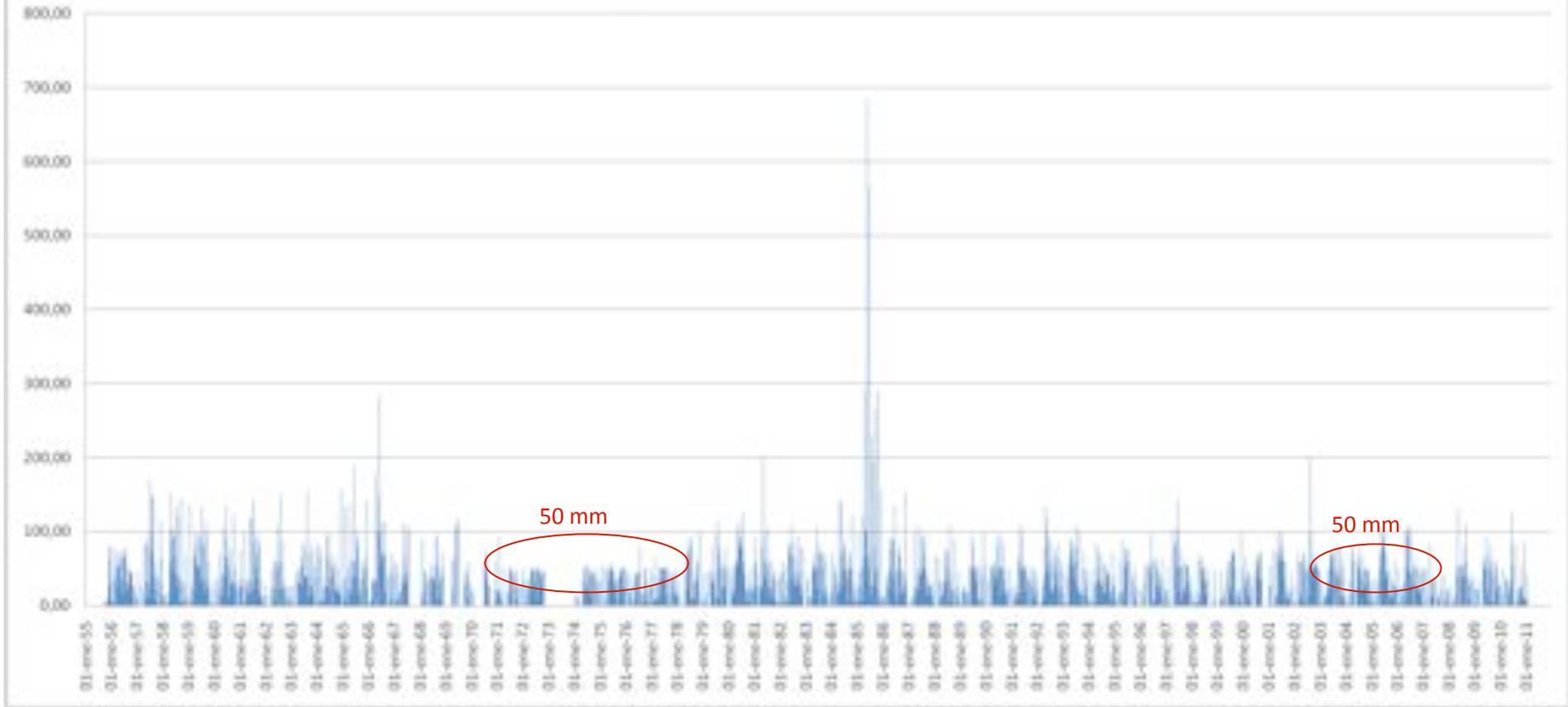
Lago Caburga - Precipitación



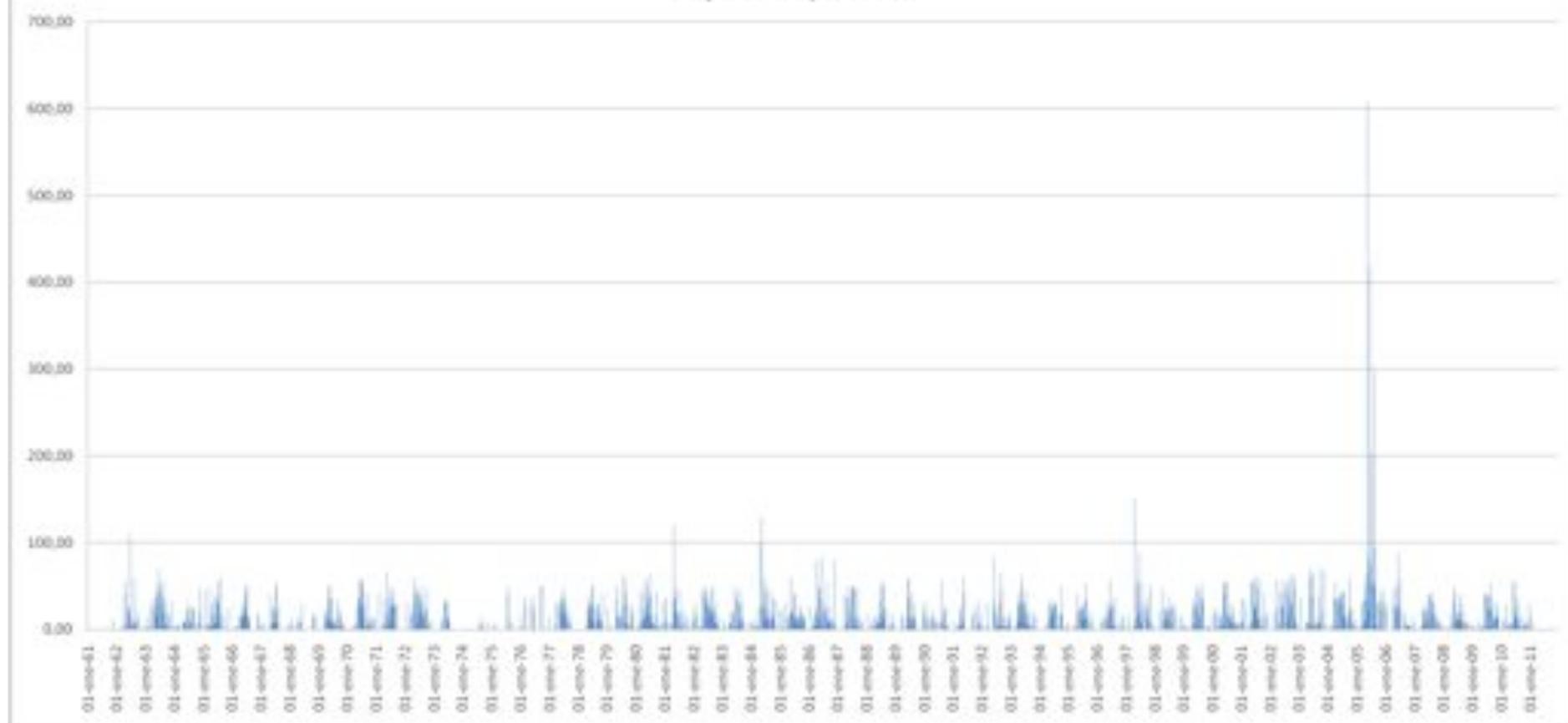
Lago Tinquilco - Precipitación



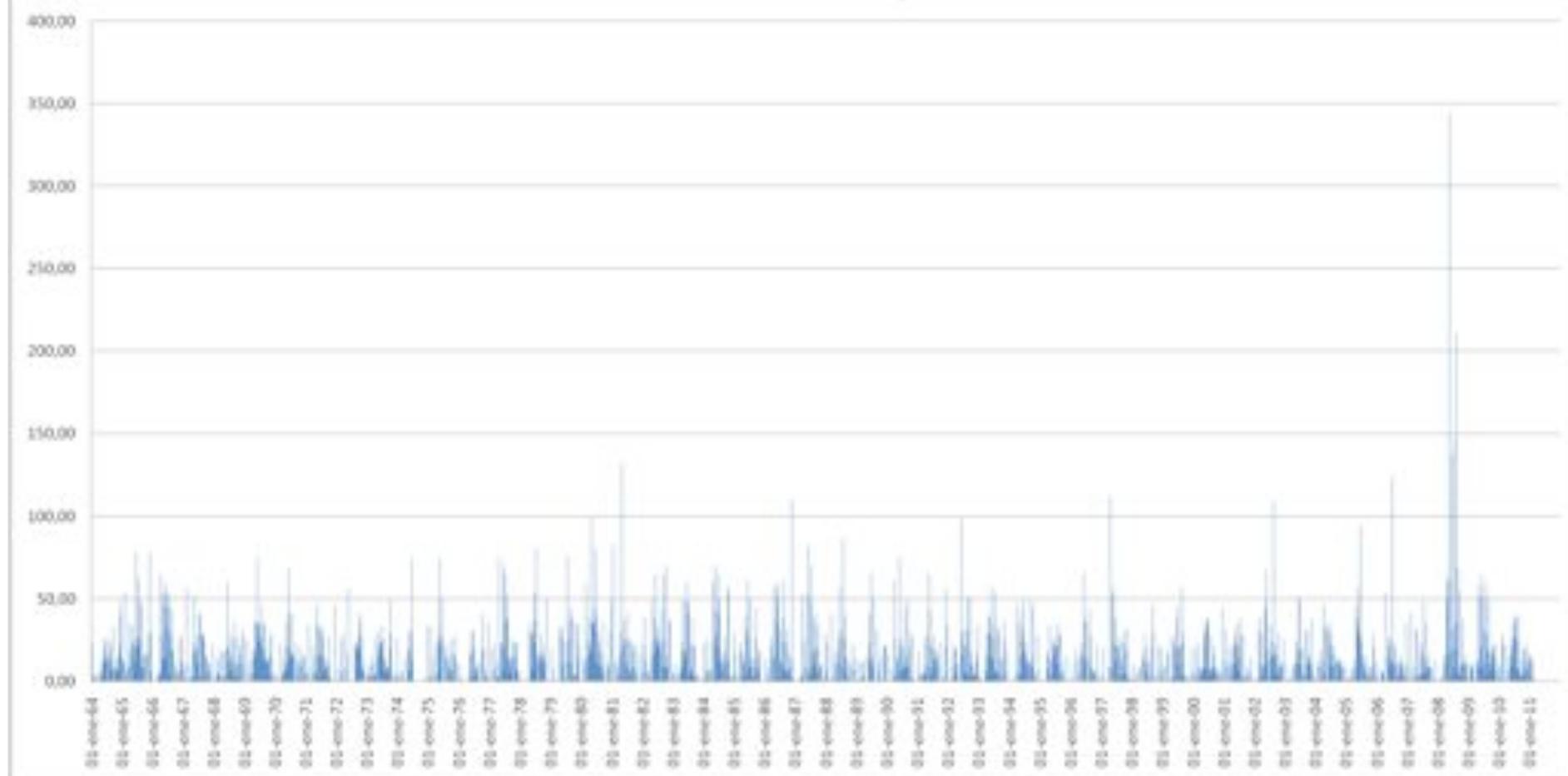
Laguna Malleco - Precipitación



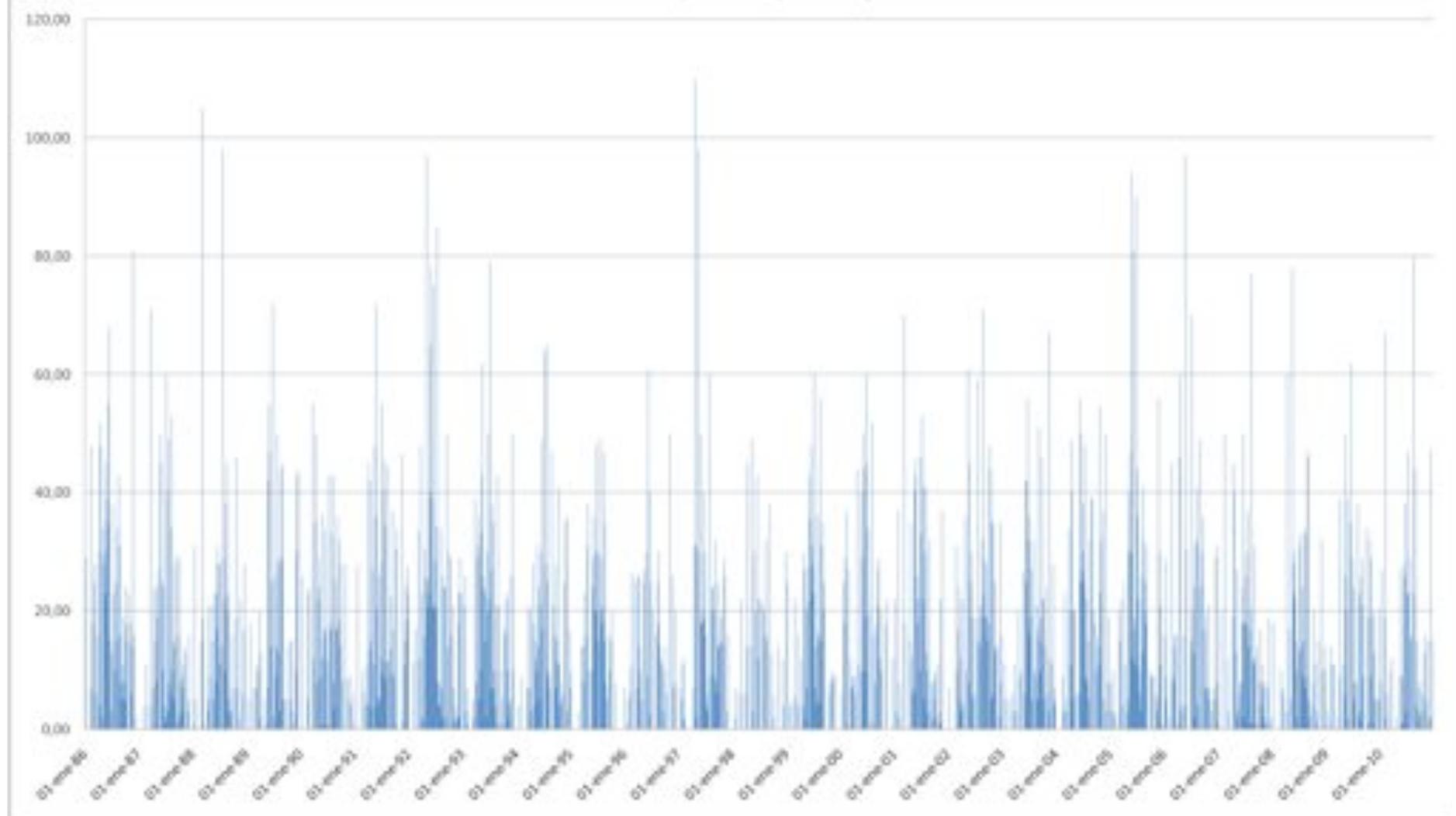
Laja - Precipitación



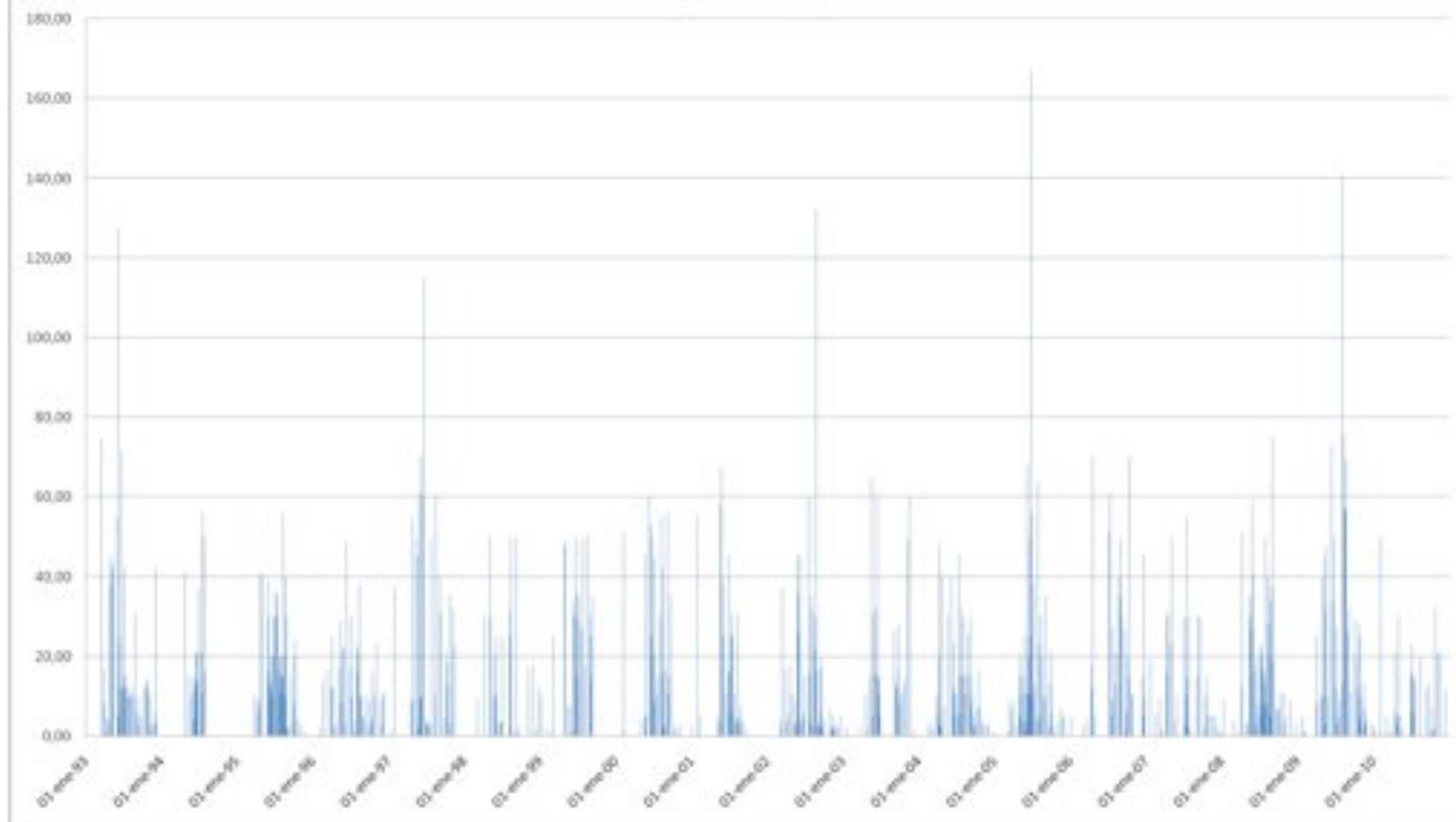
Las Achiras Fundo - Precipitación



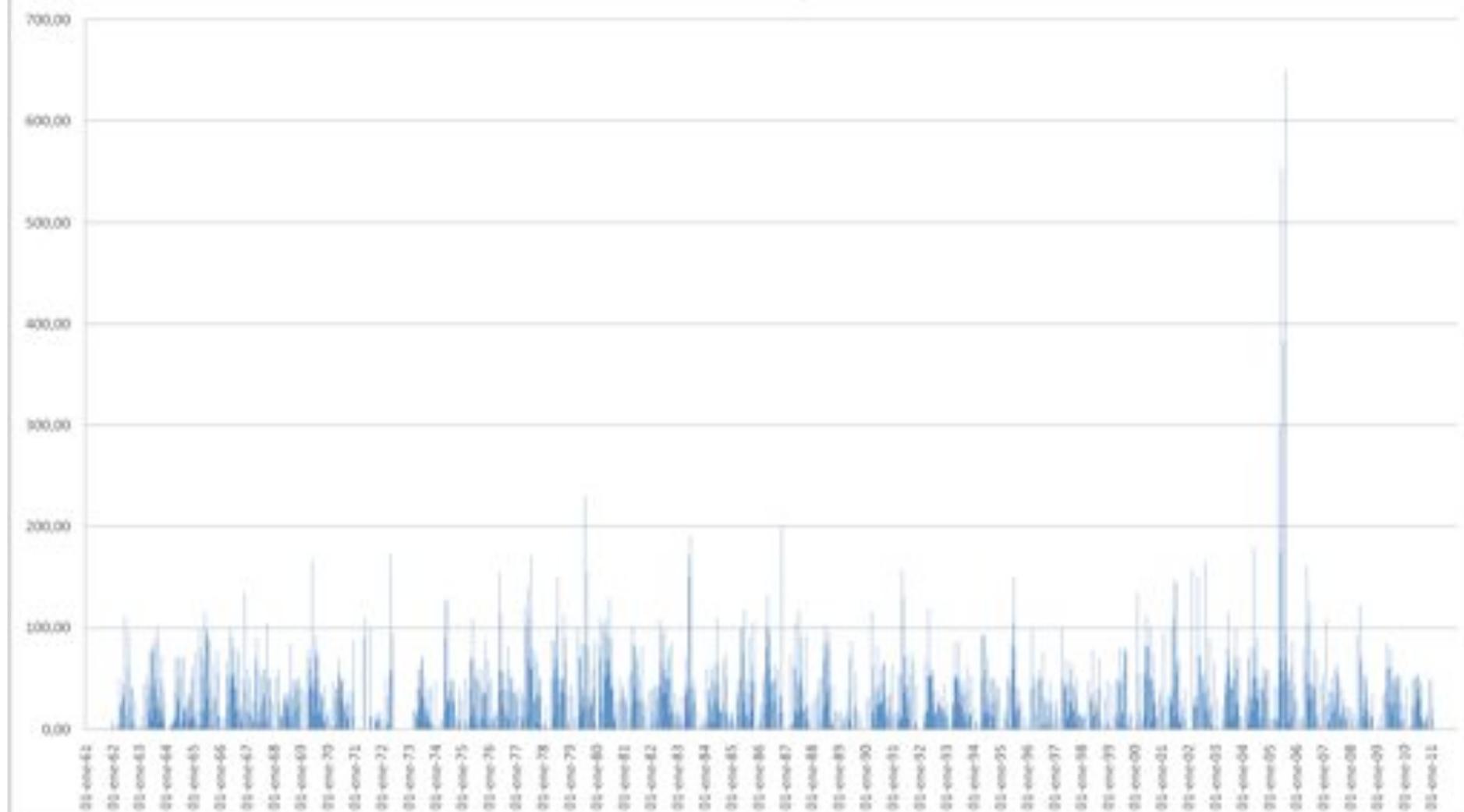
Las Mercedes (Victoria) - Precipitación



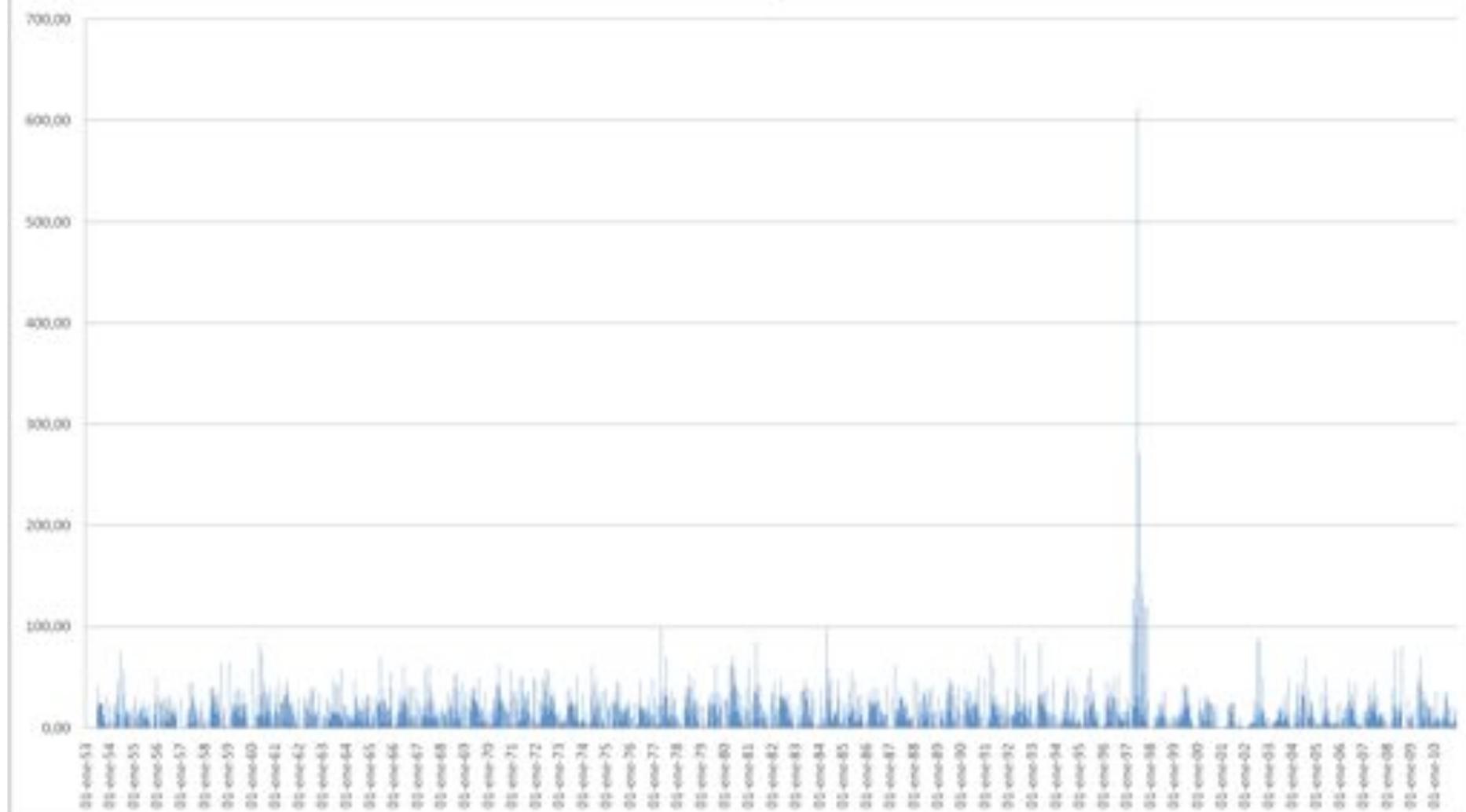
Las Pataguas - Precipitación



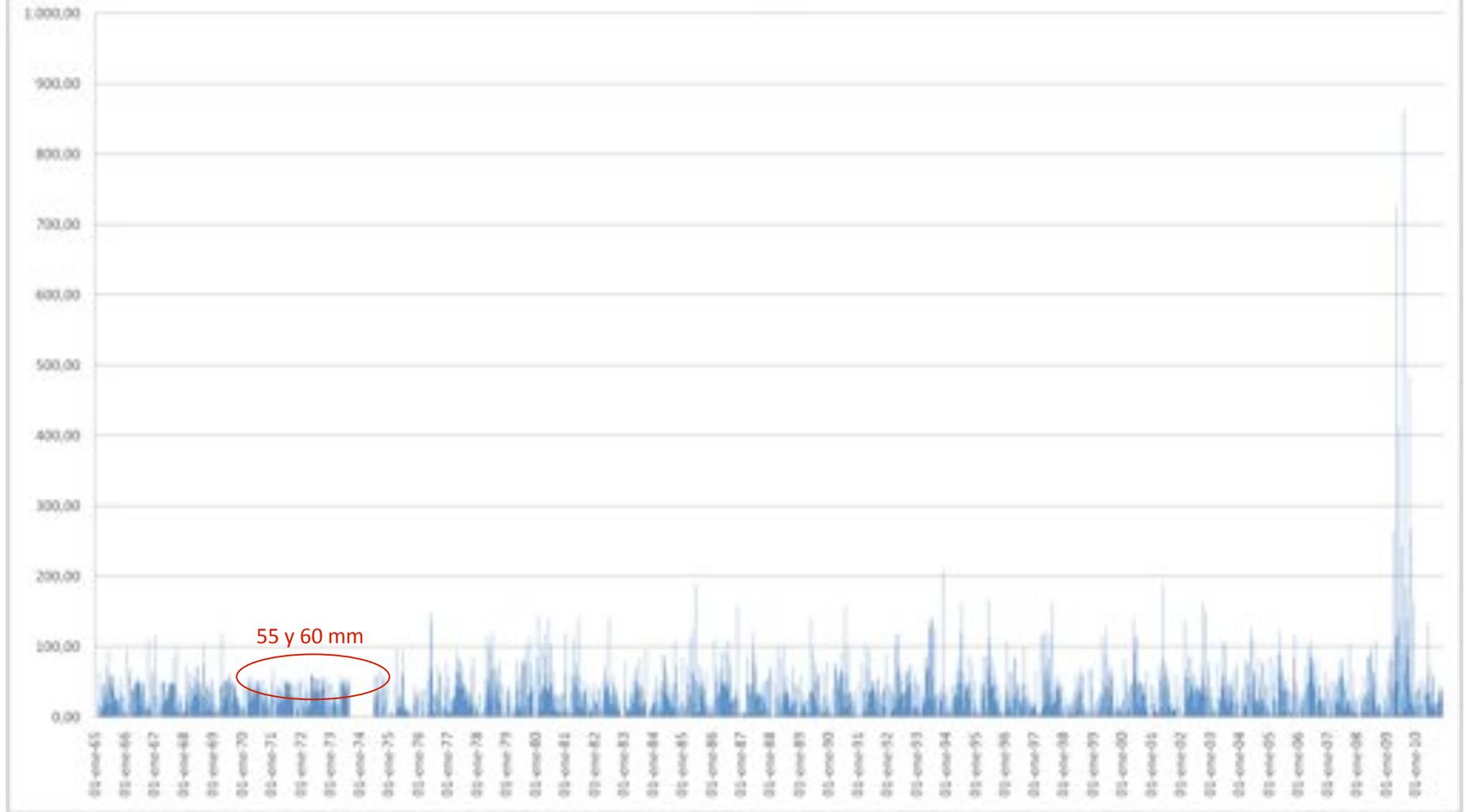
Las Trancas - Precipitación



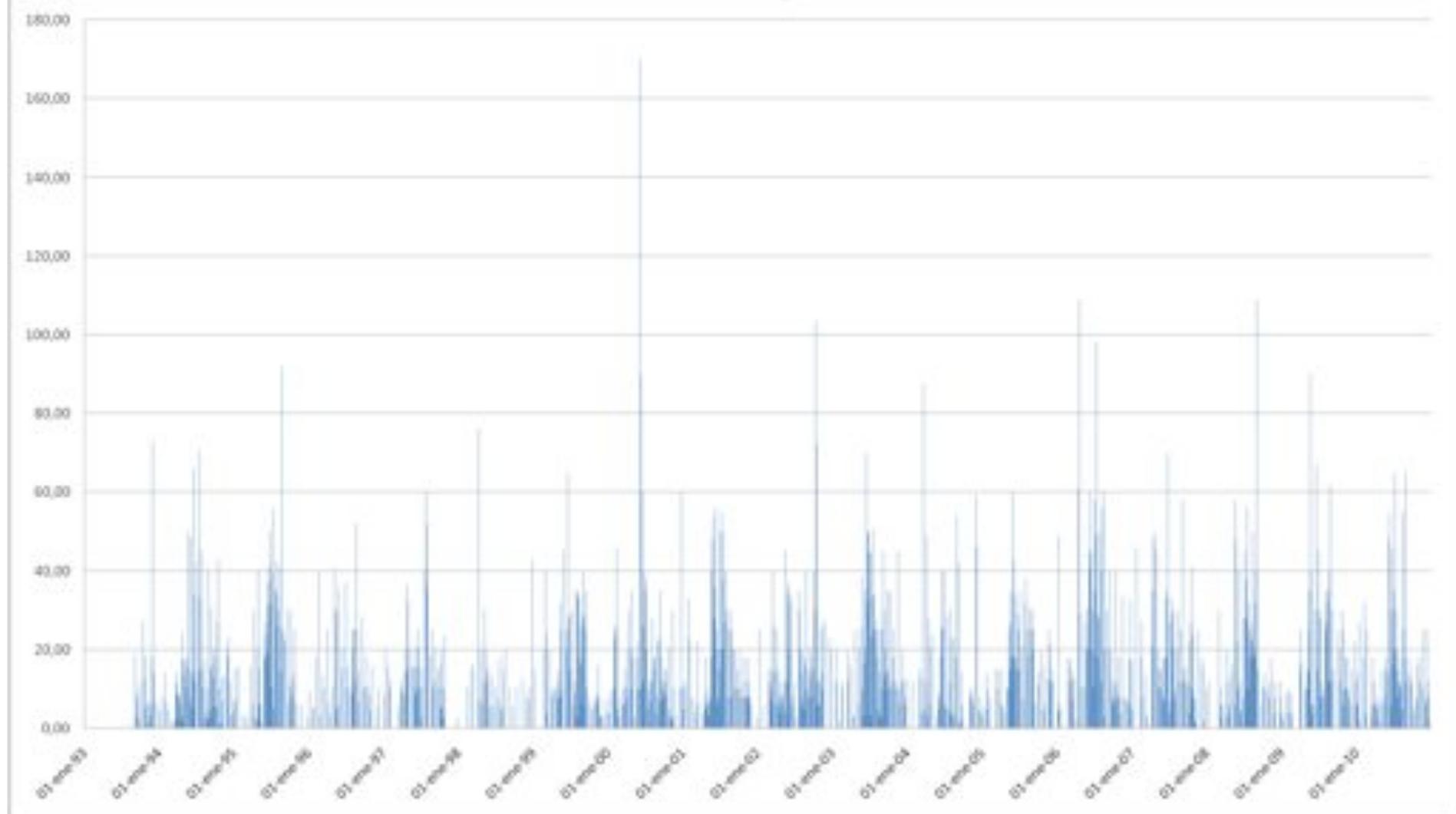
Lautaro - Precipitación



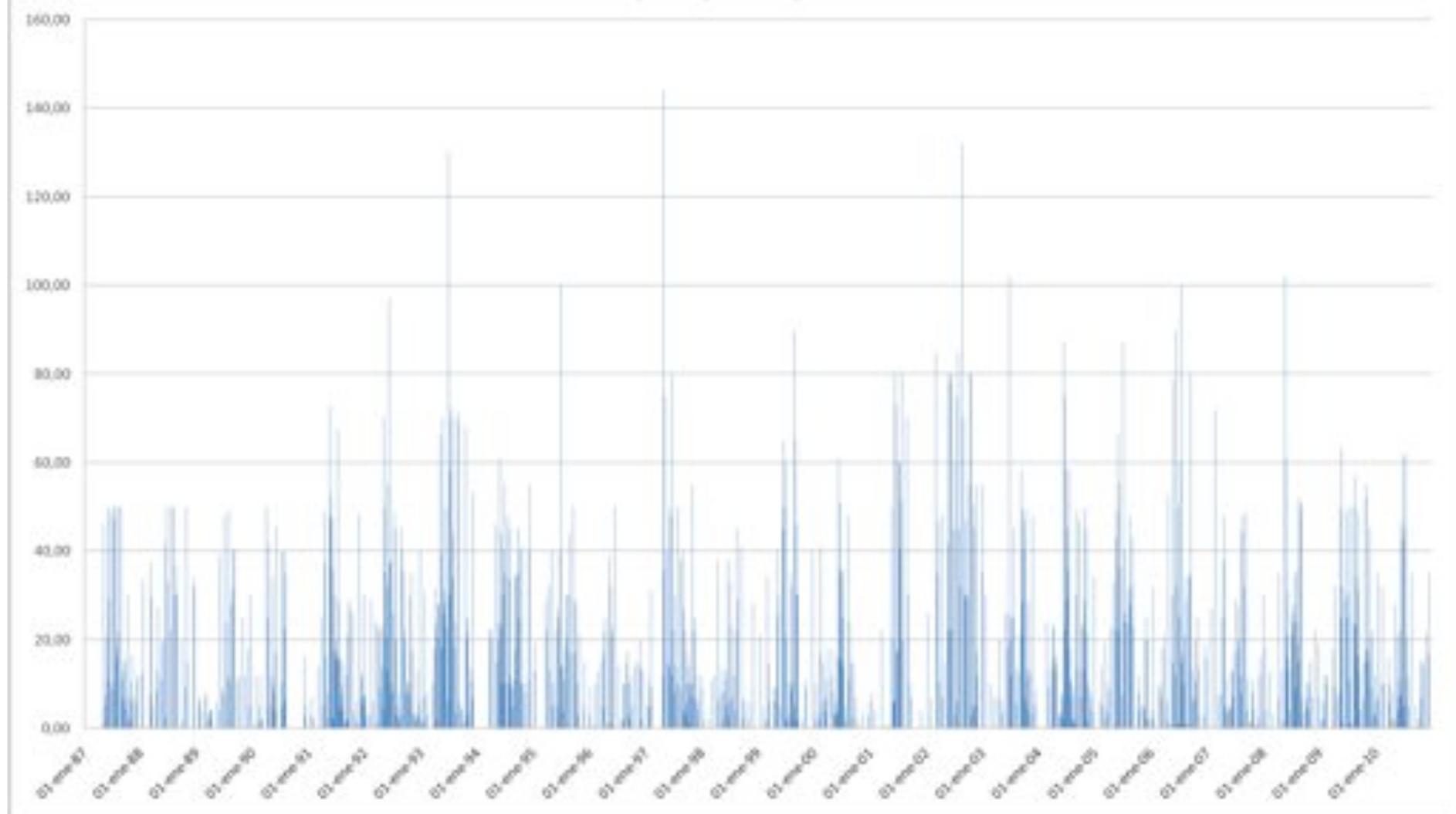
Llafenco - Precipitación



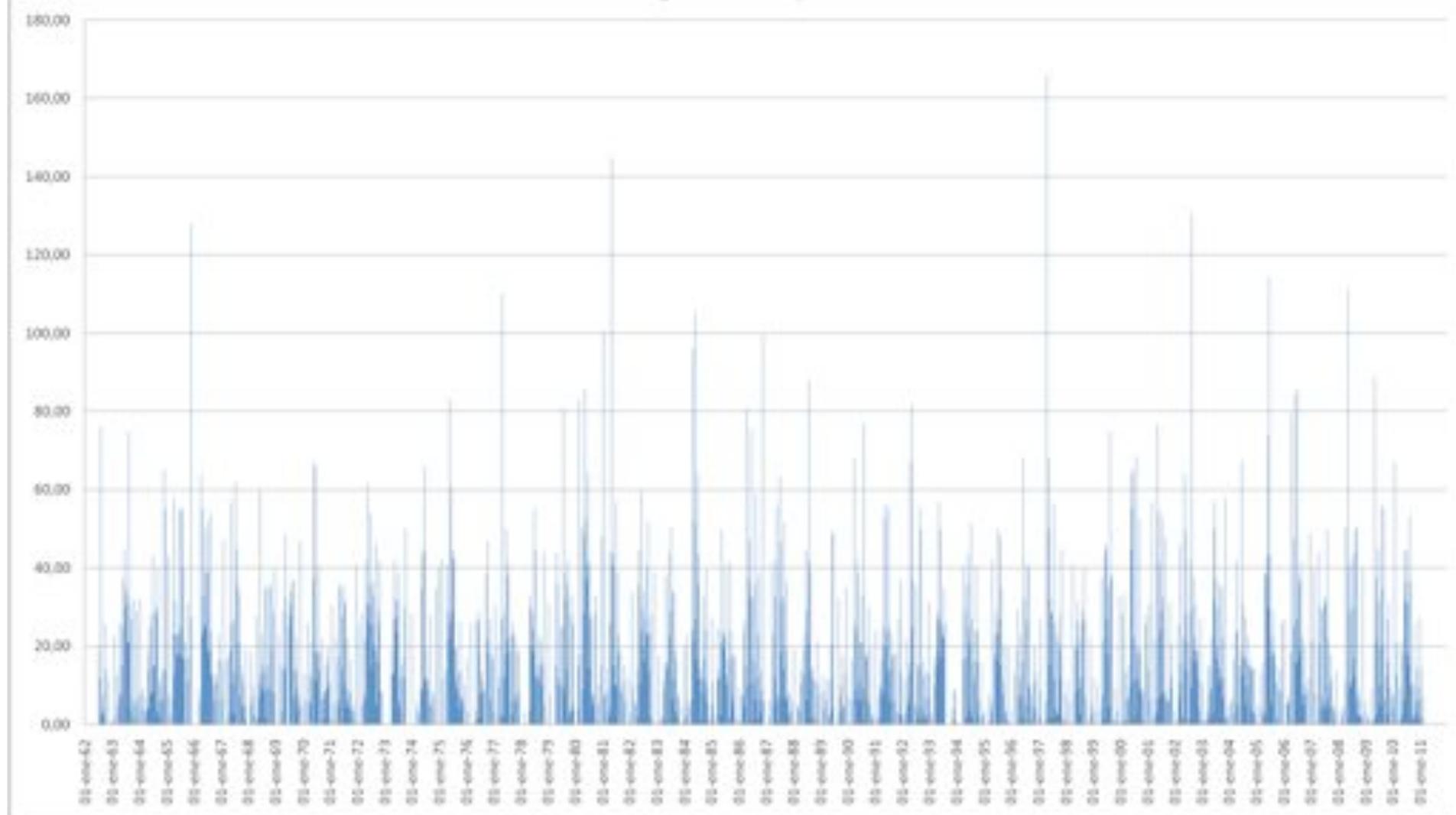
Loncoche - Precipitación



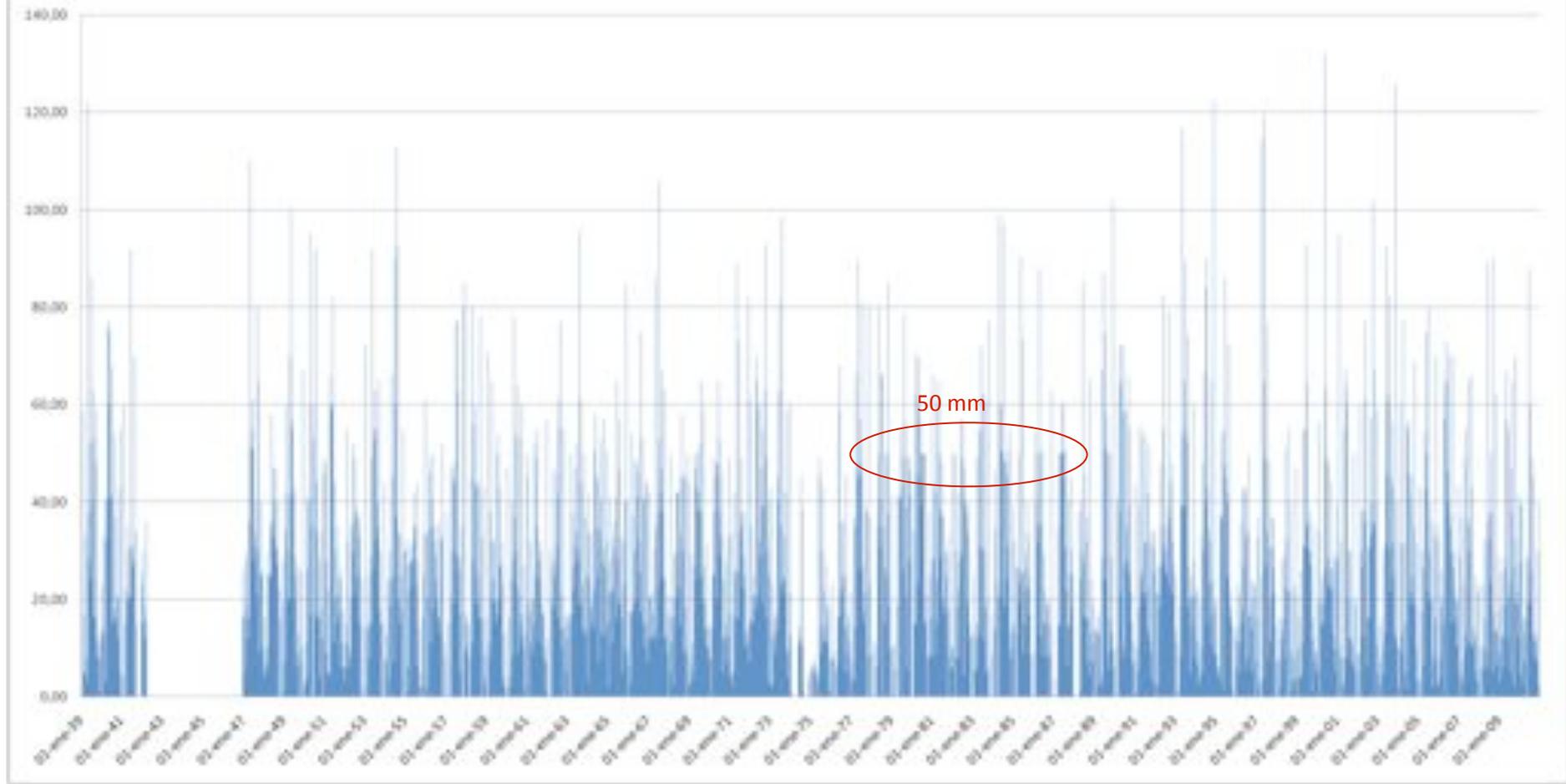
Lonquimay - Precipitación



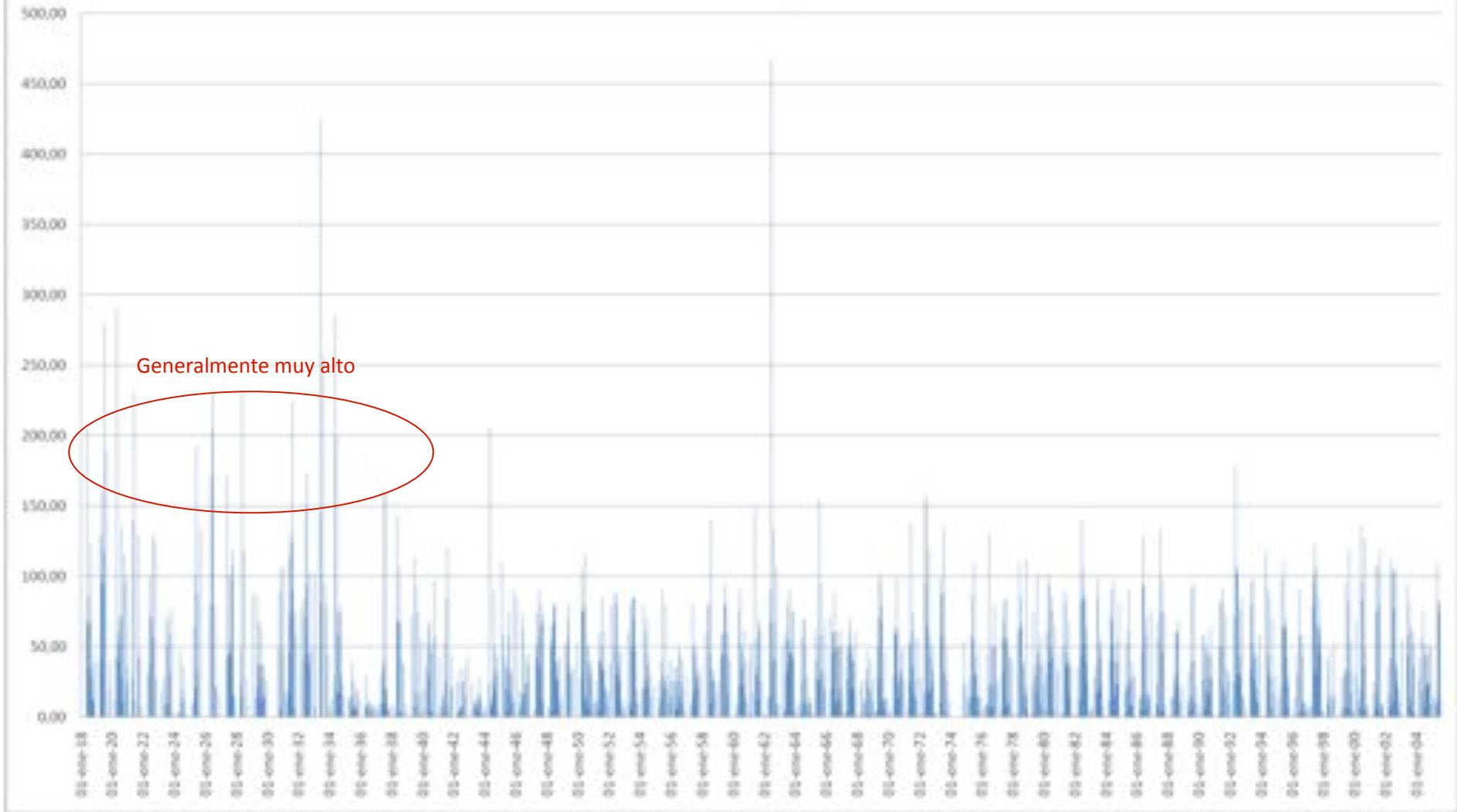
Los Angeles - Precipitación



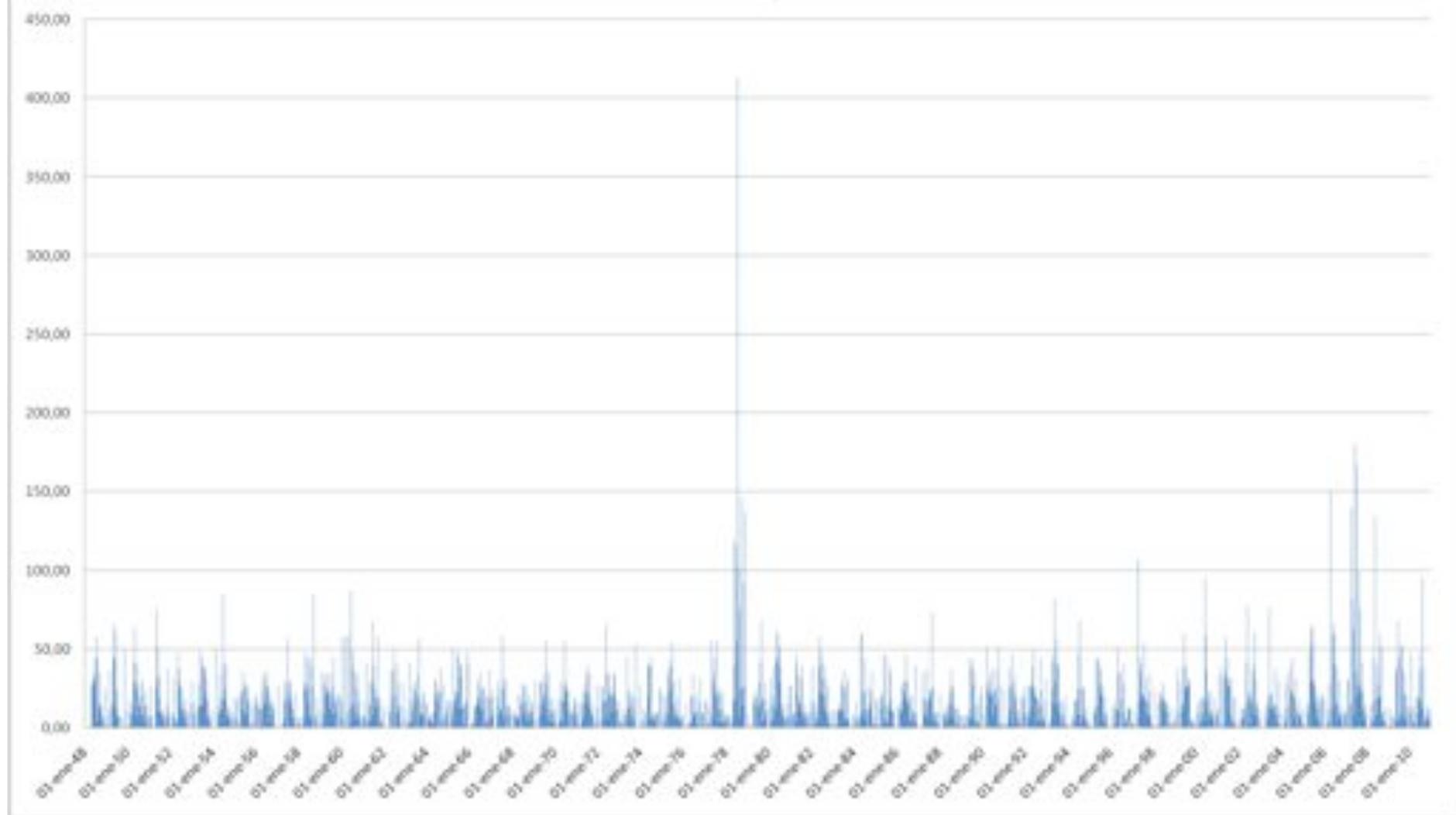
Los Laureles - Precipitación



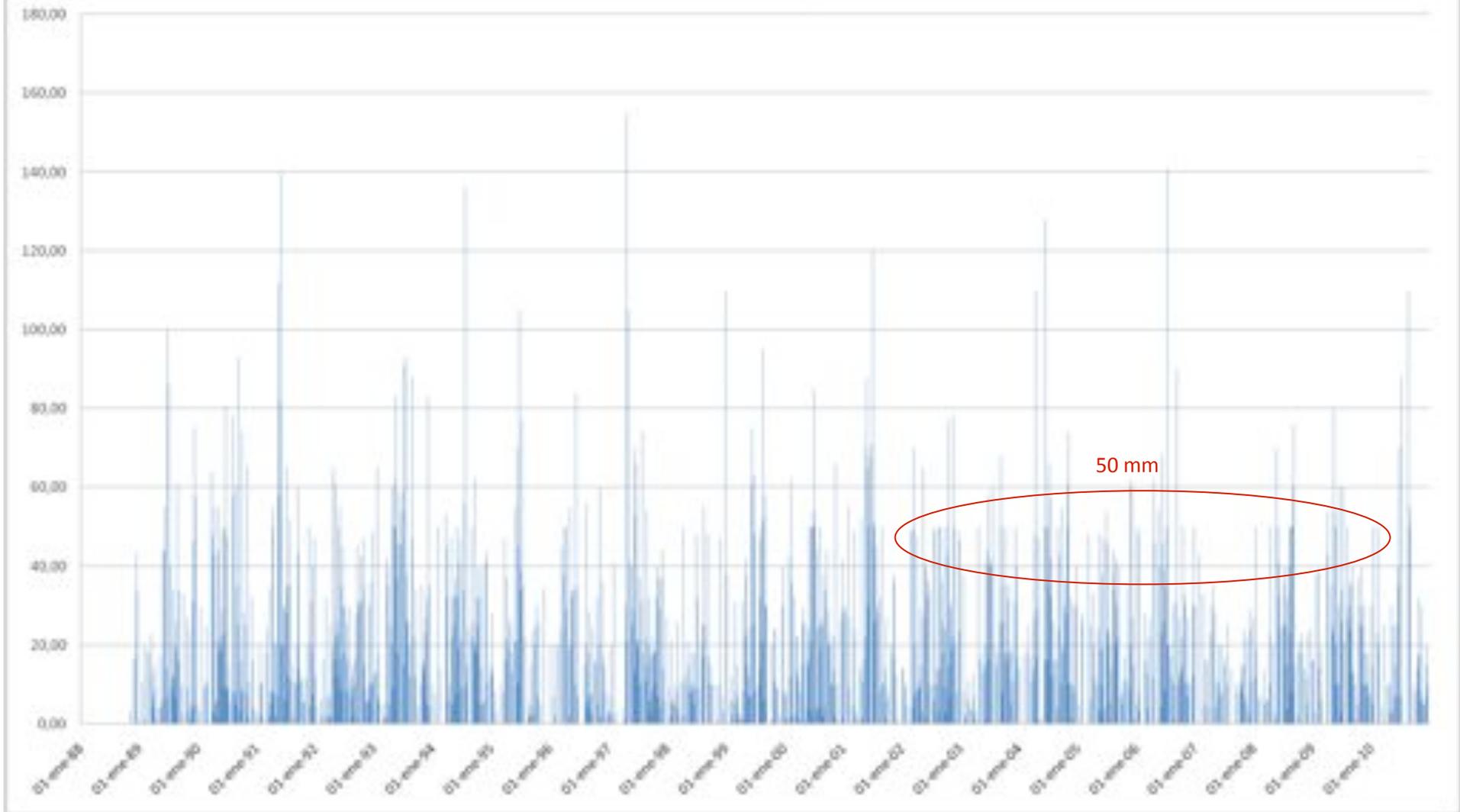
Los Queñes - Precipitación



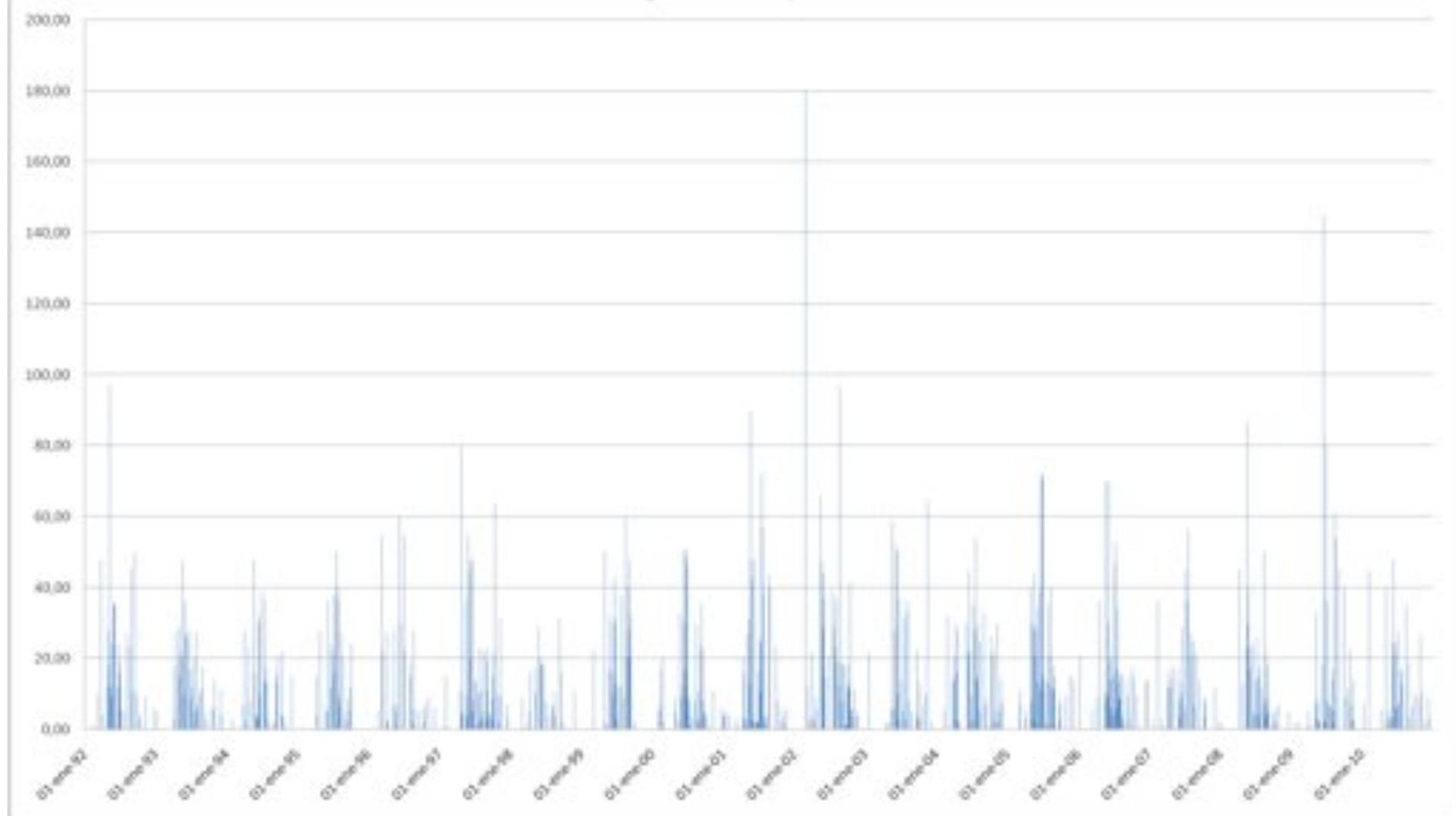
Lumaco - Precipitación



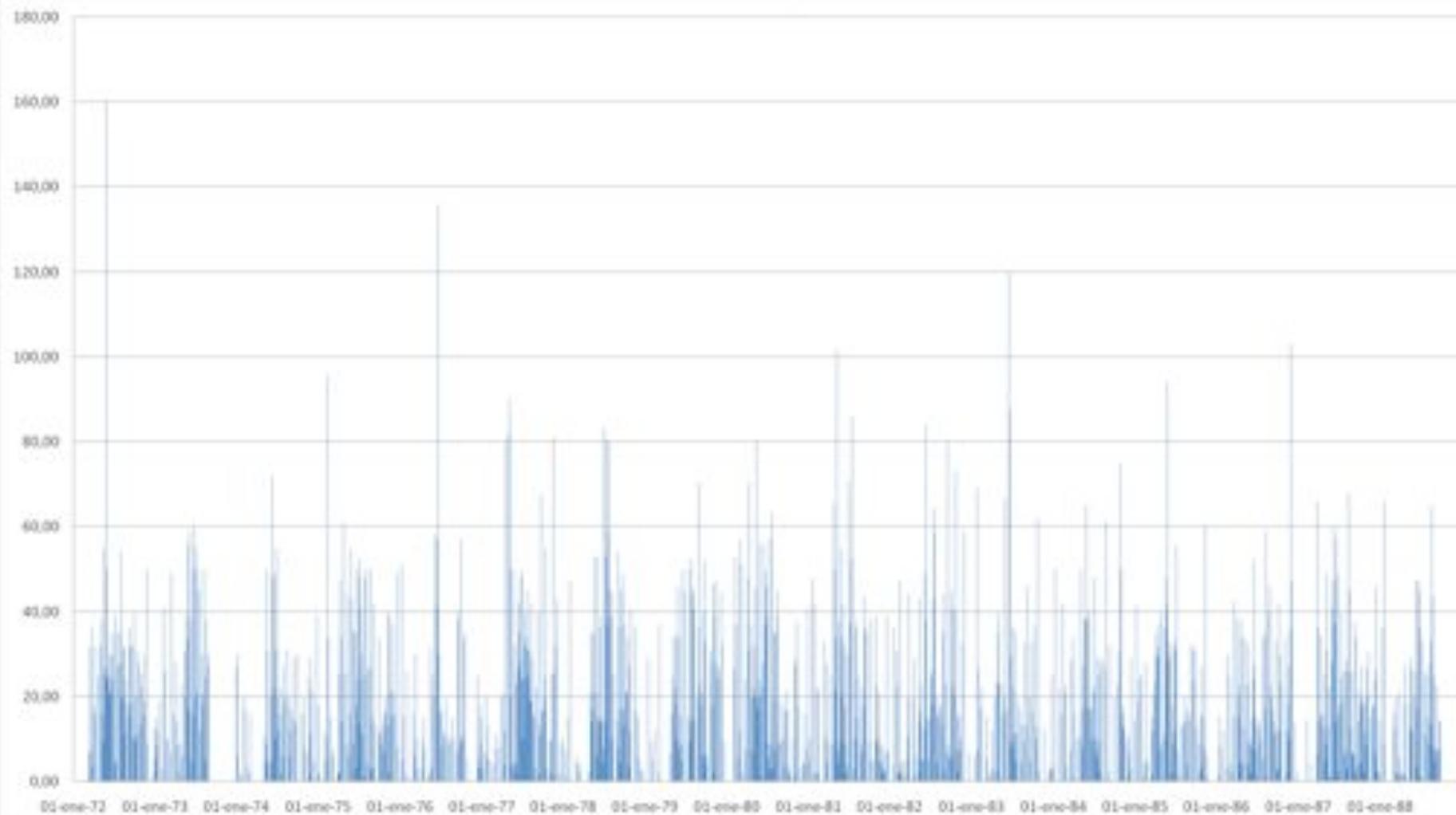
Malalcahuello - Precipitación



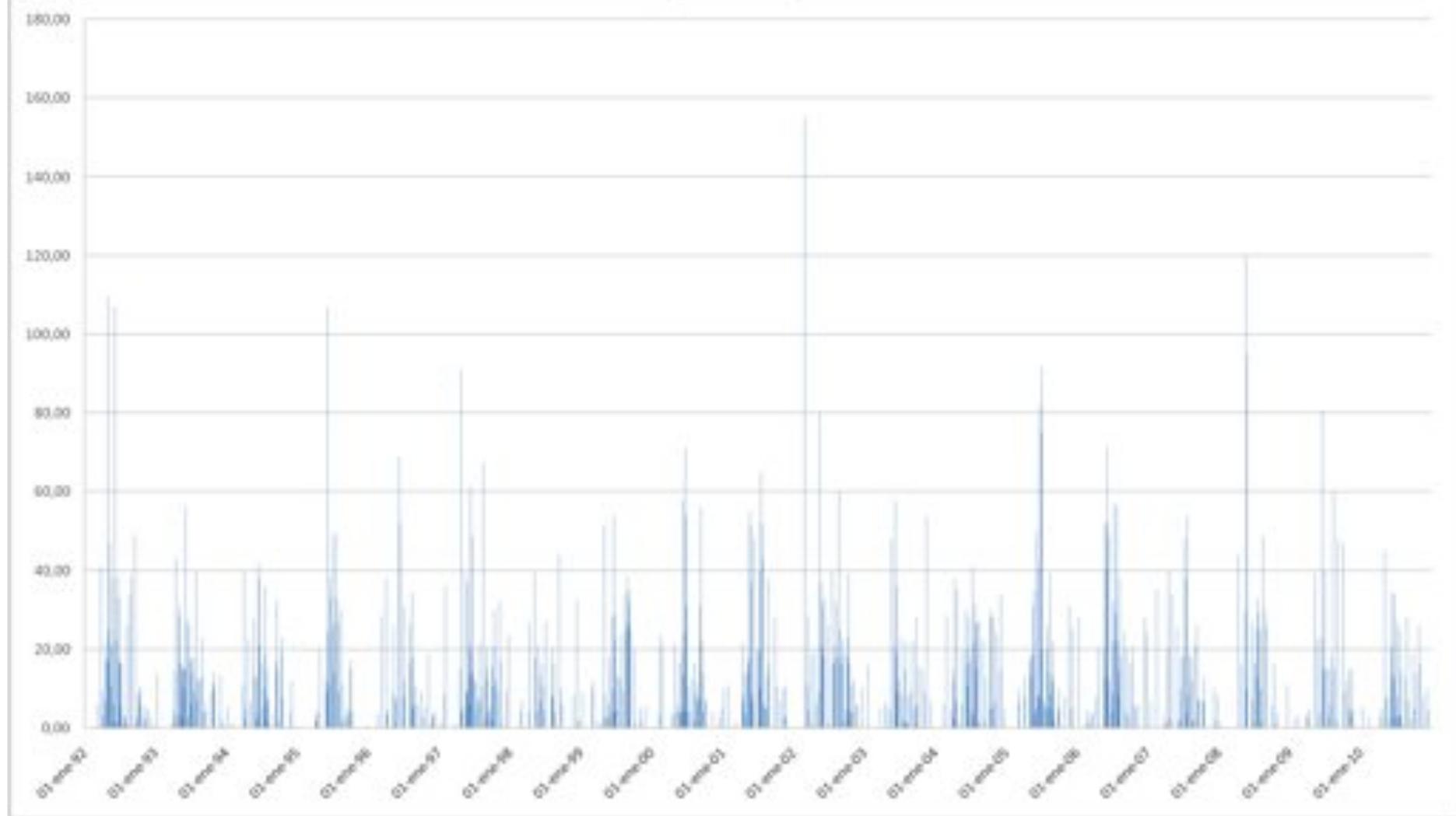
Mangarral - Precipitación



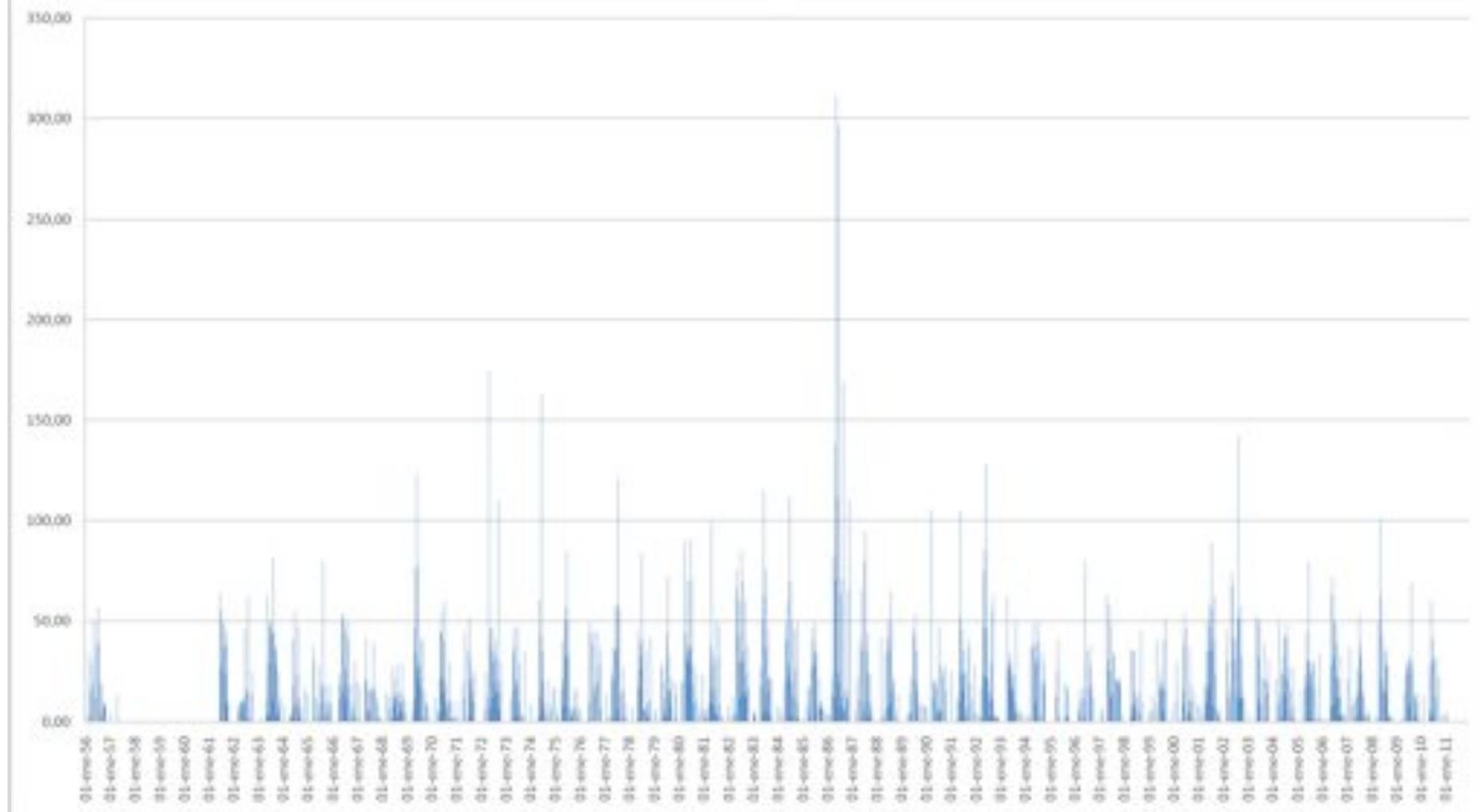
Manzanar - Precipitación



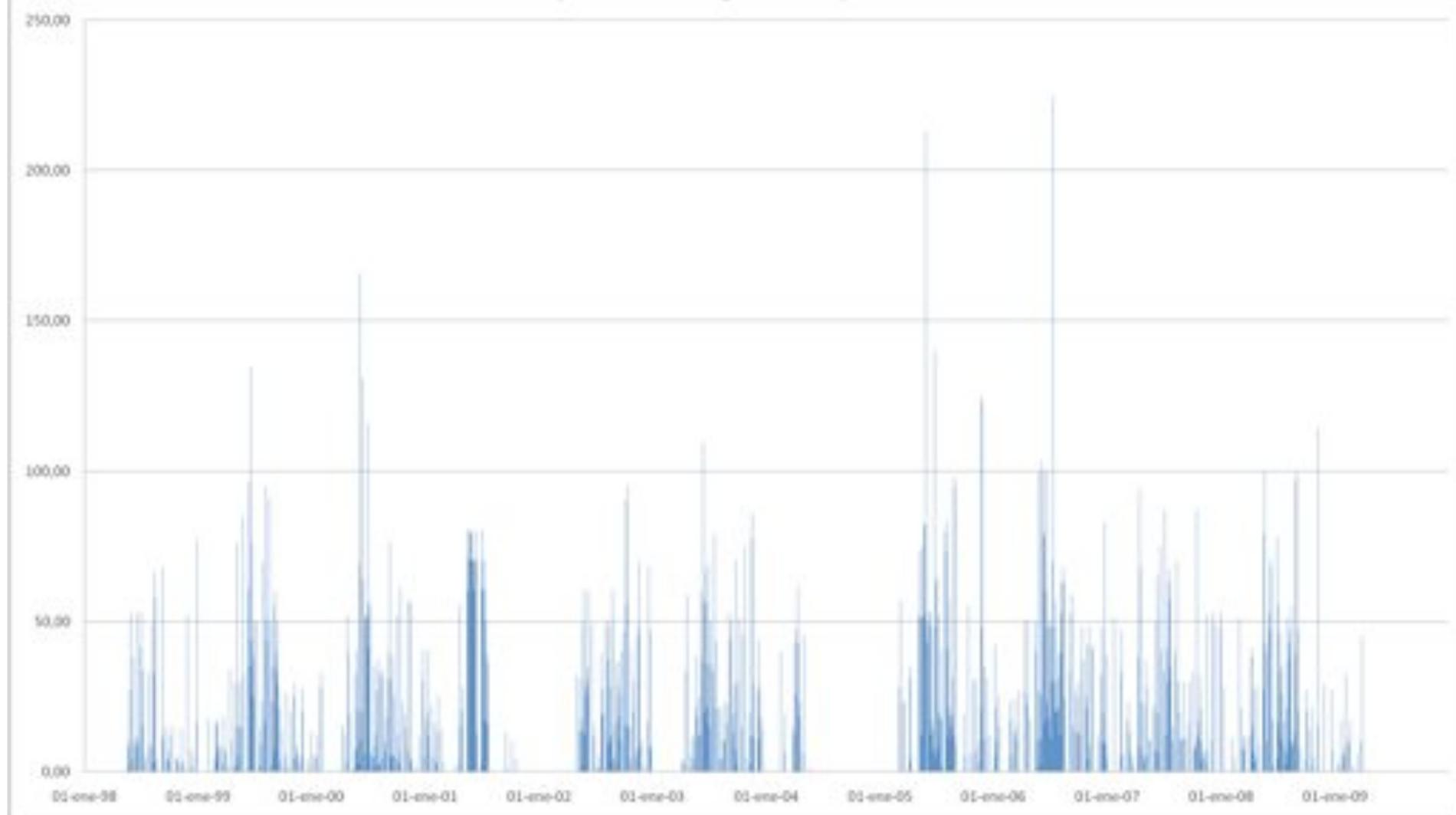
Millauquén - Precipitación



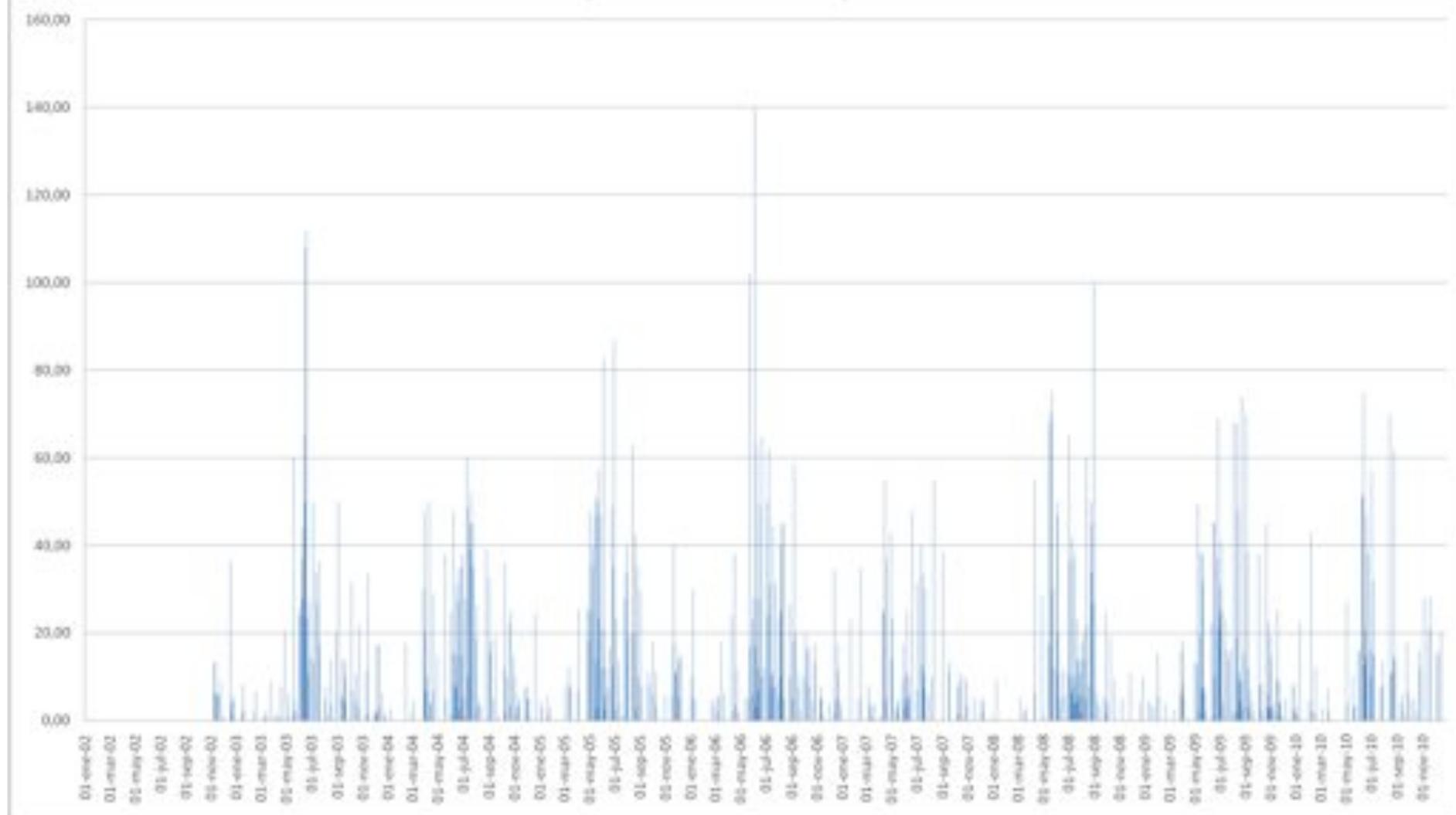
Nirivilo - Precipitación



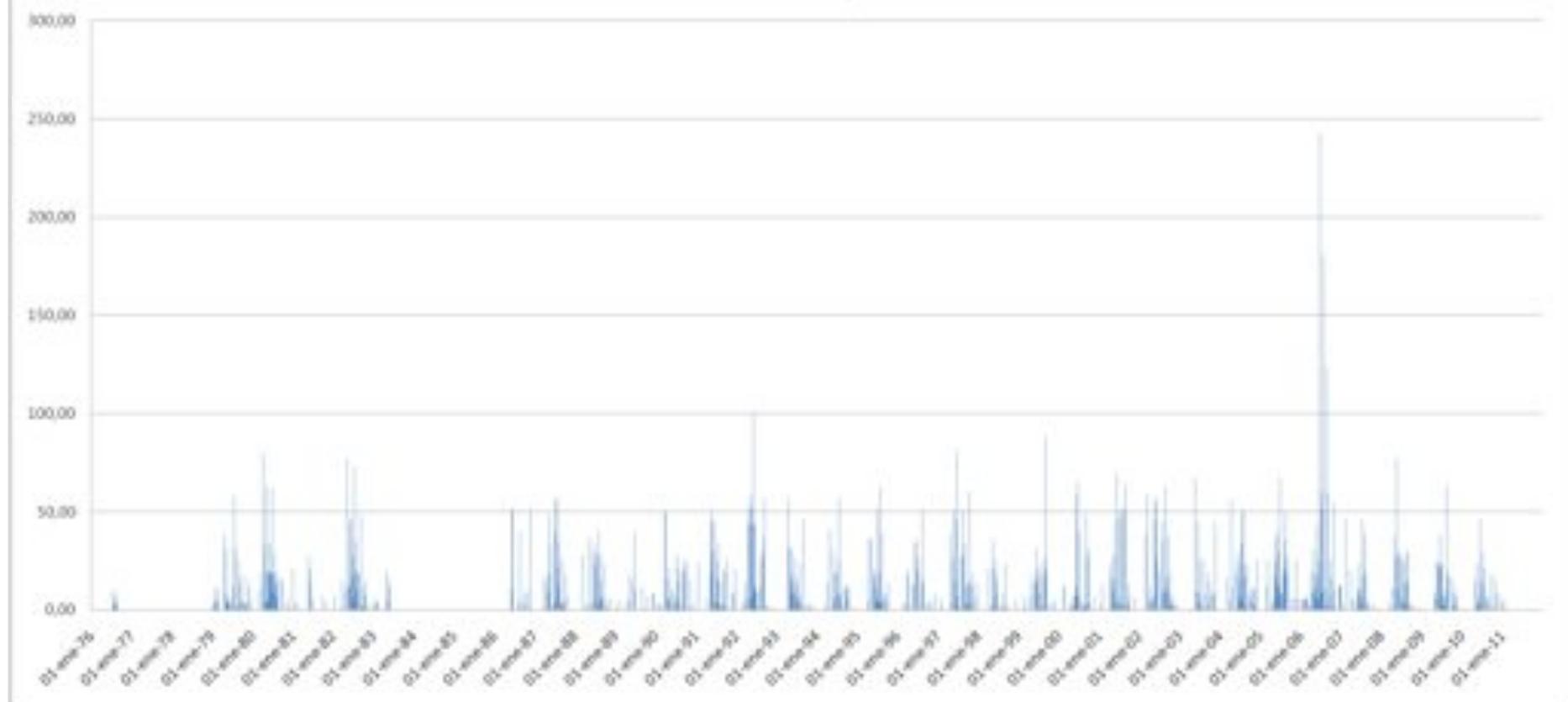
Ojos del Carburgua - Precipitación



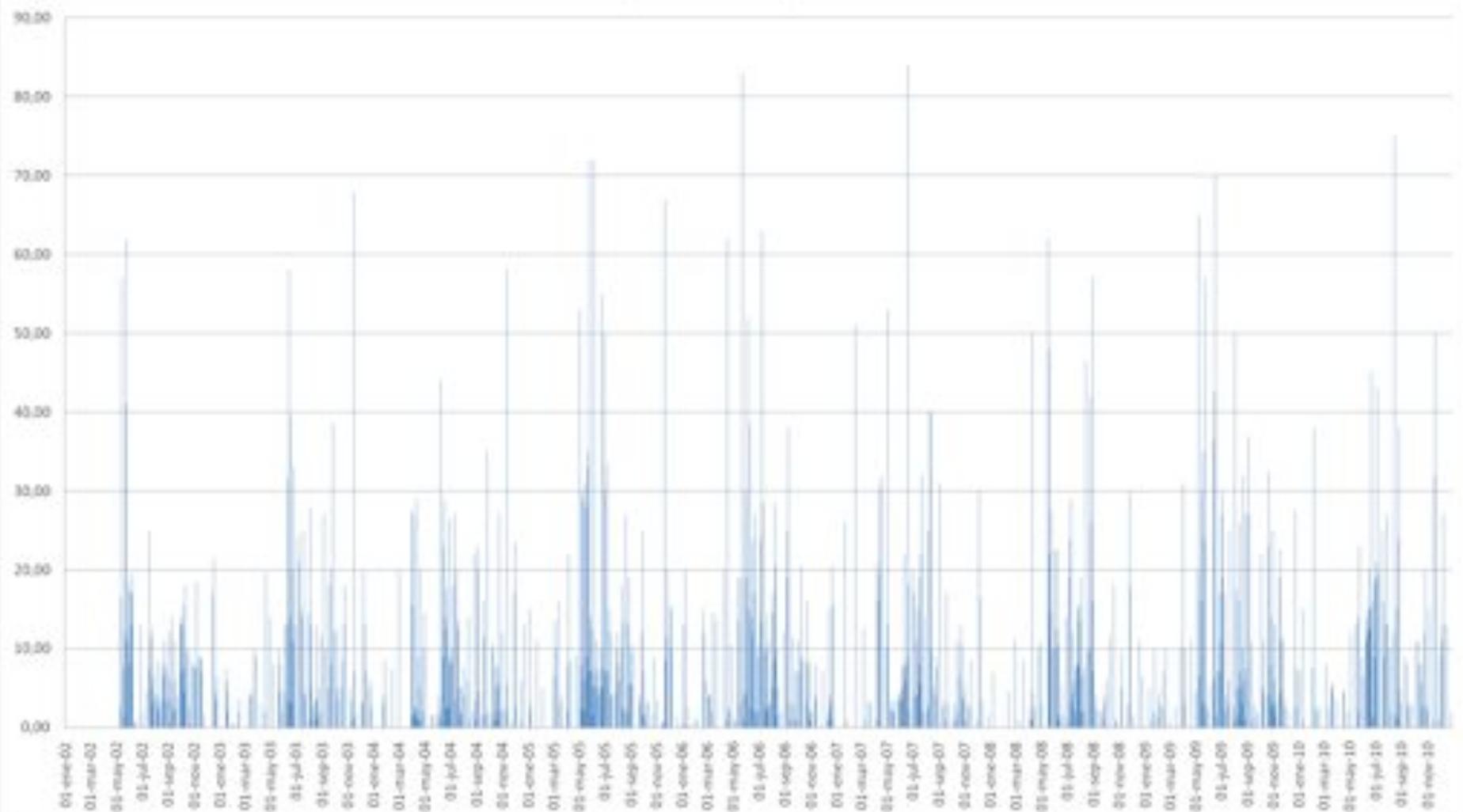
Parque Nahuelbuta - Precipitación



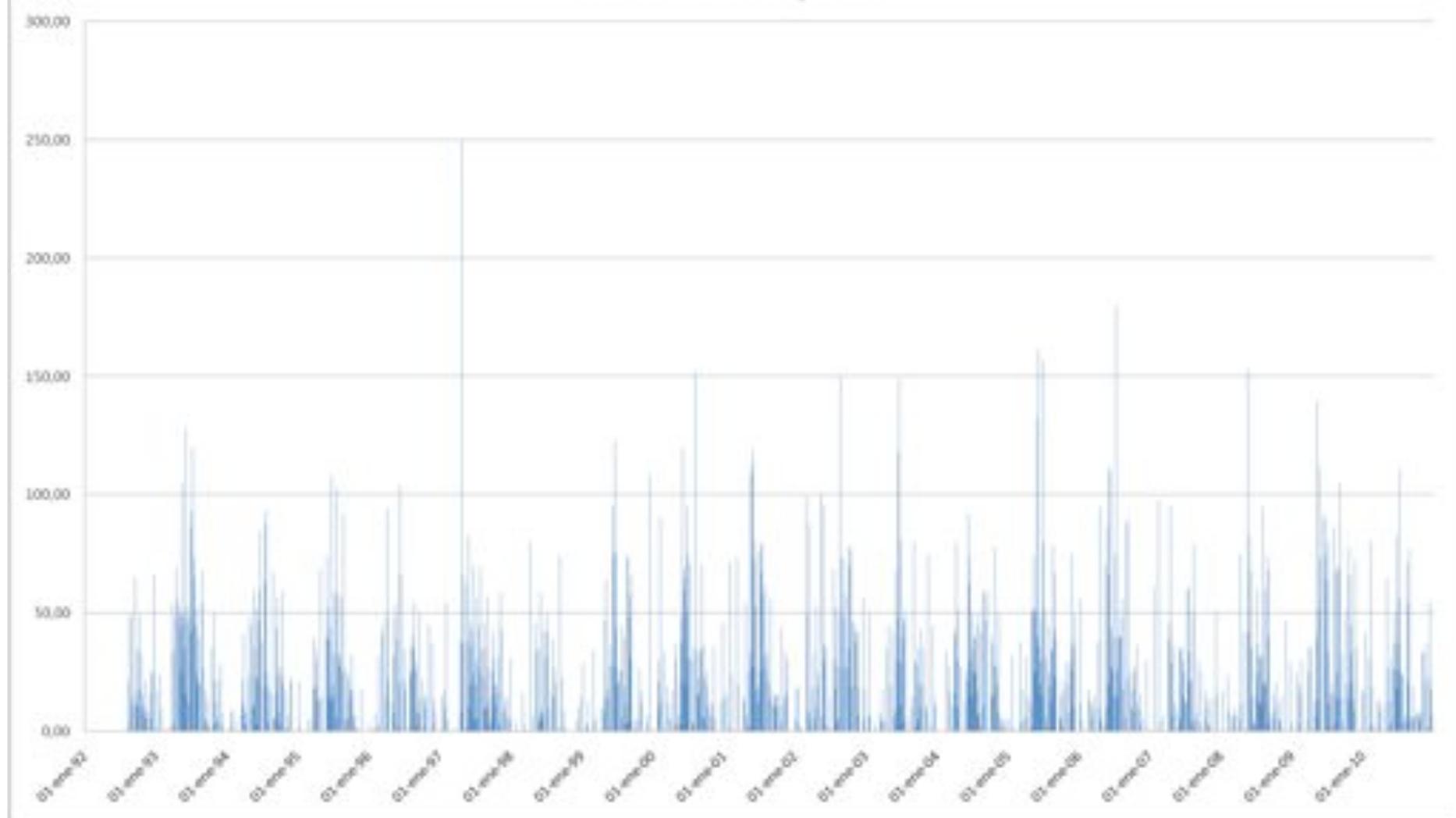
Pencahue - Precipitación



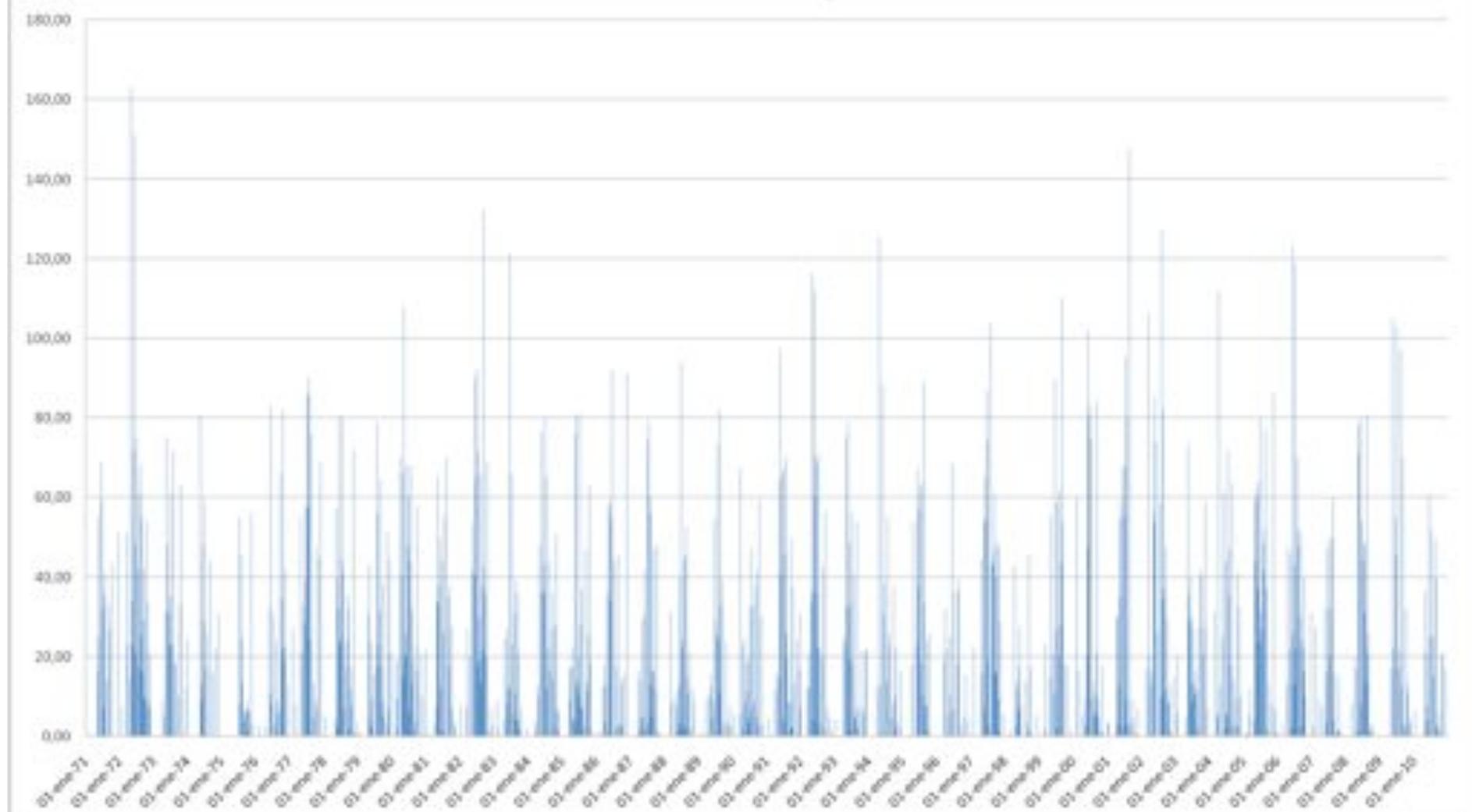
Perquenco - Precipitación



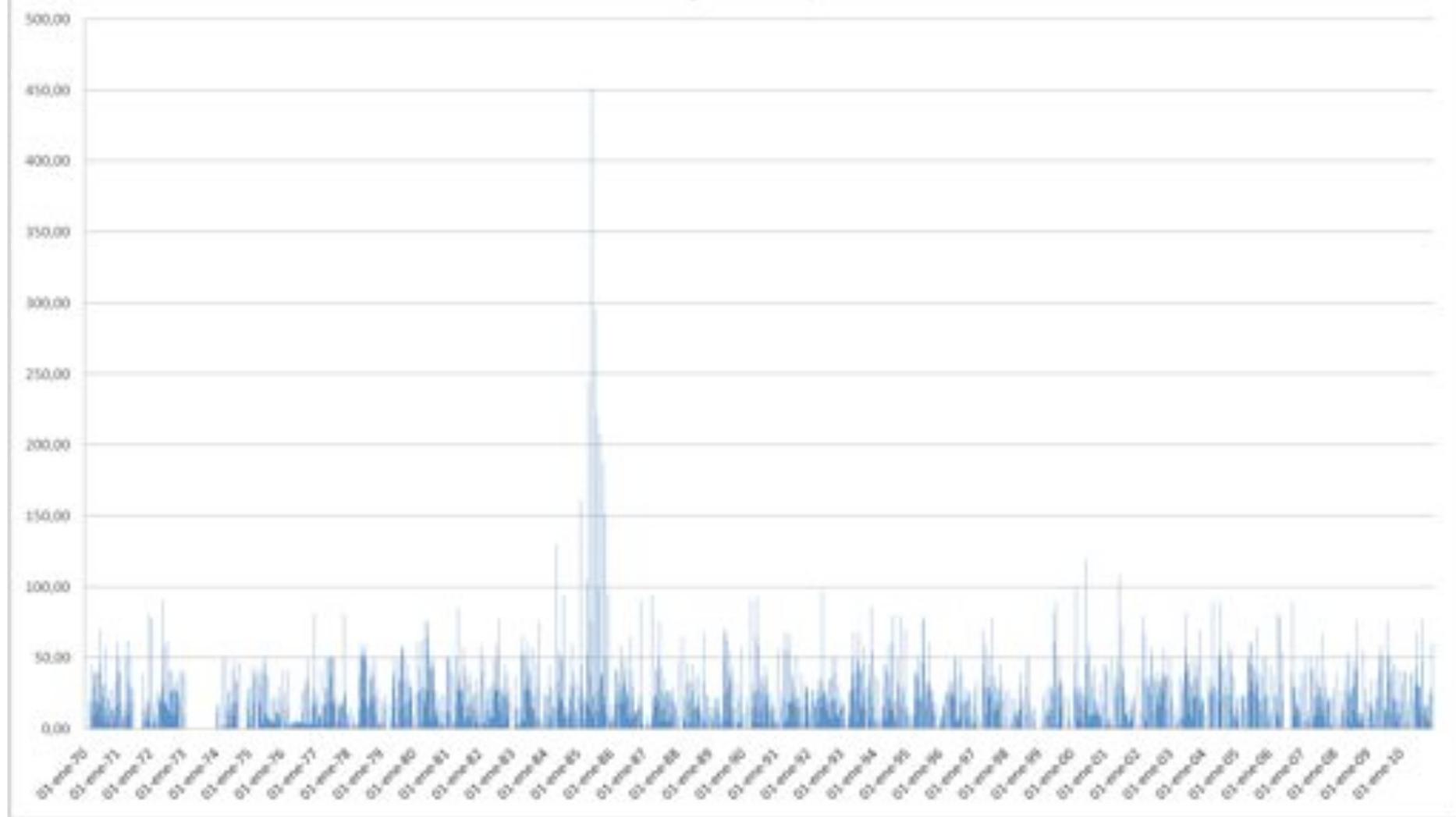
Poco a Poco - Precipitación



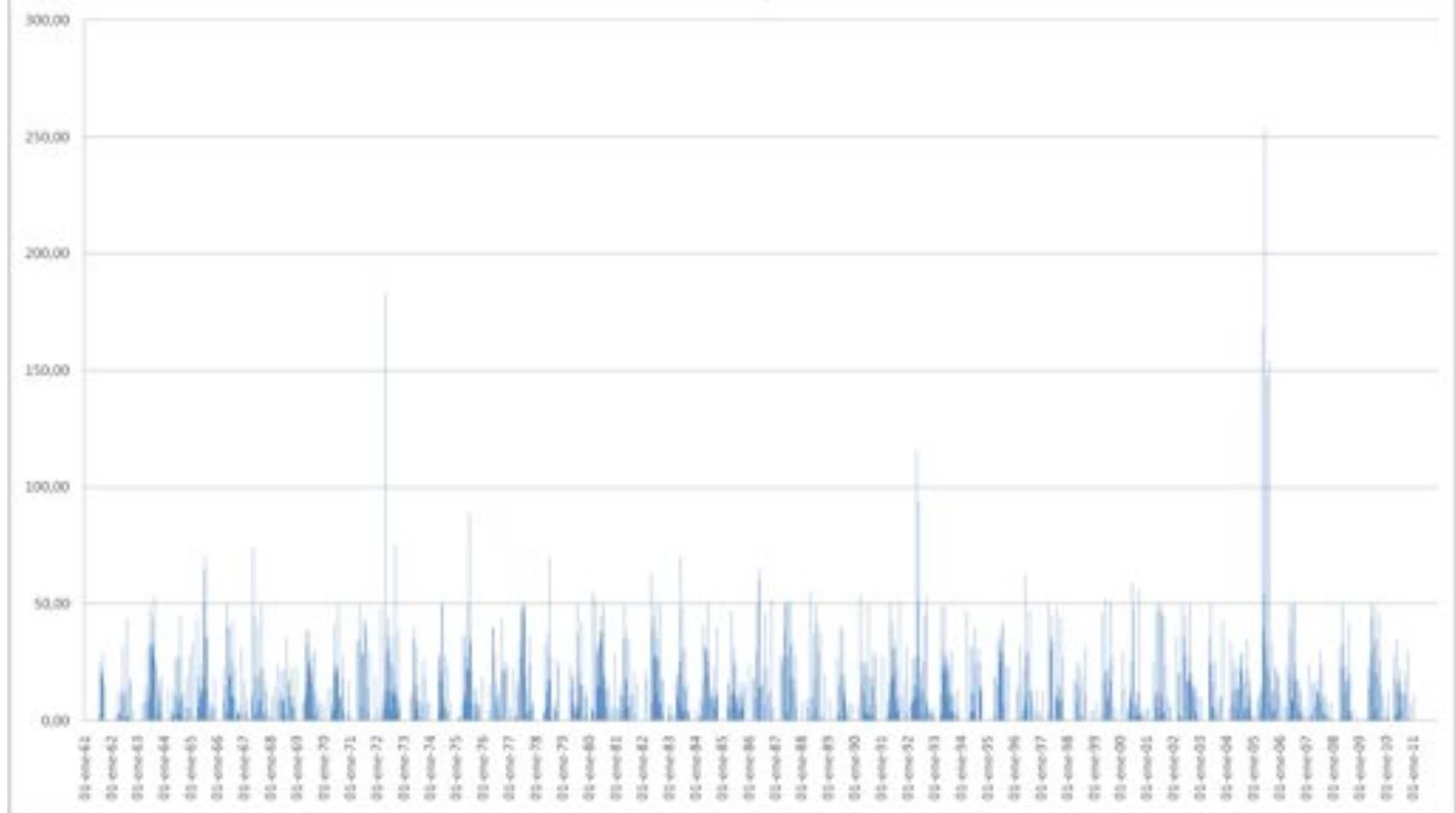
Potrero Grande - Precipitación



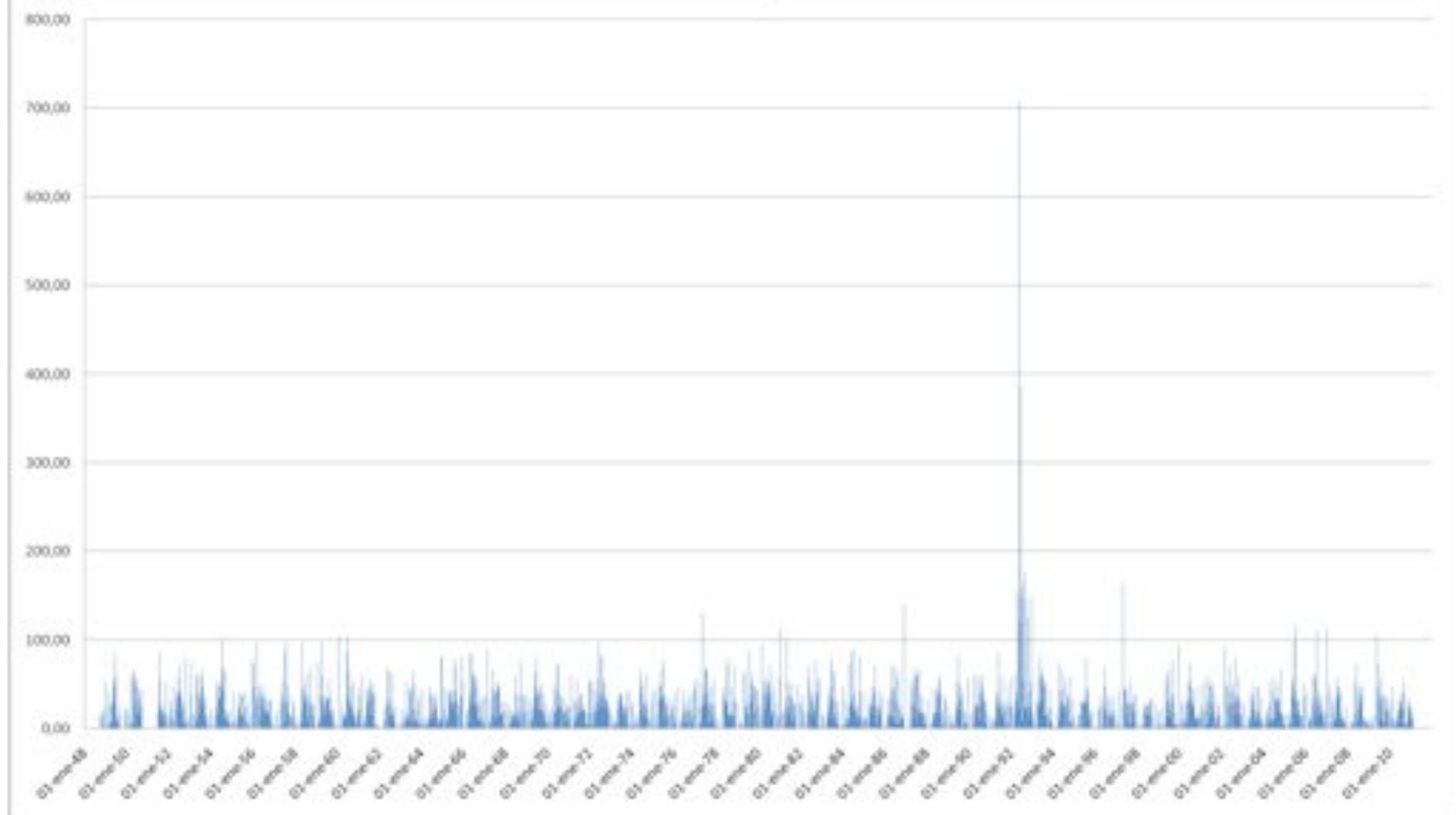
Quecheregua - Precipitación



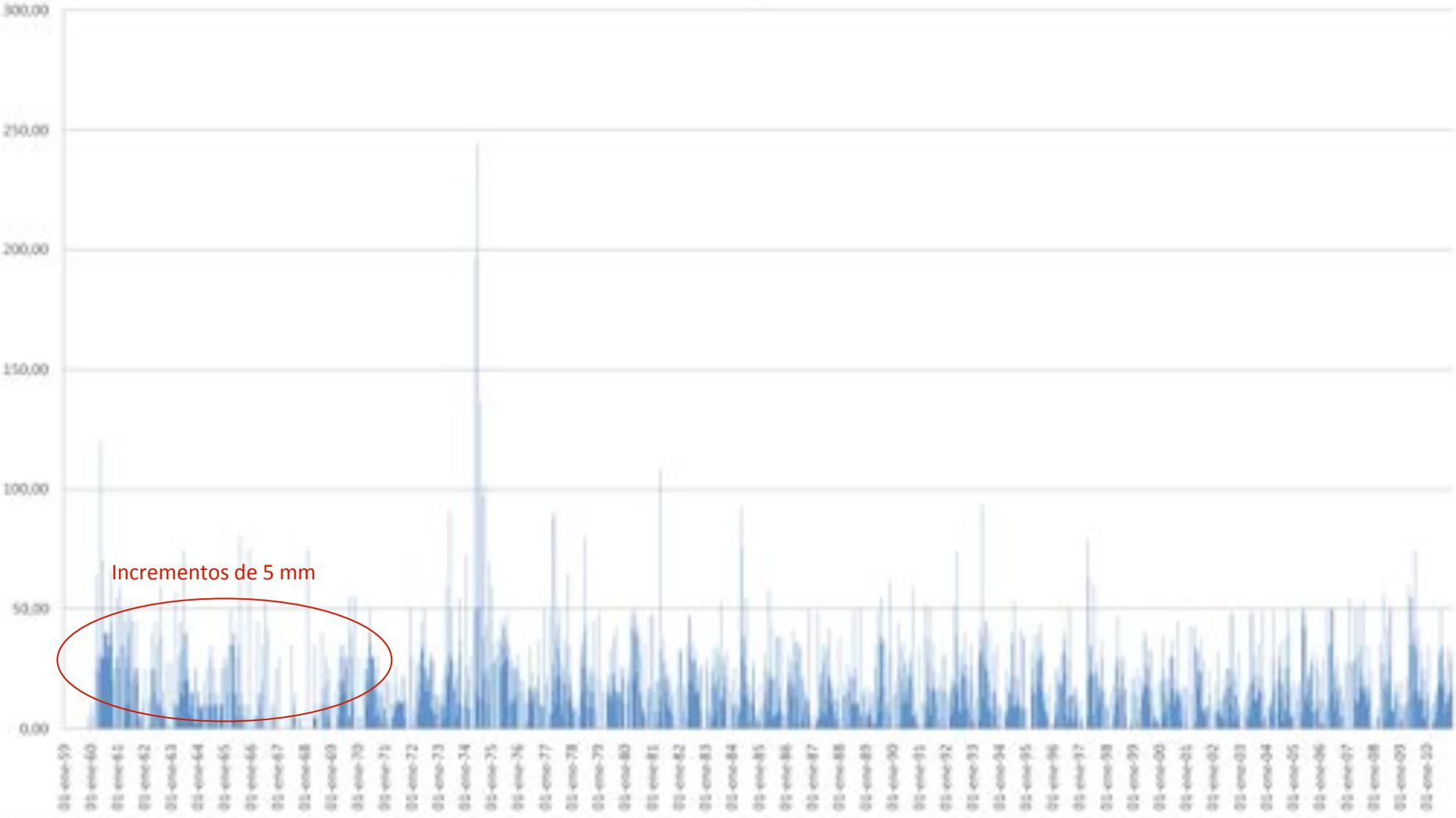
Quella - Precipitación



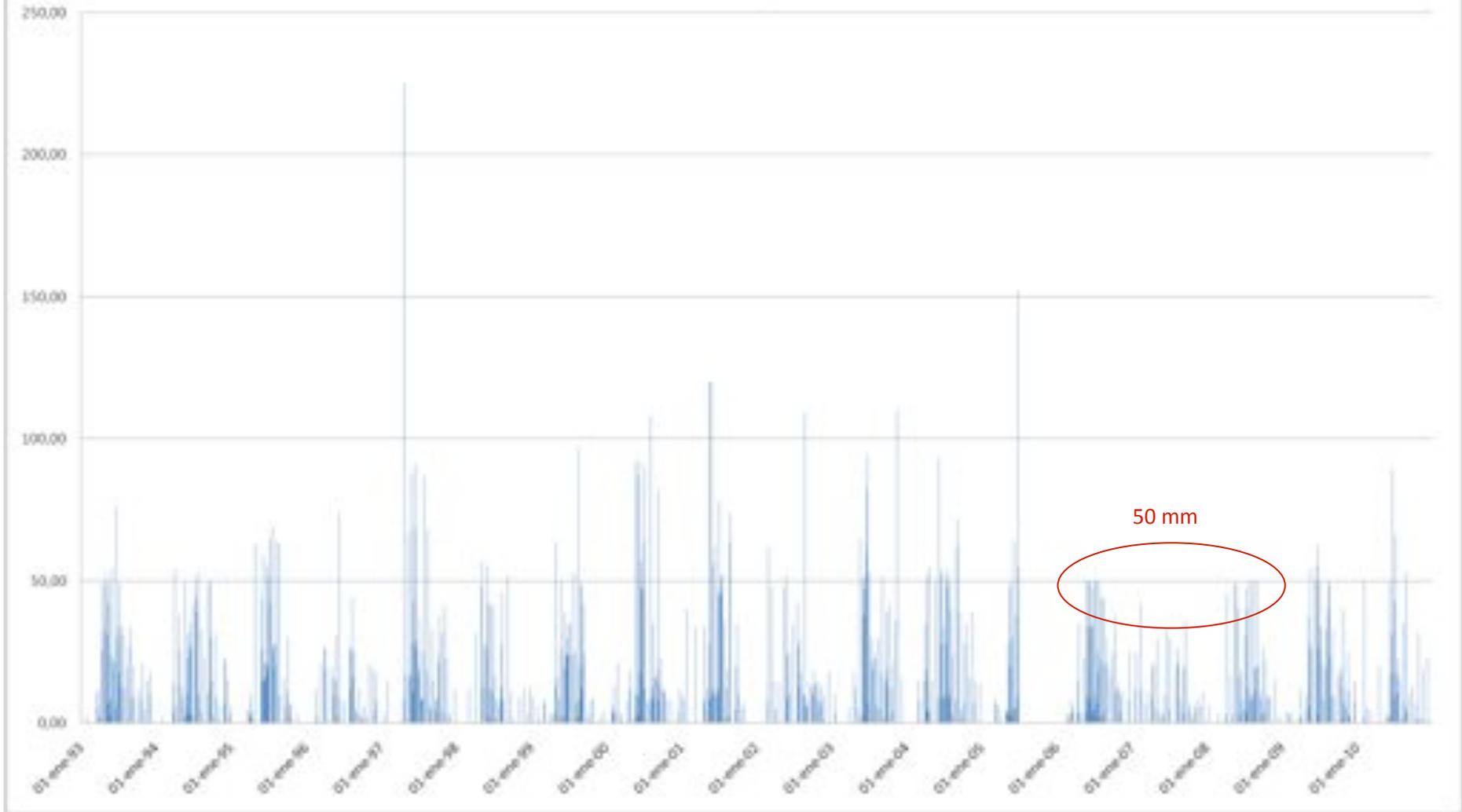
Quilaco - Precipitación



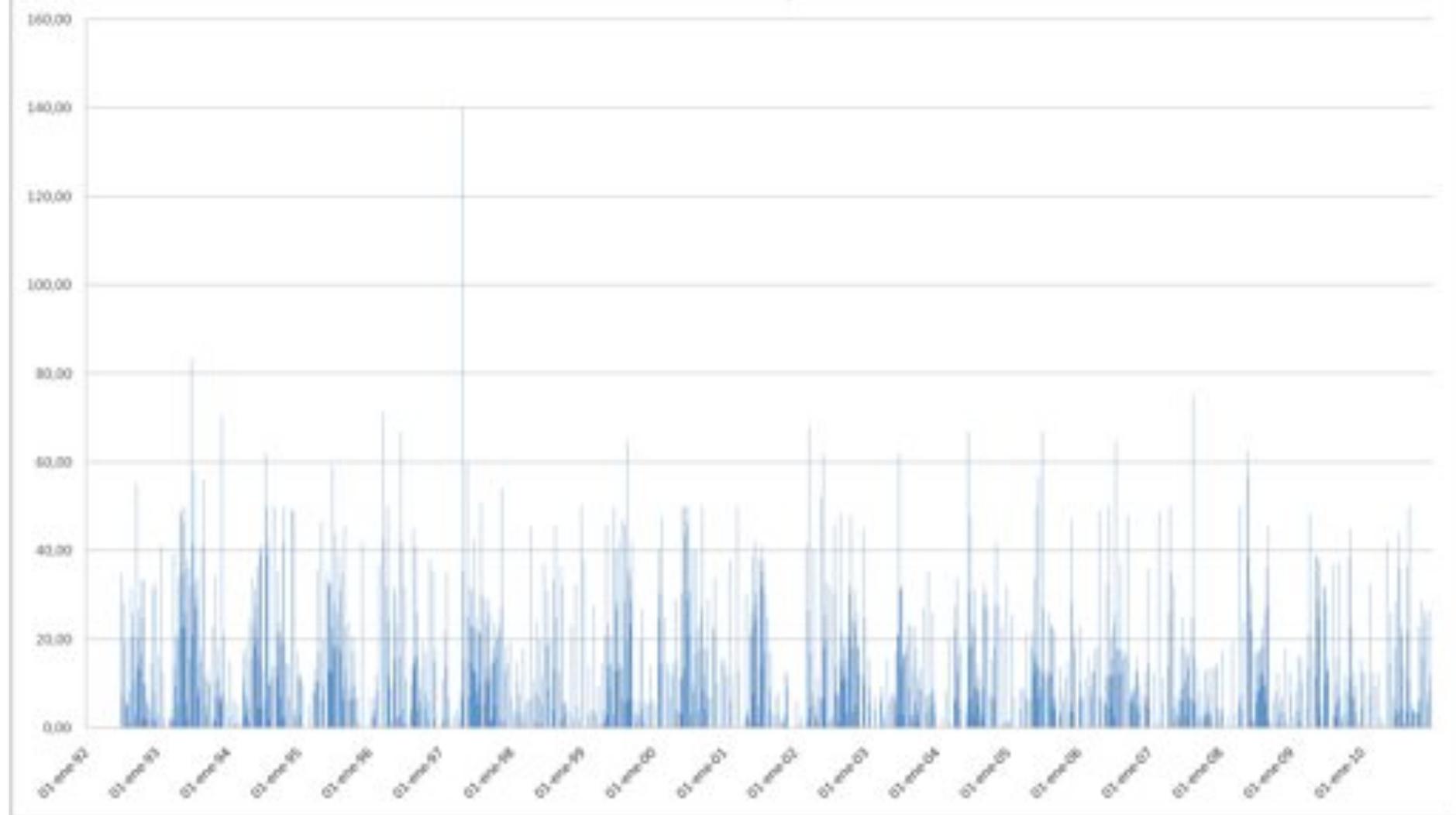
Quillén - Precipitación



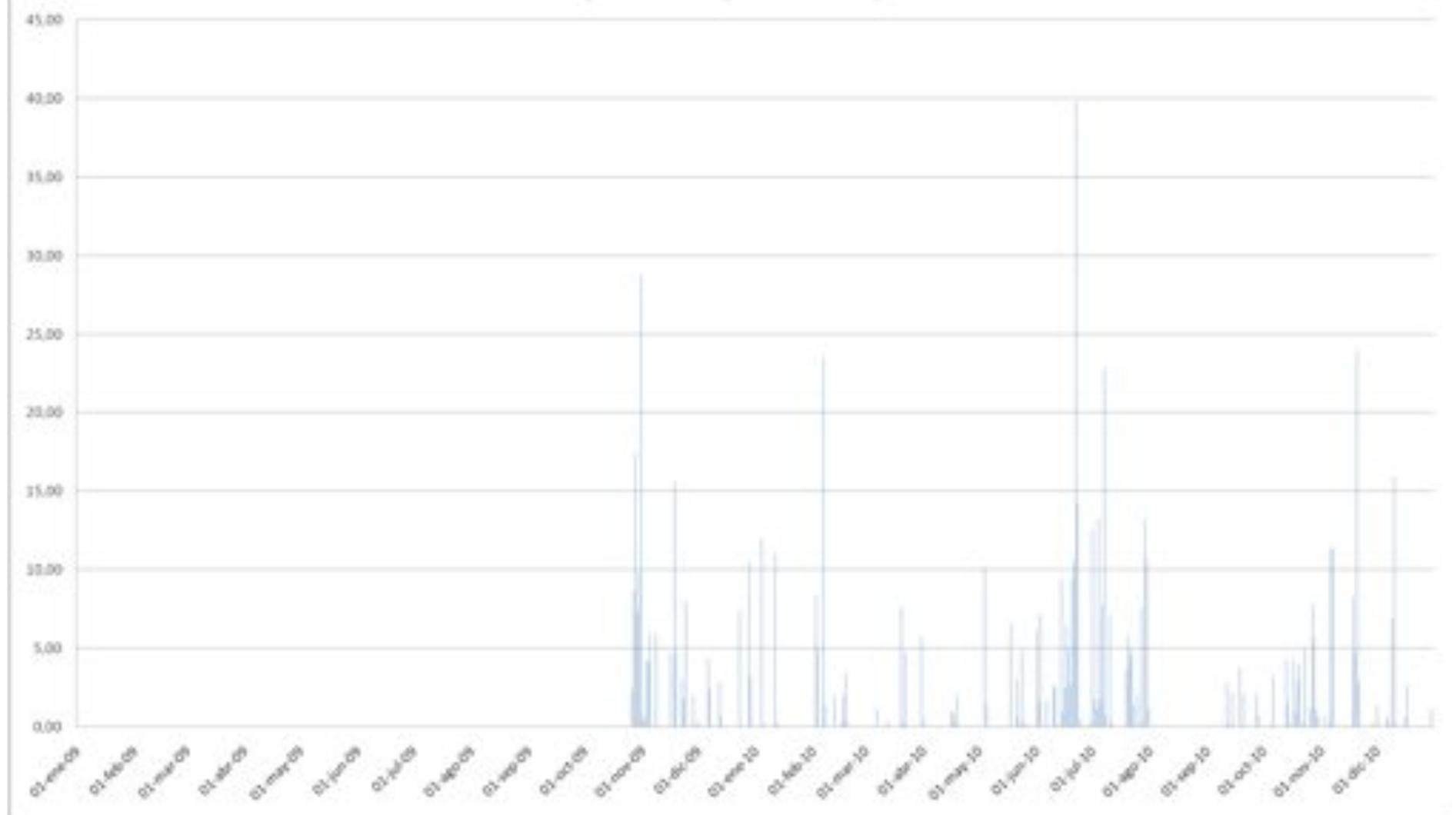
Rafael - Precipitación



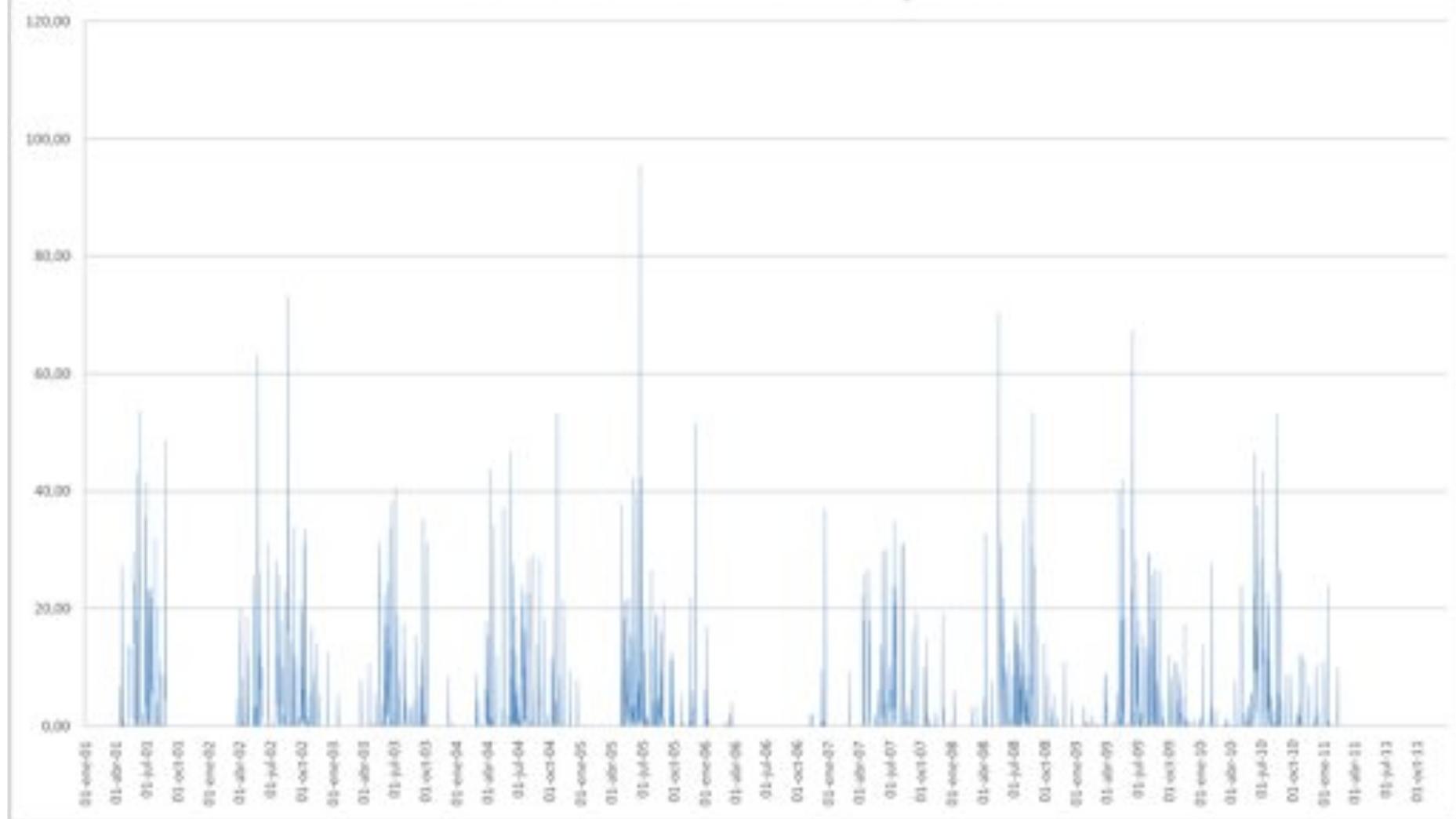
Rari-Ruca - Precipitación



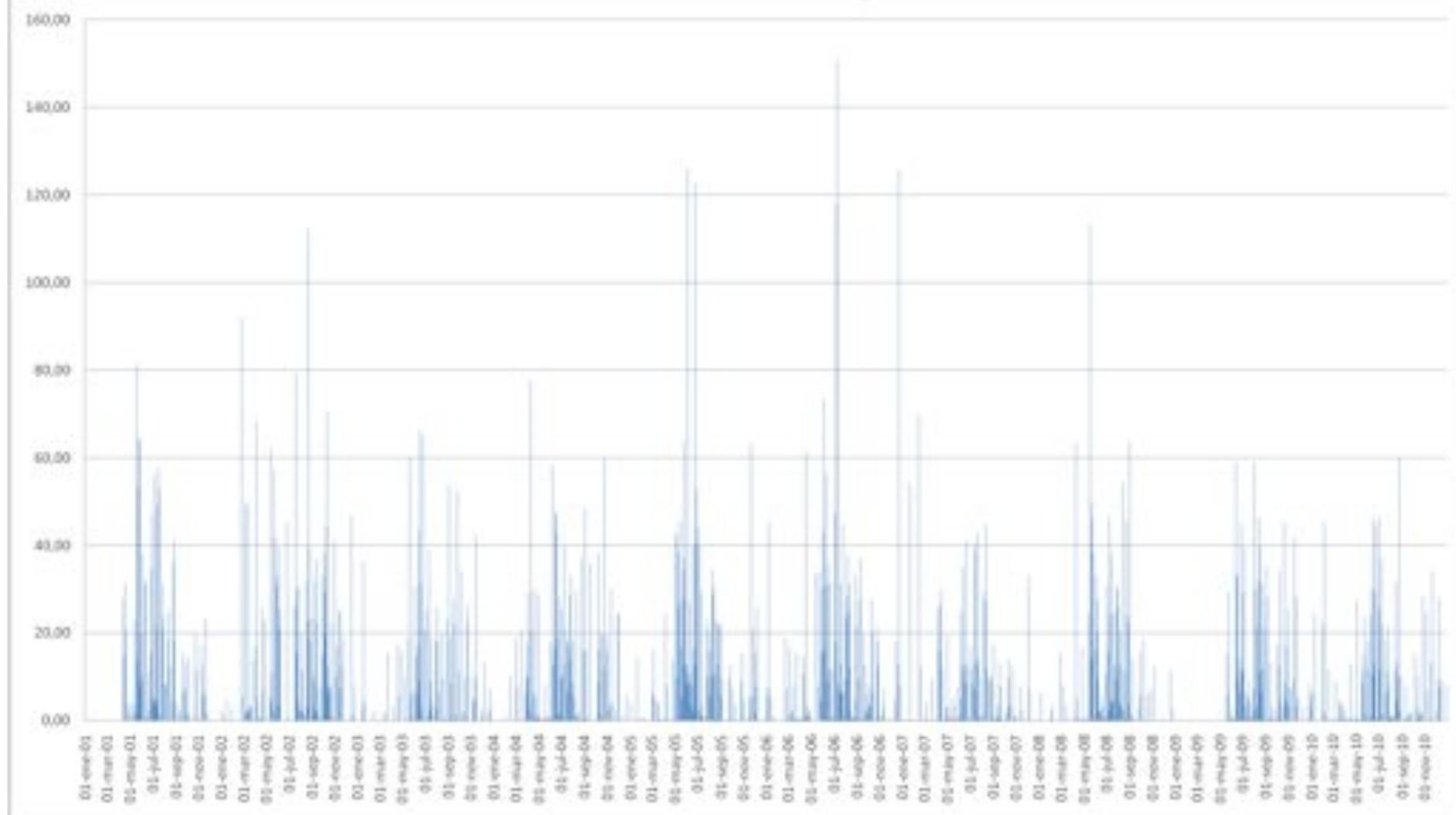
Río Allipén en Melipeuco - Precipitación



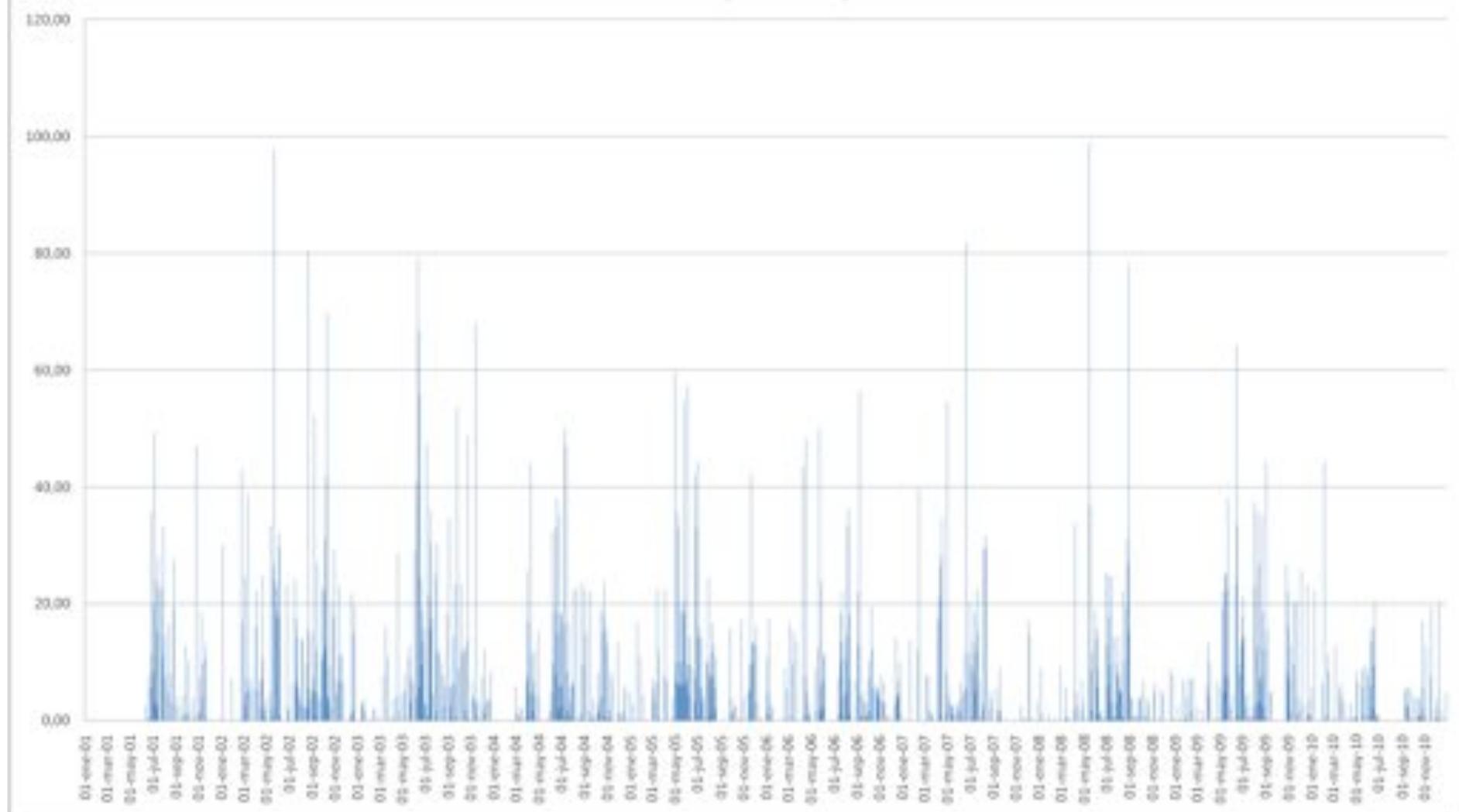
Río BioBio en Desembocadura - Precipitación



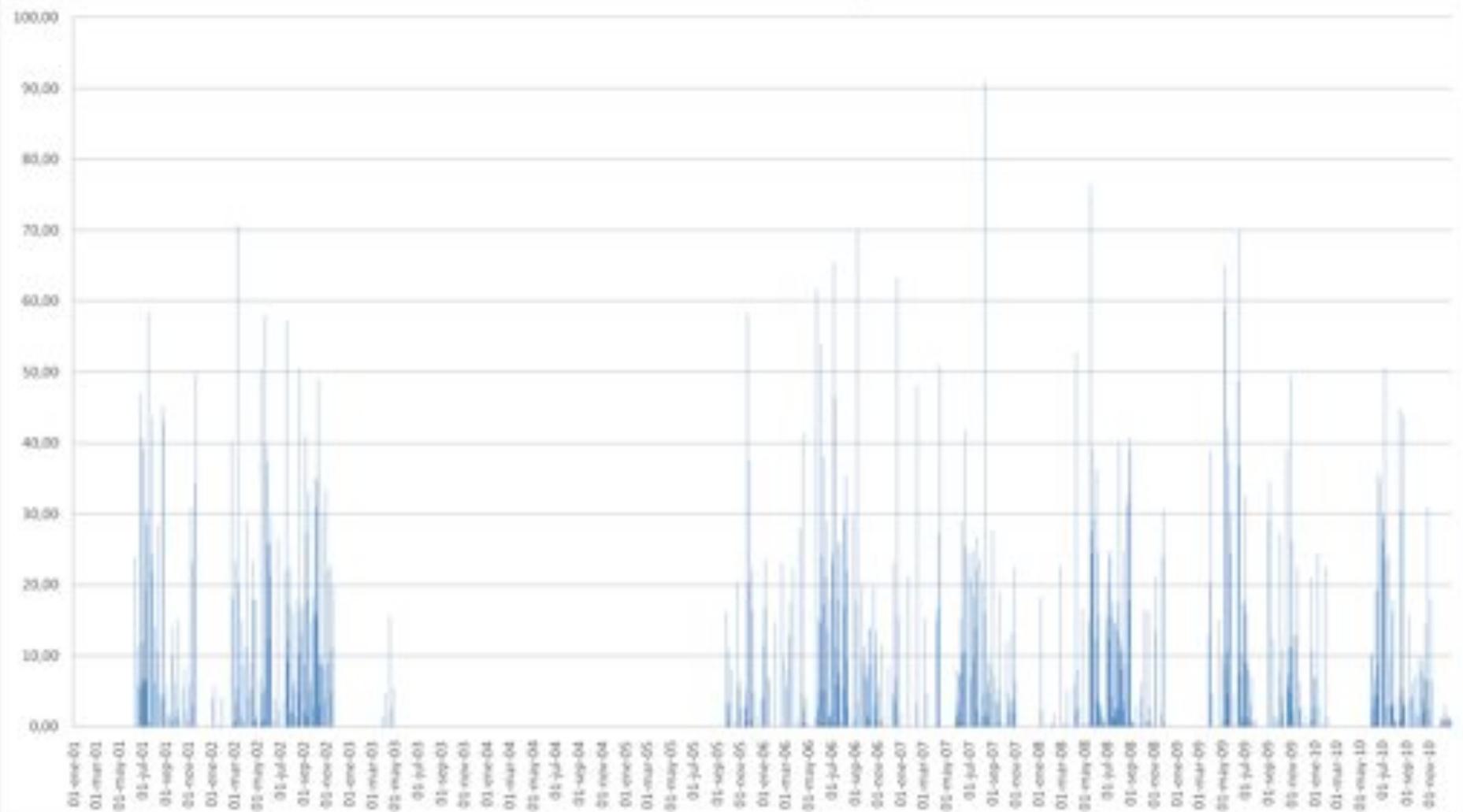
Río Biobío en Rucalhue - Precipitación



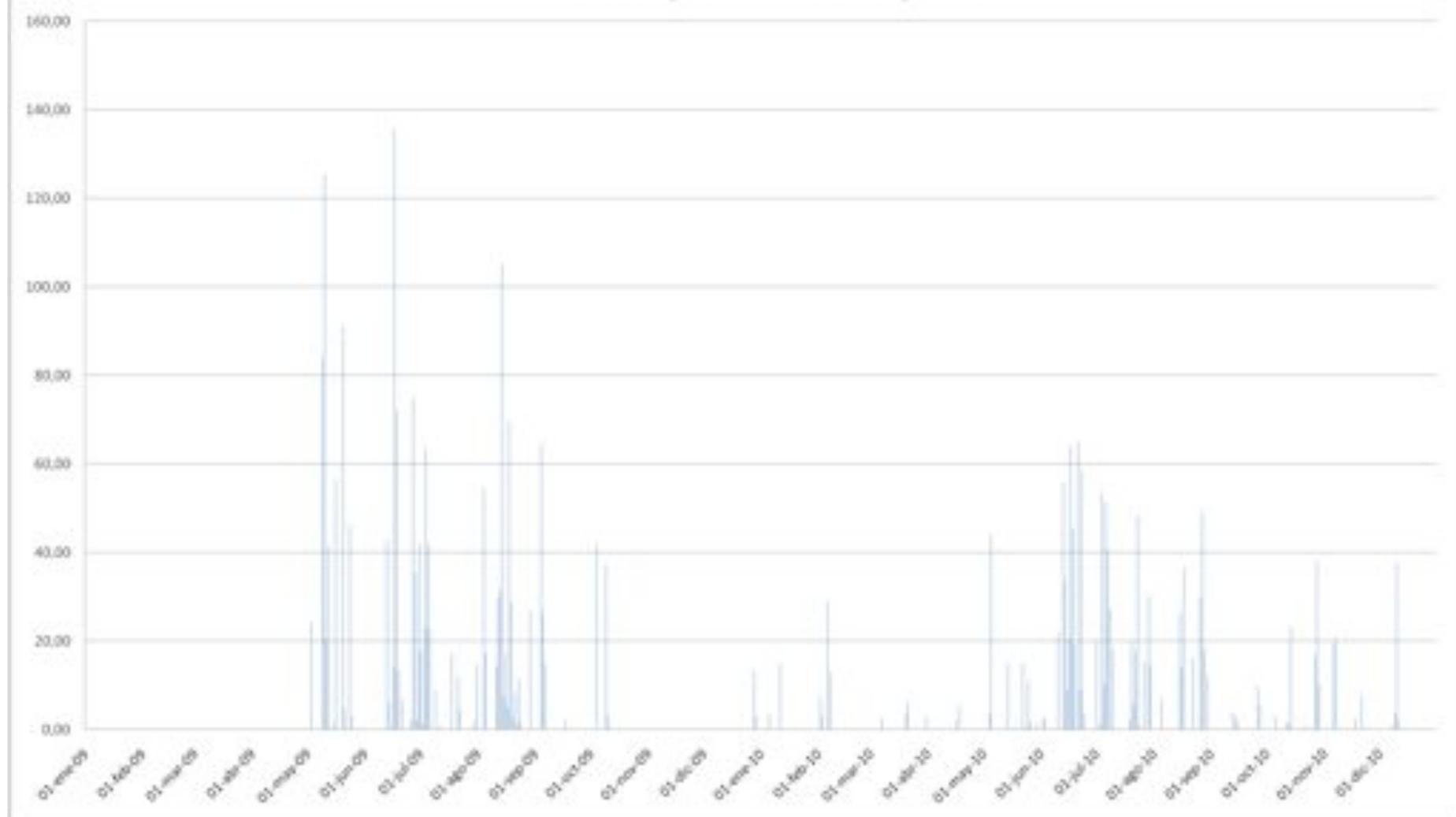
Río Cautín en Cajón - Precipitación



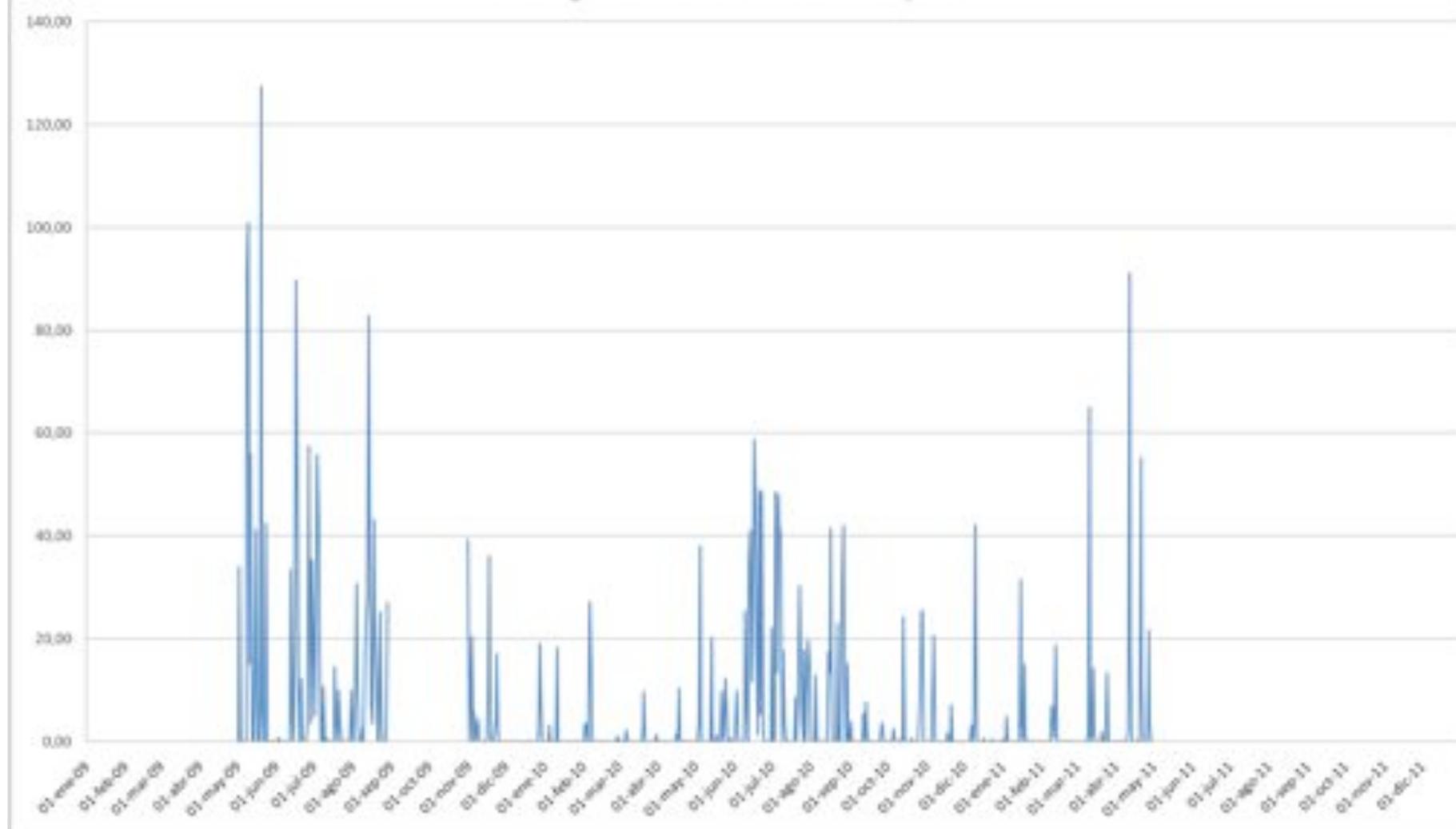
Río Cautín en Rari-Ruca - Precipitación



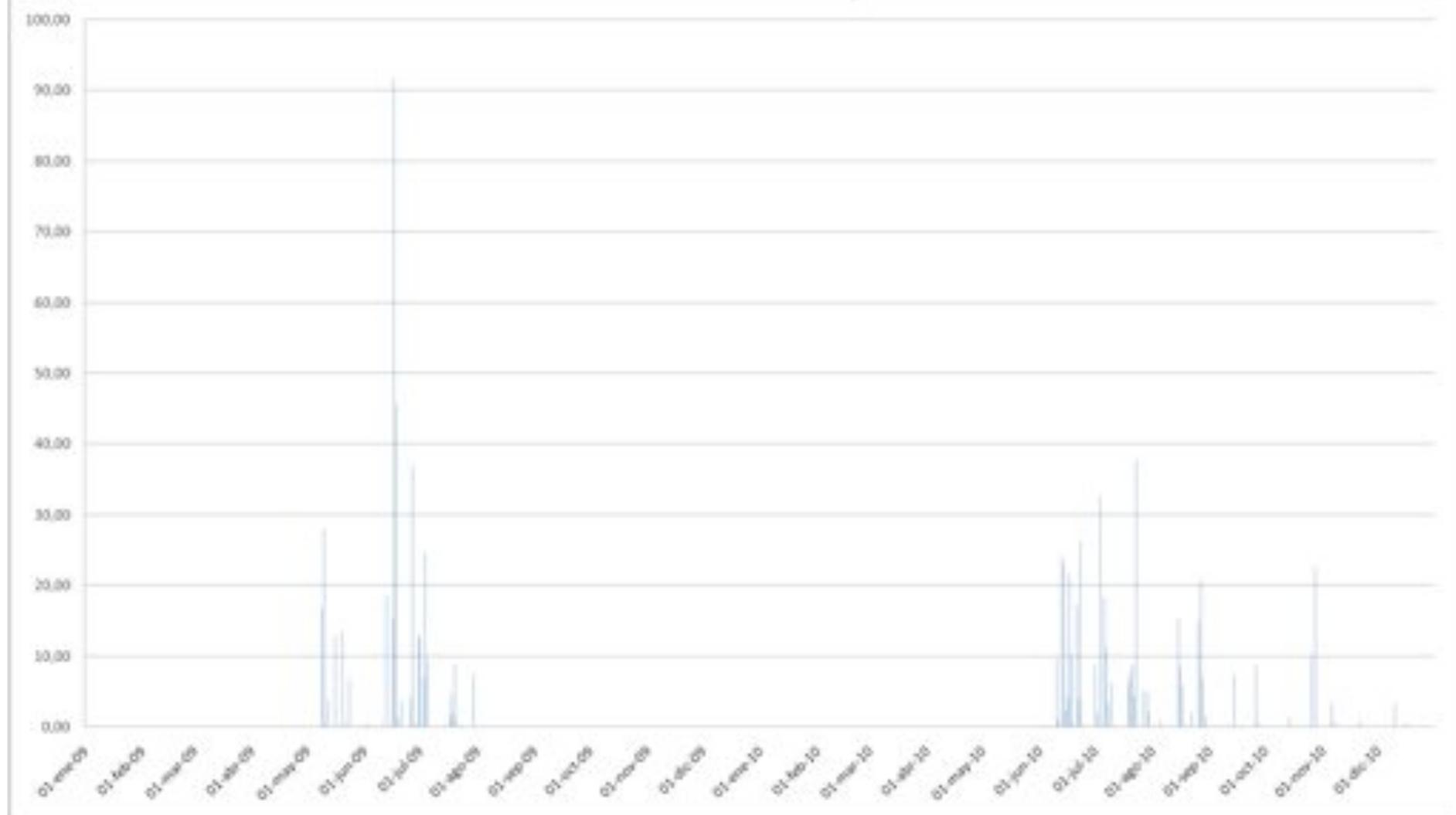
Río Chillán en Esperanza No.2 - Precipitación



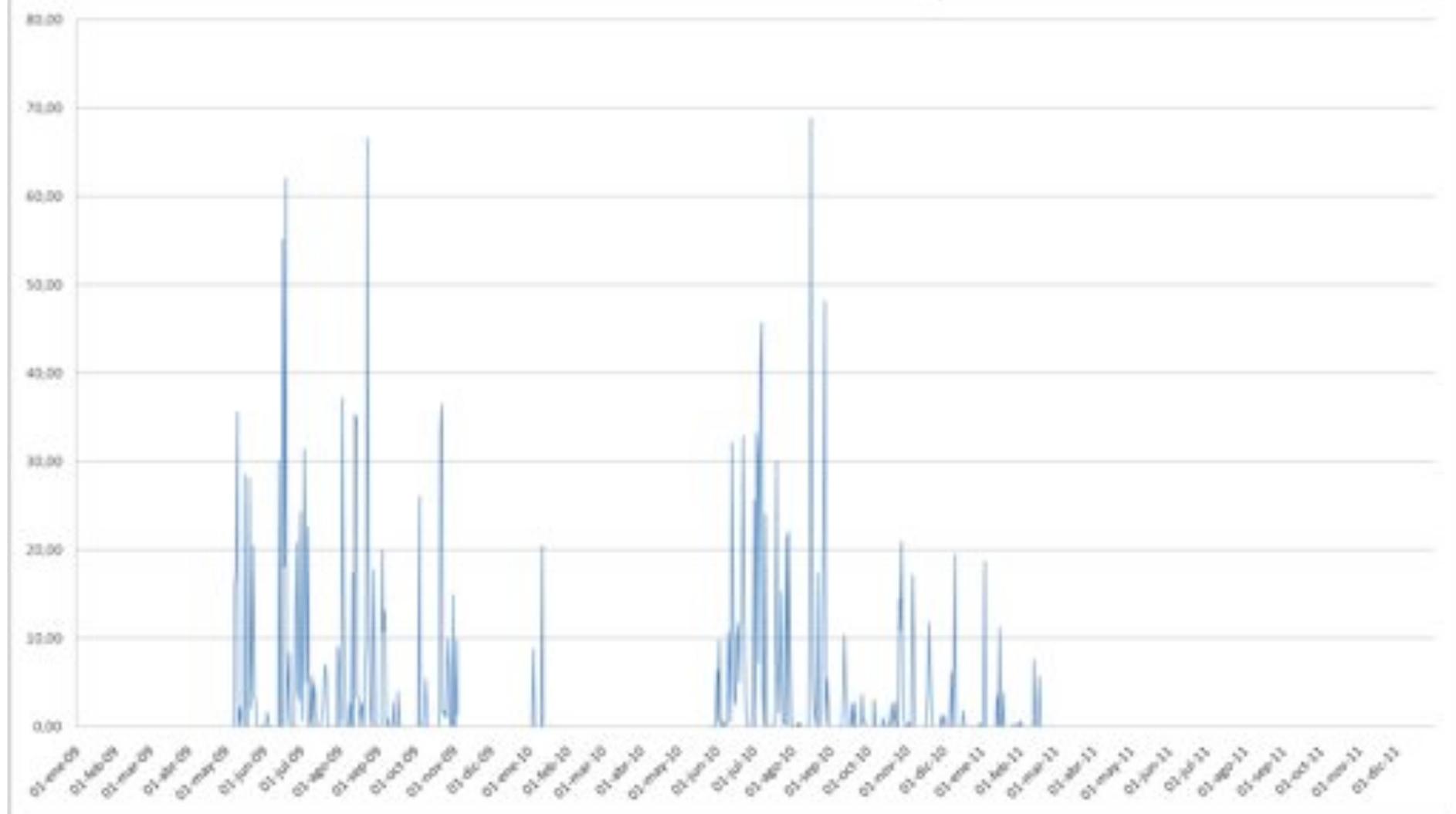
Río Diguillin en San Lorenzo - Precipitación



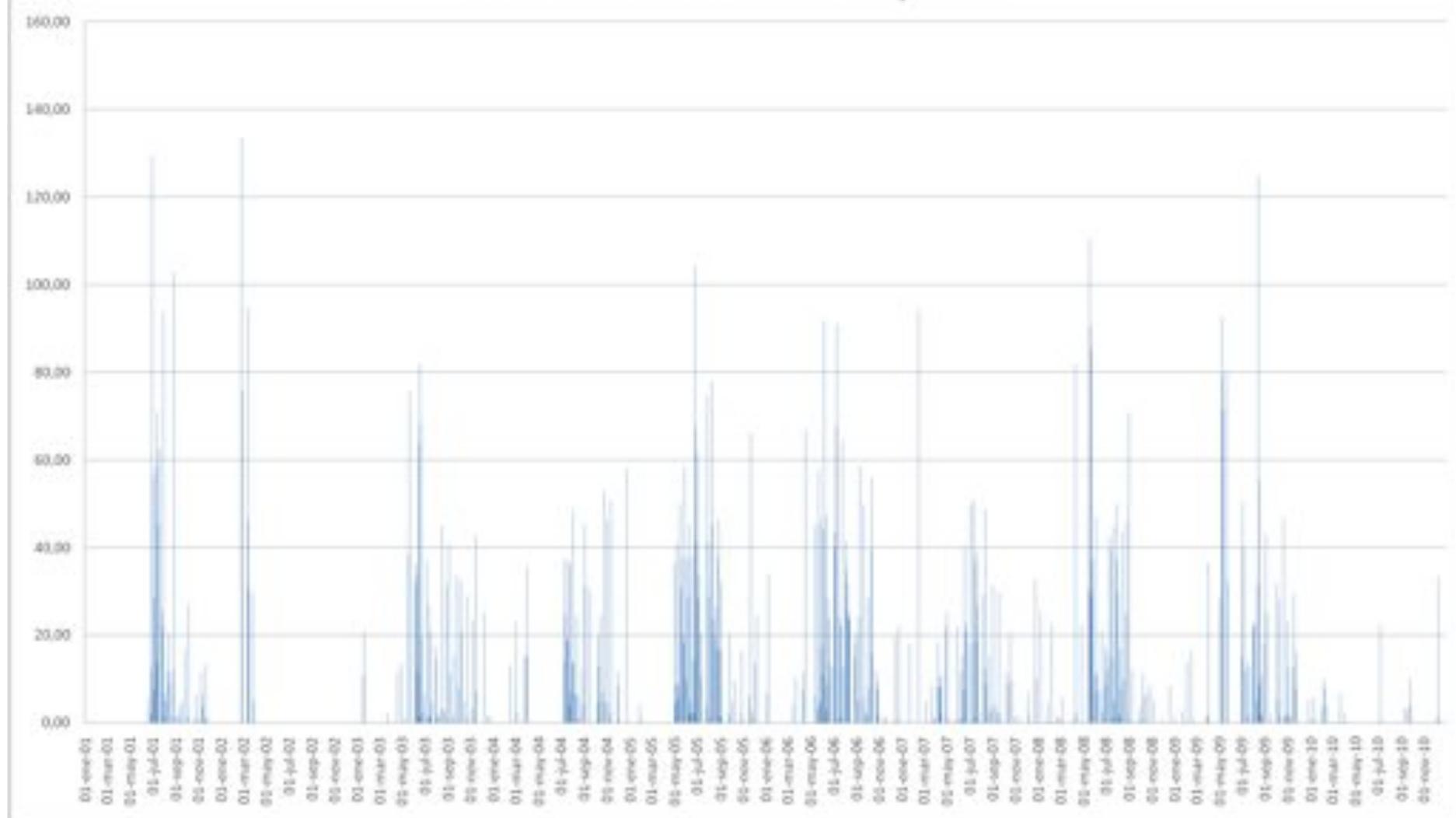
Río Itata en Coelemu - Precipitación



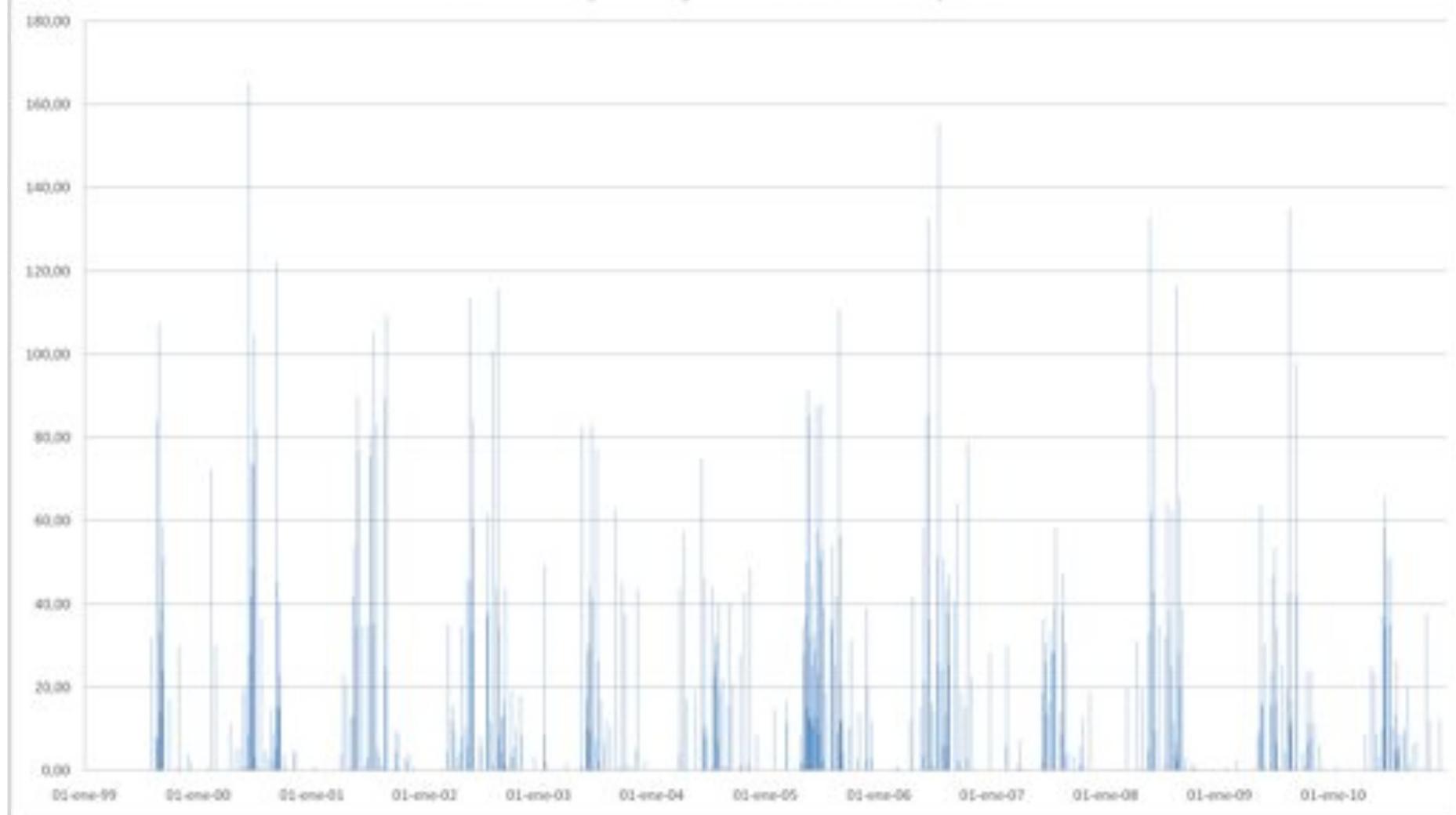
Río Leiva Pte ante camino Contulmo - Precipitación



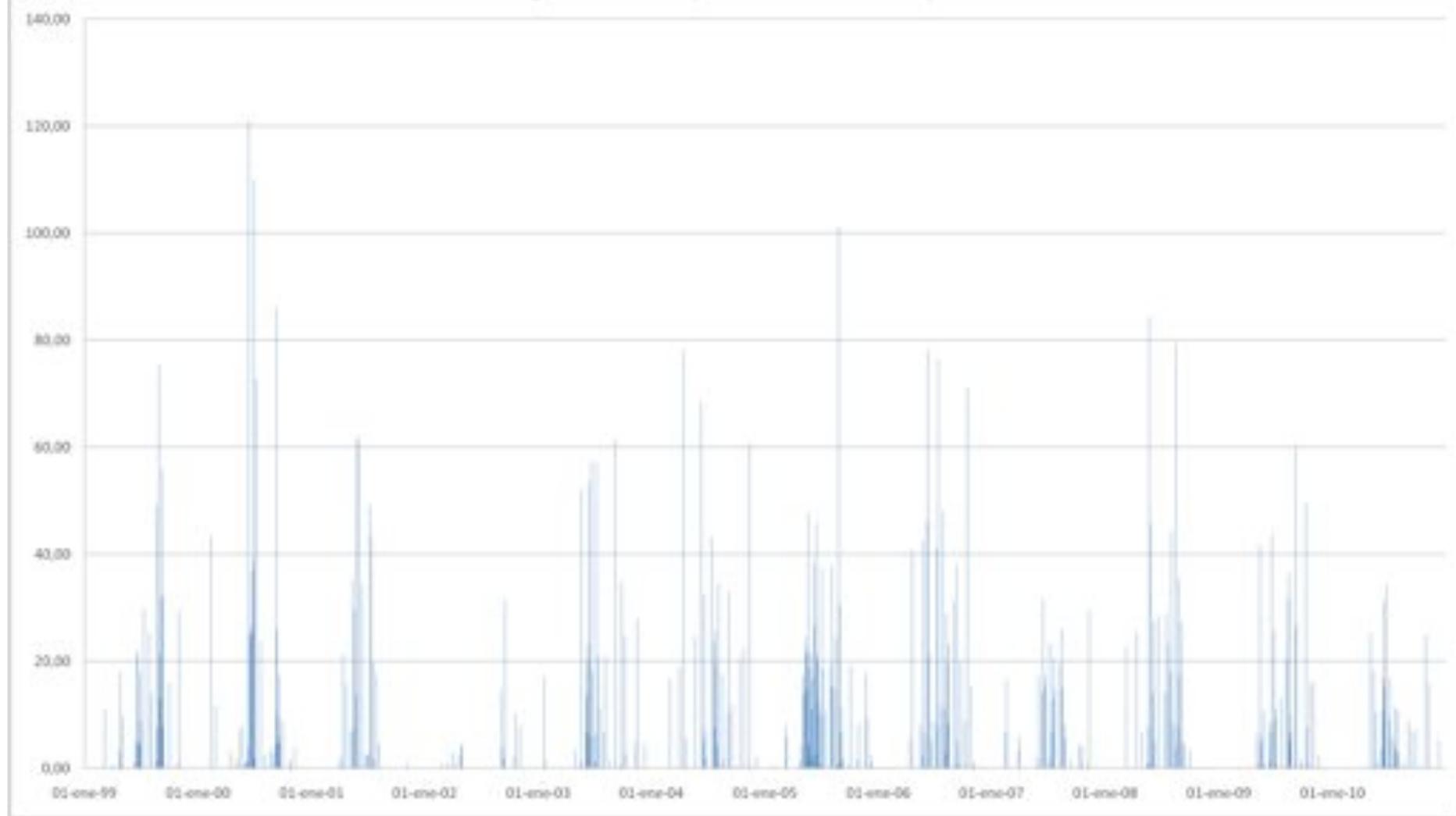
Río Ñuble en San Fabián No.2 - Precipitación



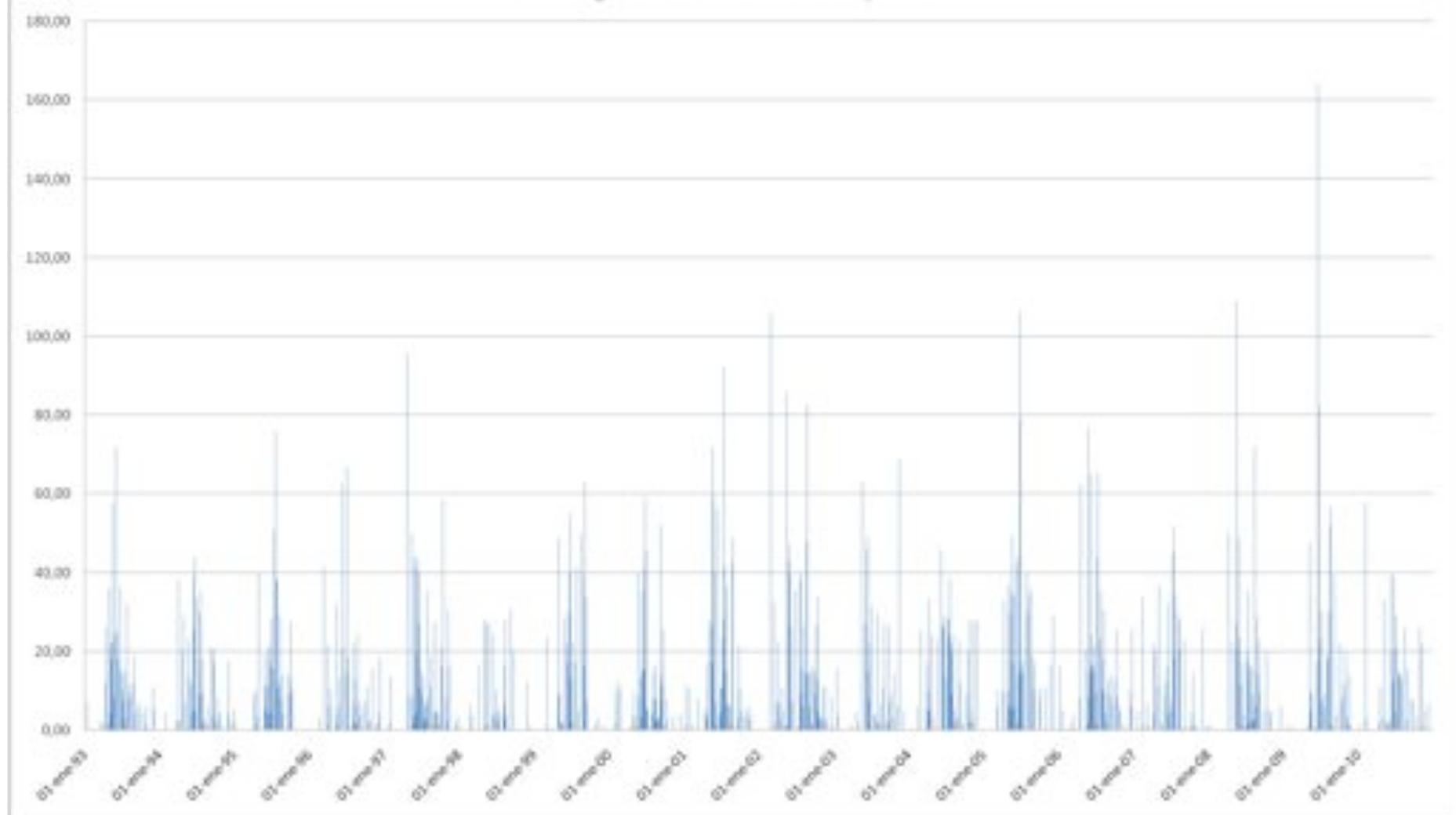
Río Teno después de junta con Claro - Precipitación



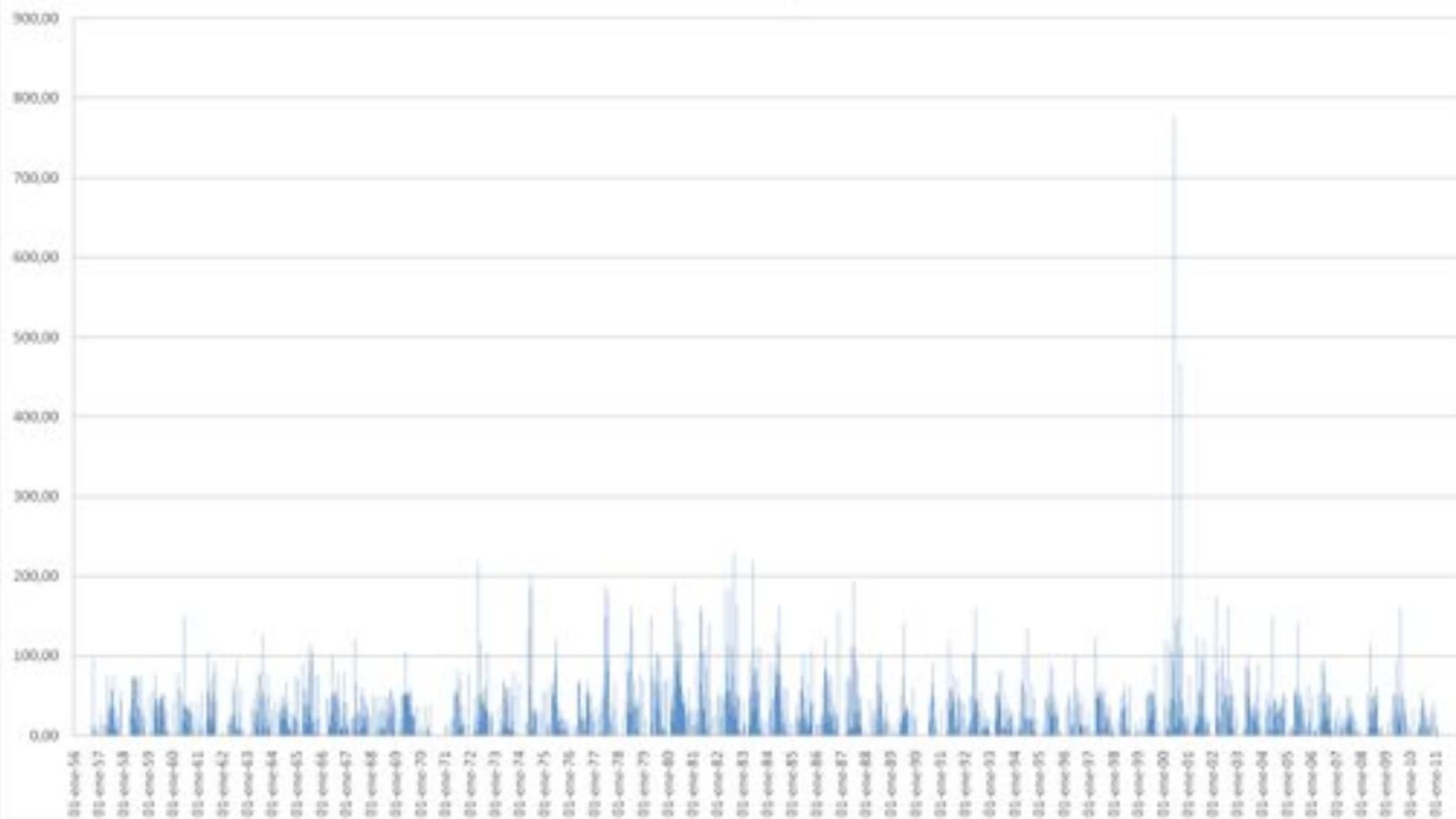
Río Tinguiririca en bajo los Briones - Precipitación



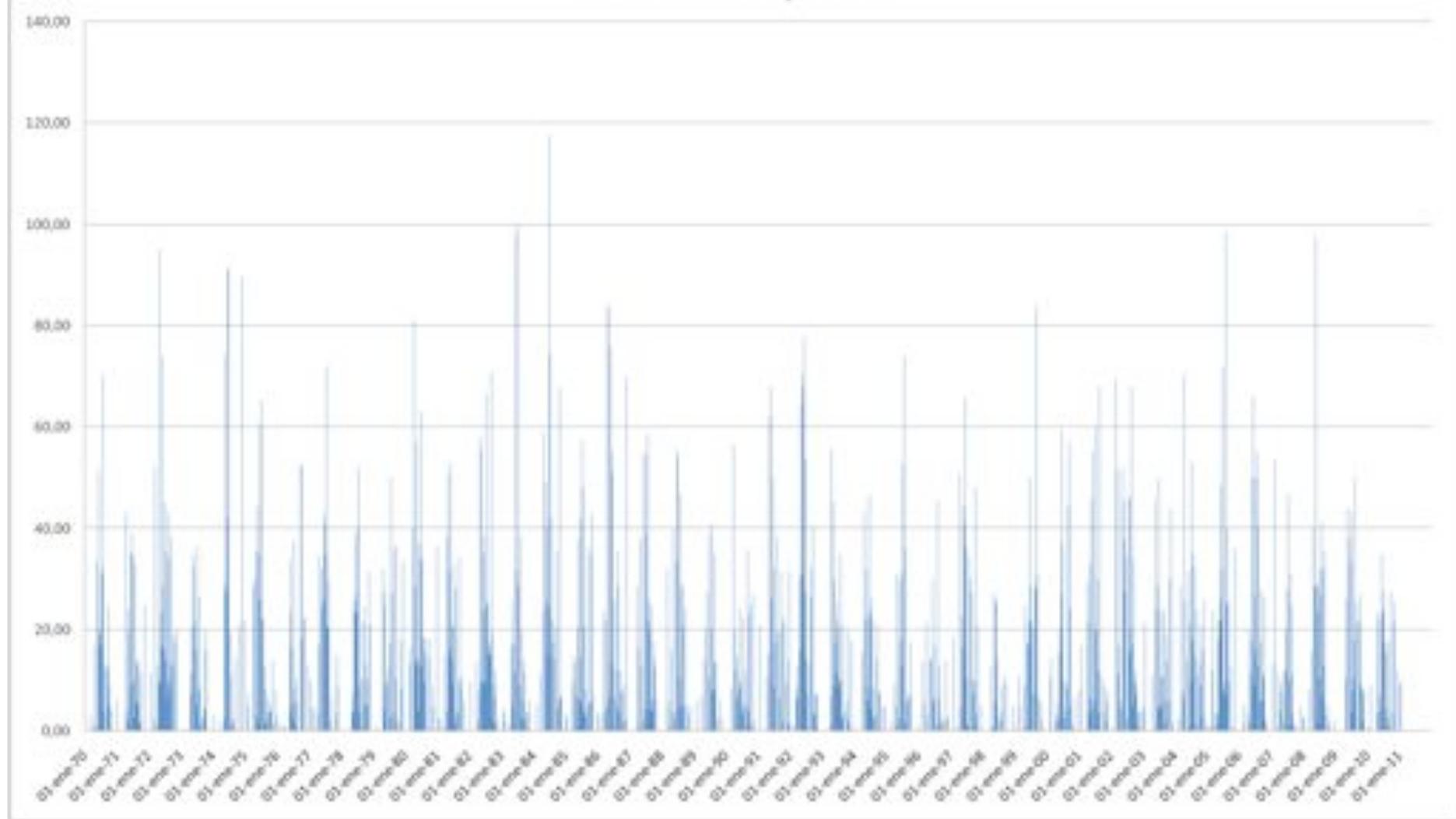
San Augustin de Puñal - Precipitación



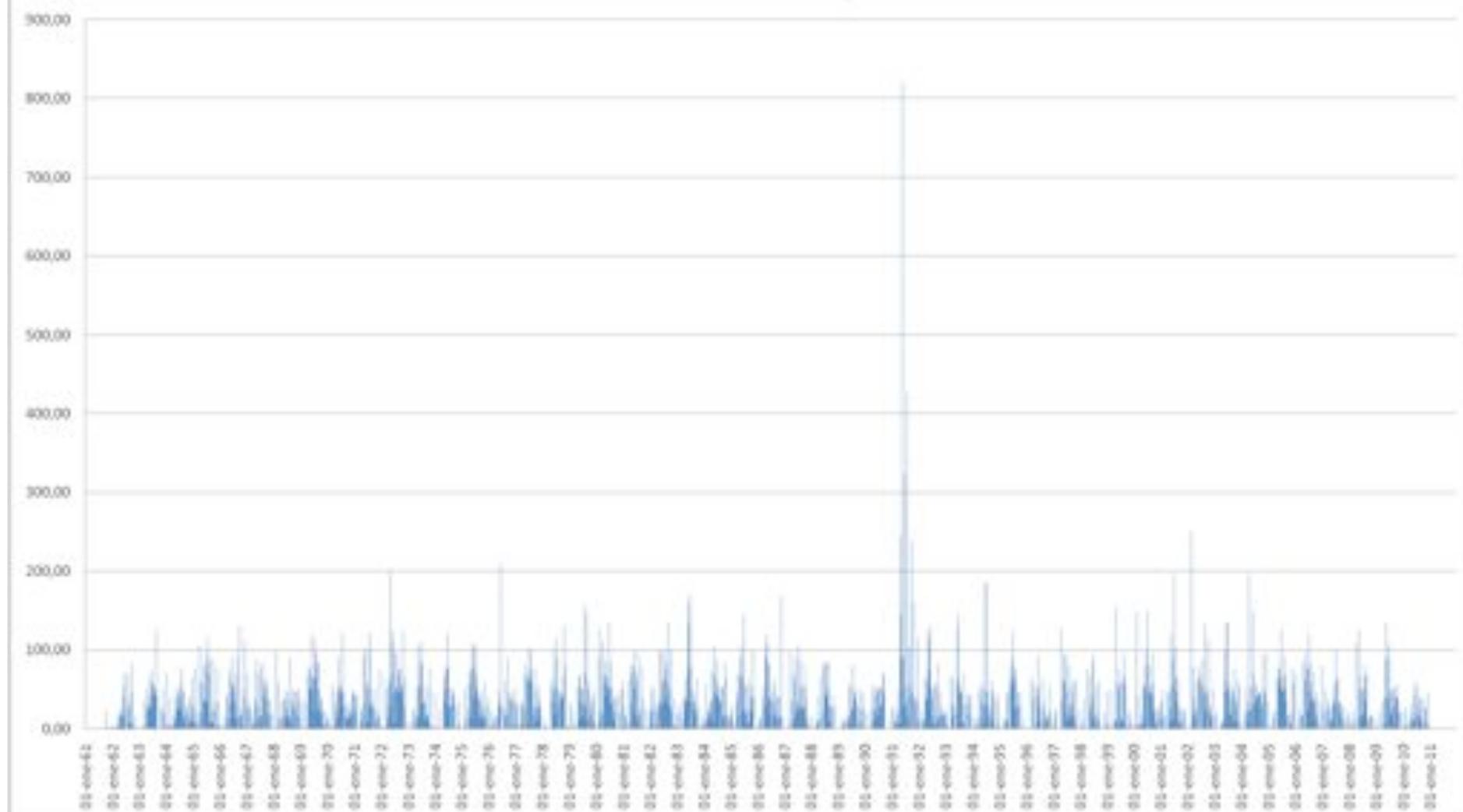
San Fabian - Precipitación



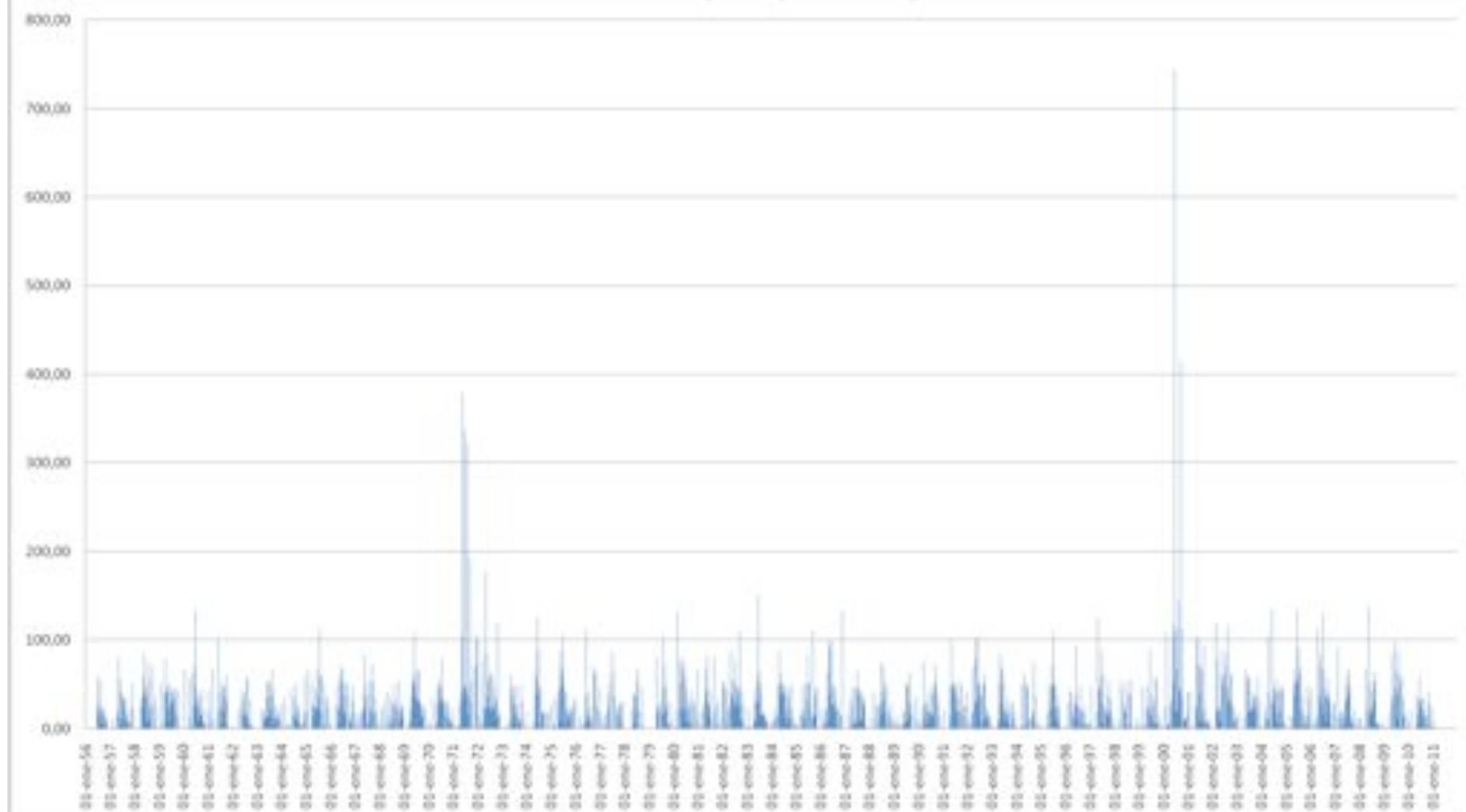
San Javier - Precipitación



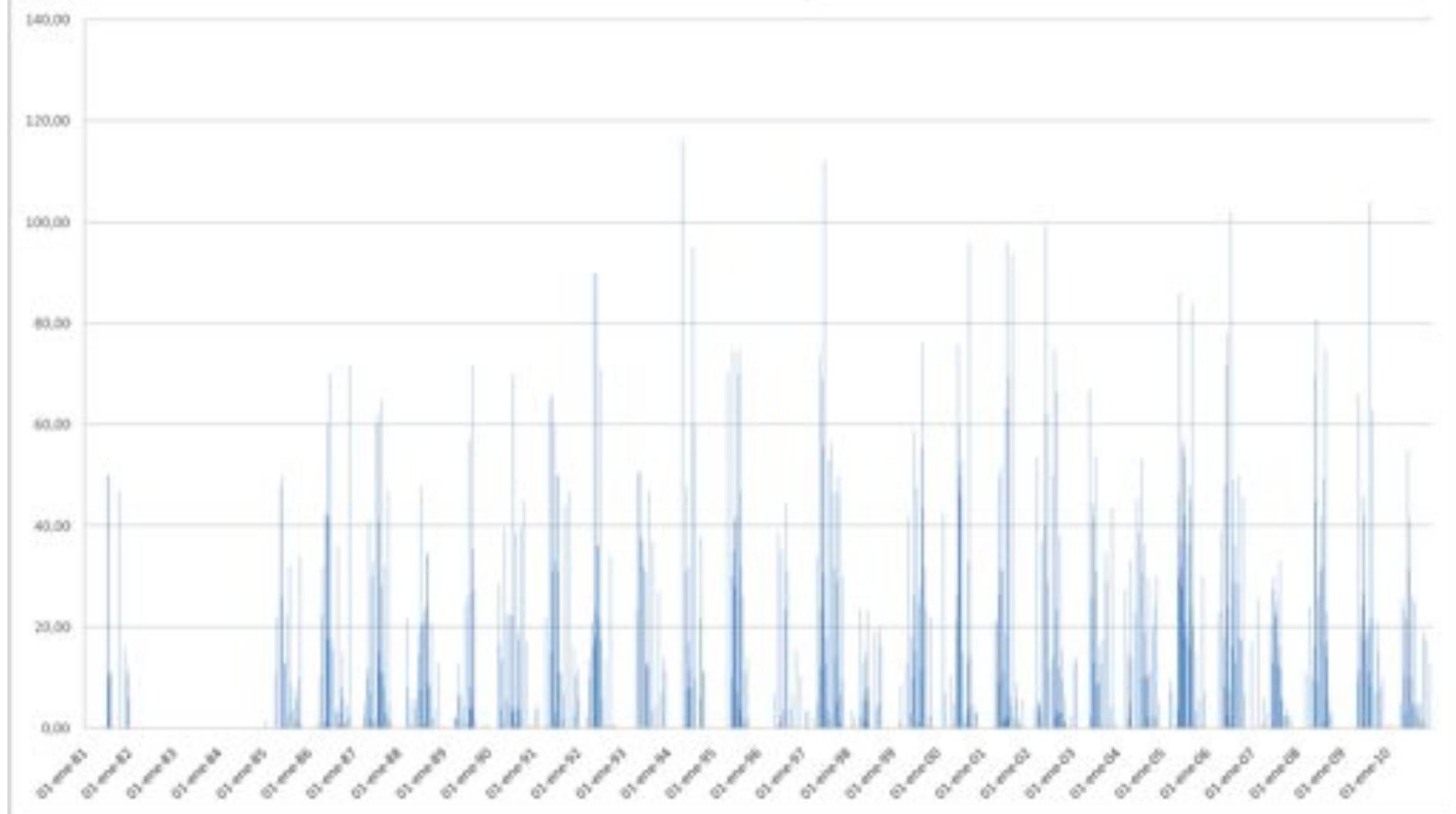
San Lorenzo Fundo - Precipitación



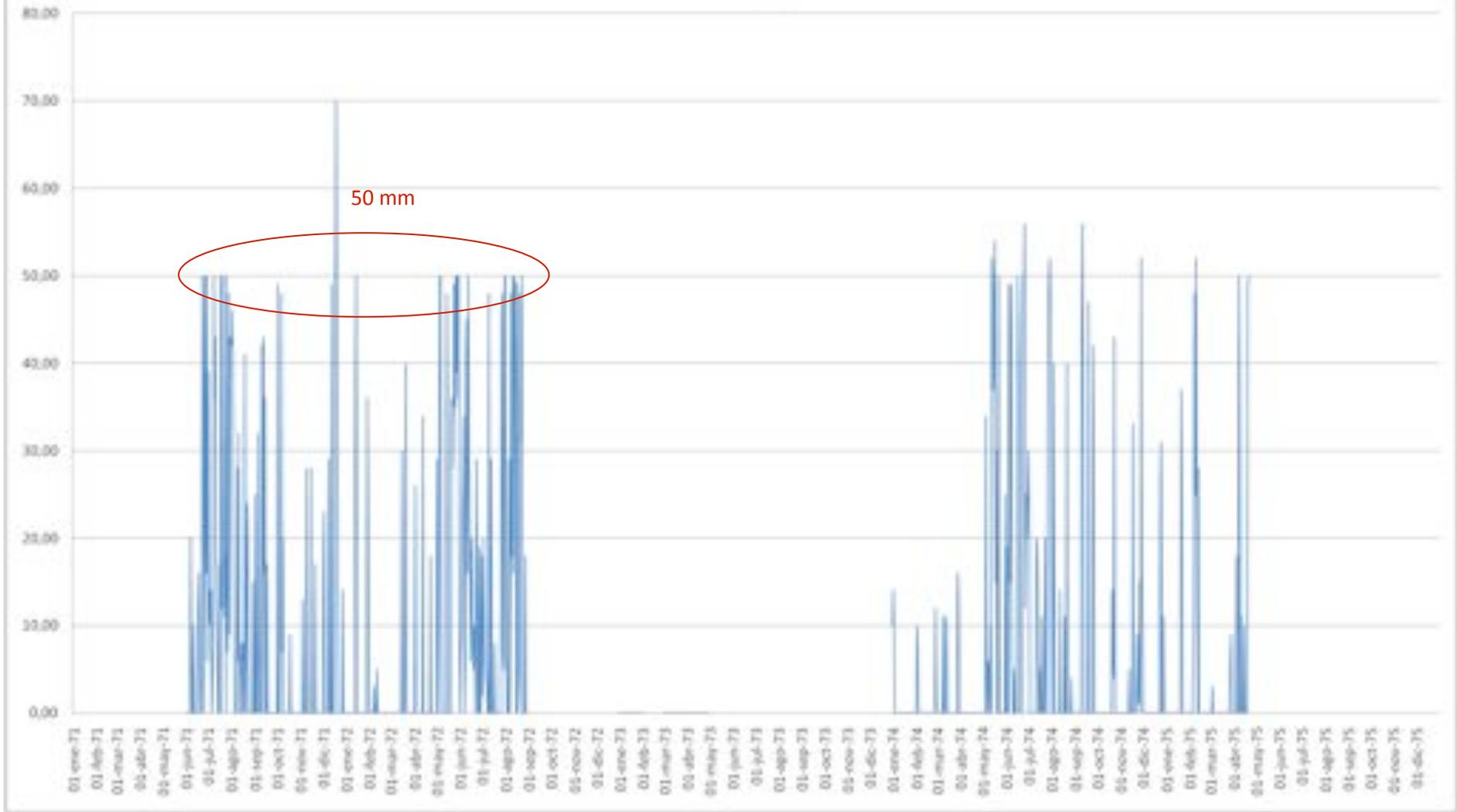
San Manuel en Perquillauquen - Precipitación



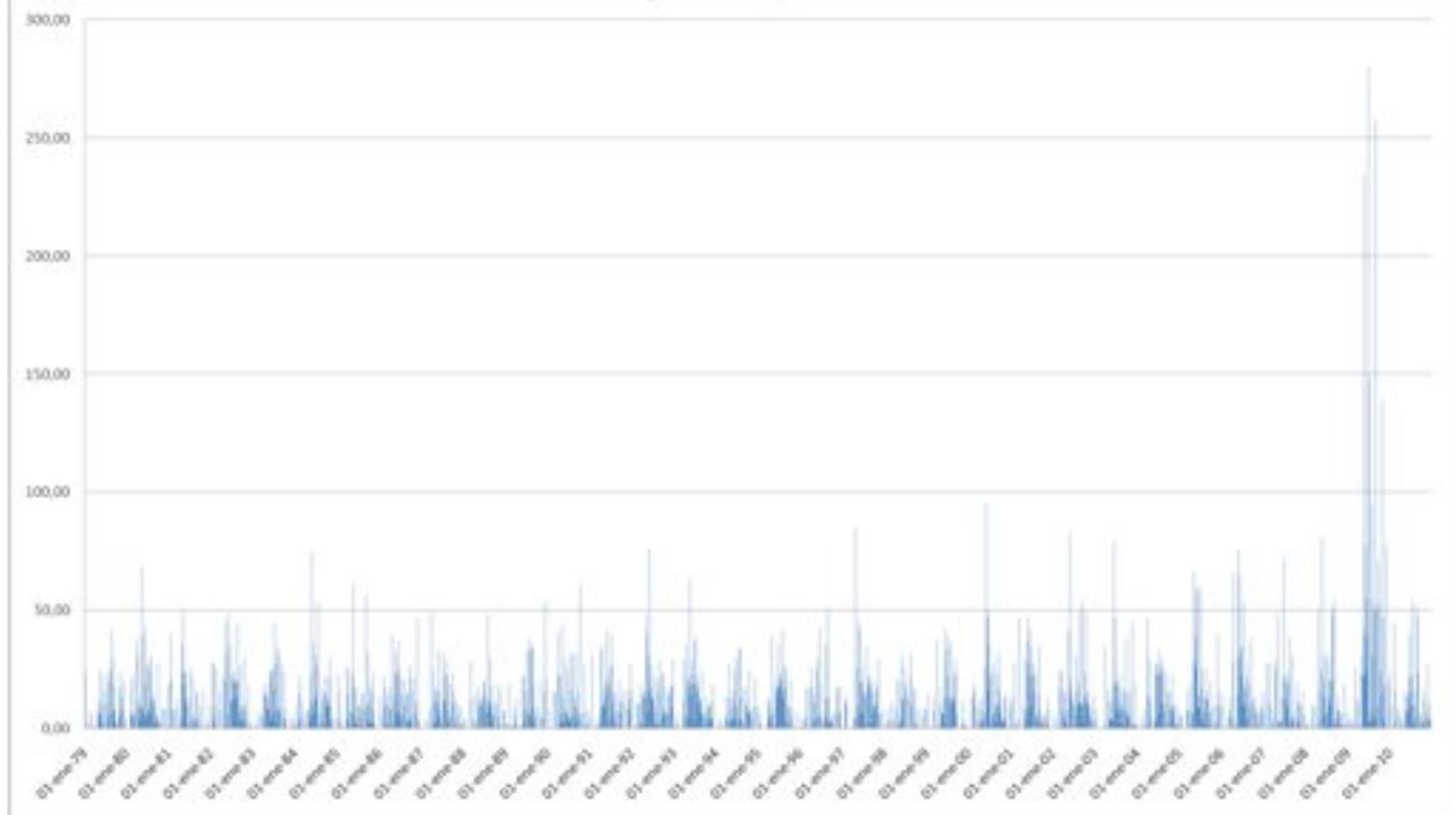
Santa Susana - Precipitación



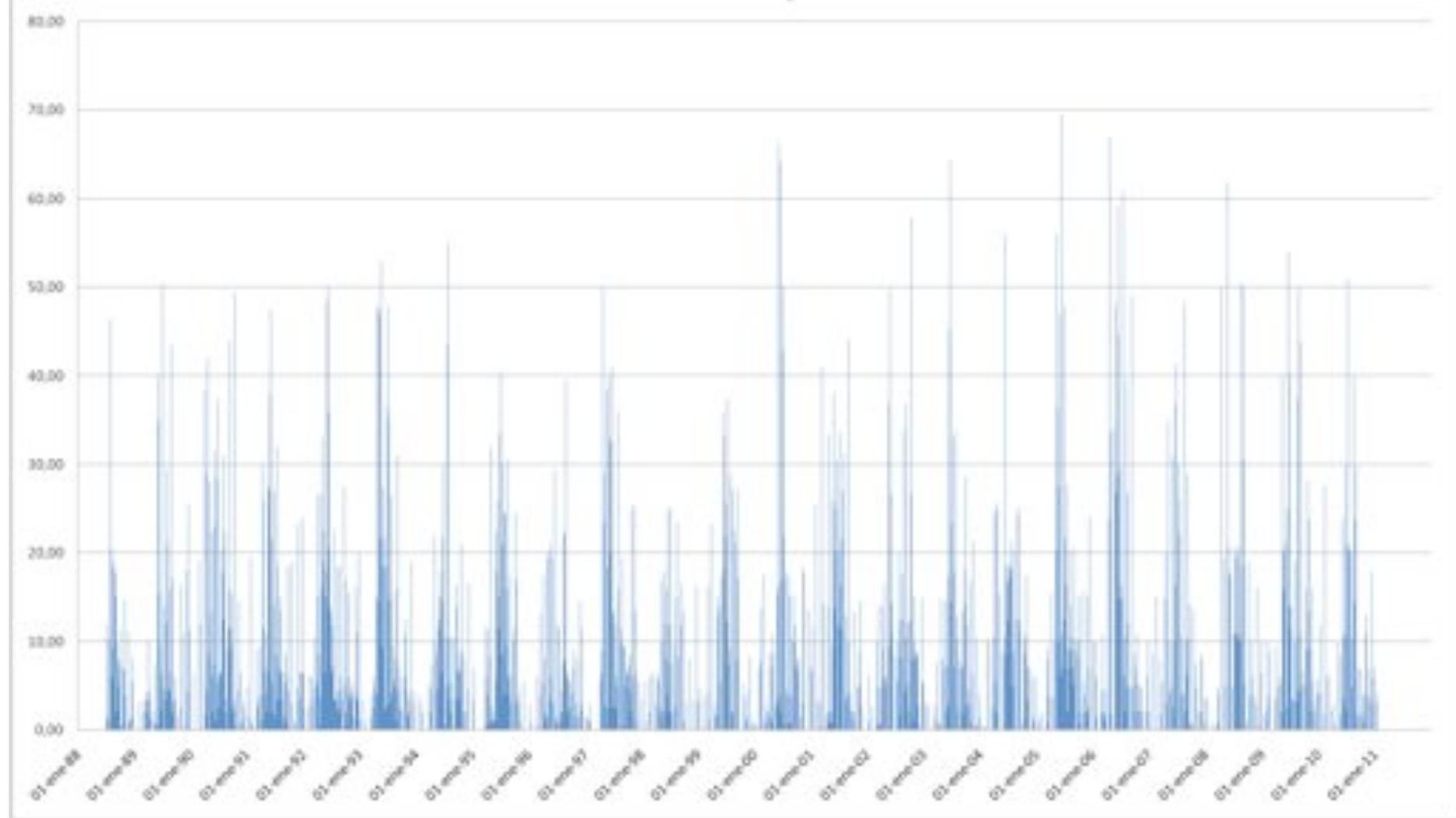
Toluaca - Precipitación



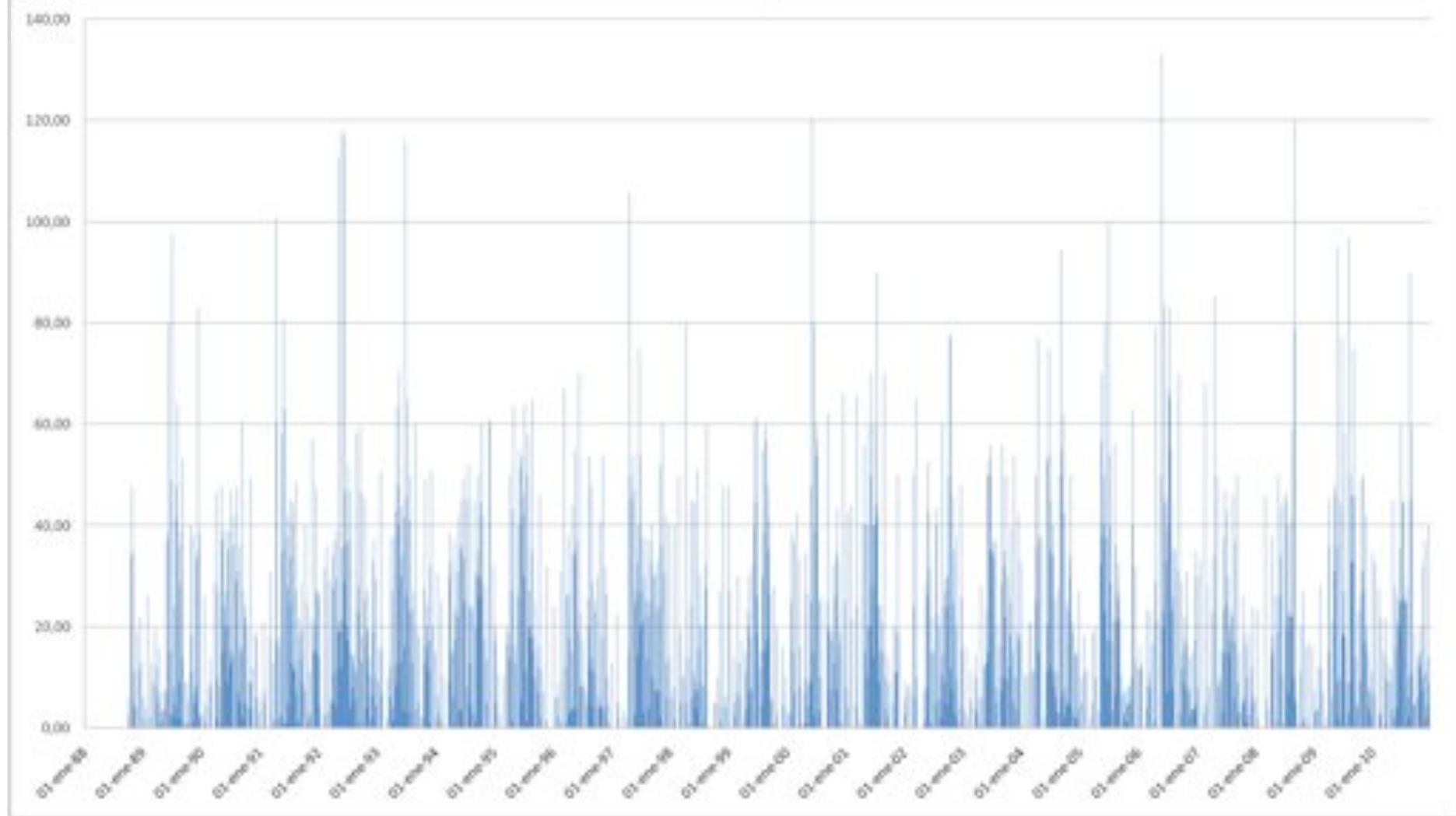
Traiguén - Precipitación



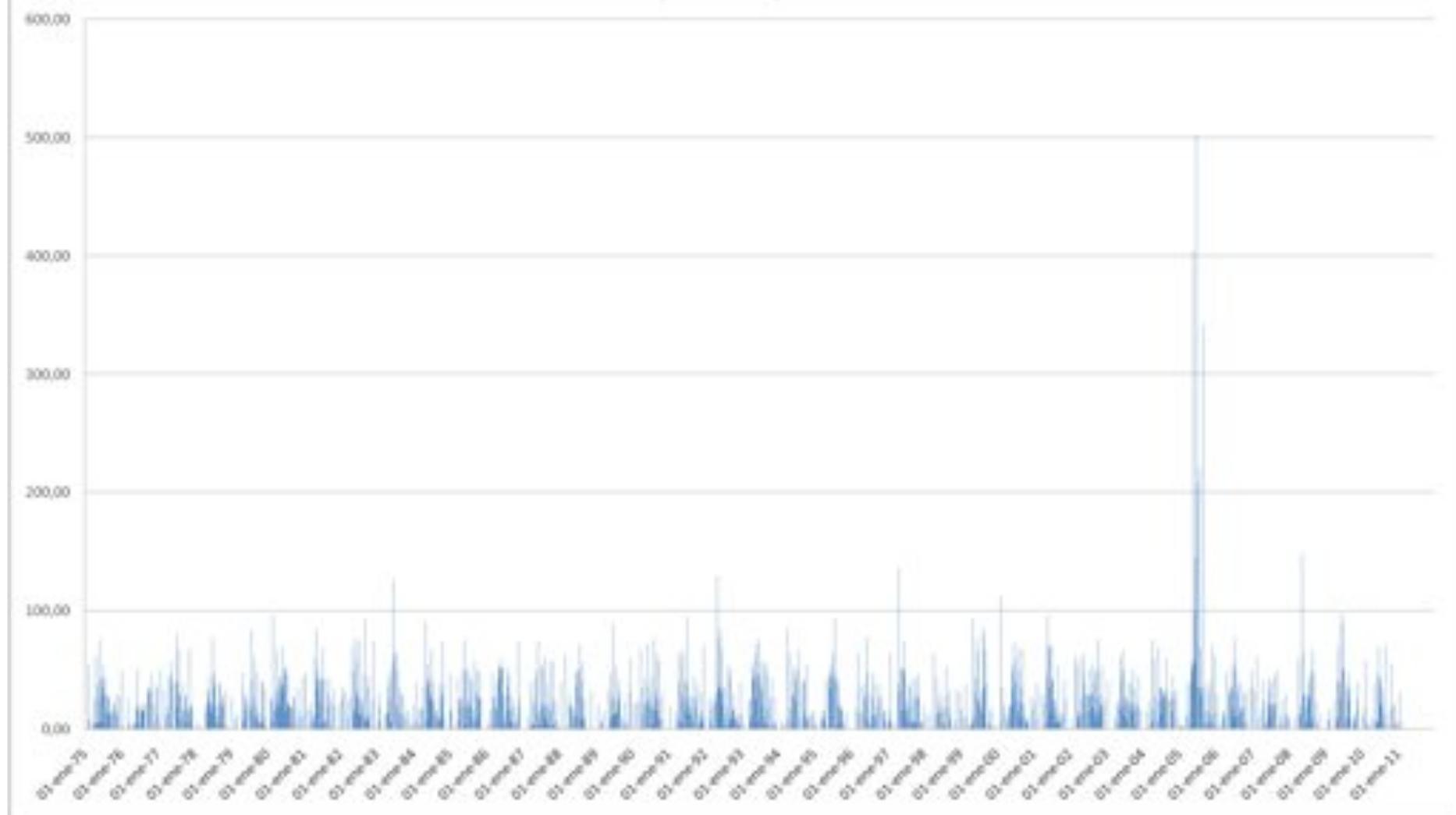
Tranamán - Precipitación



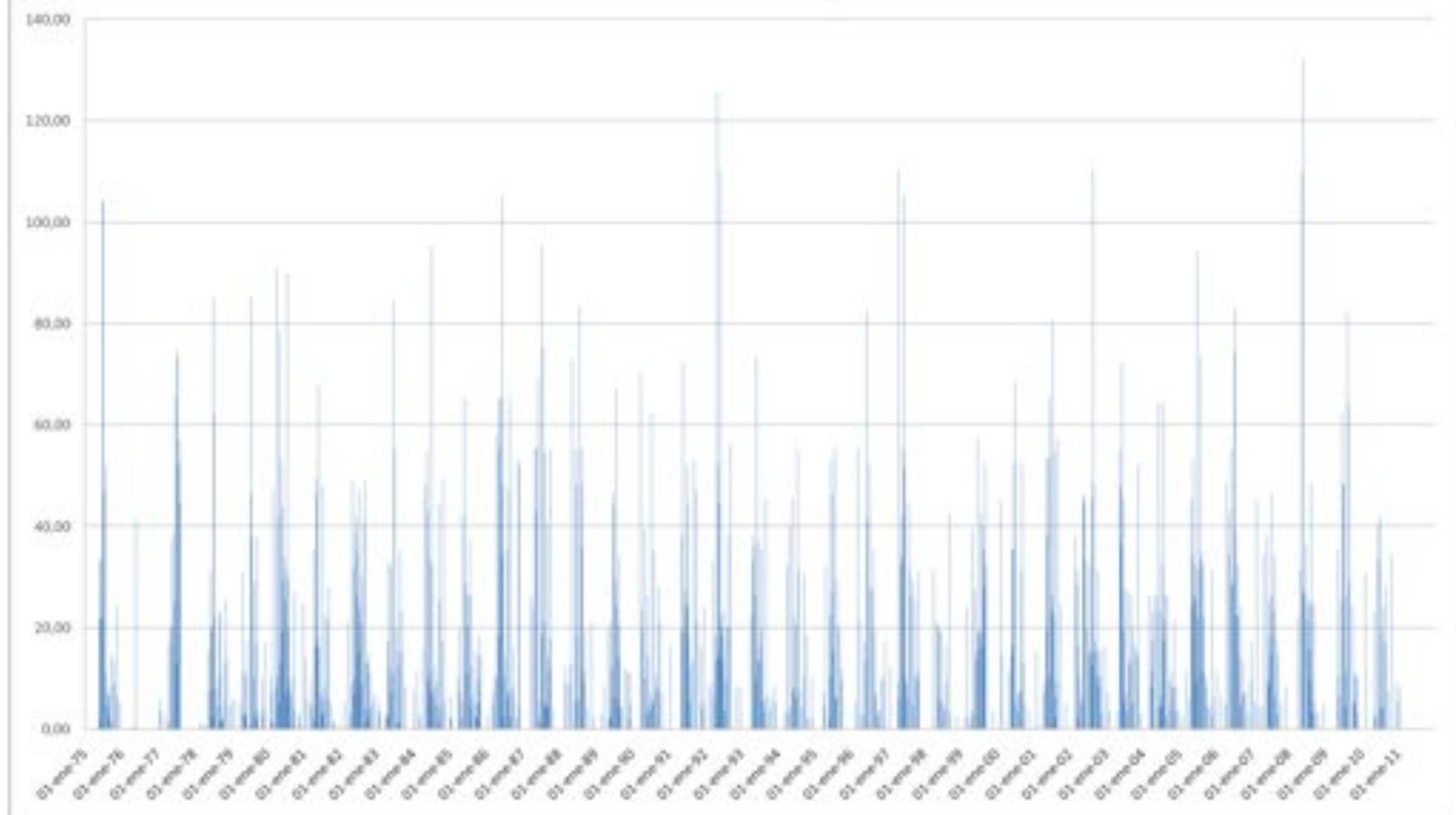
Tricauco - Precipitación



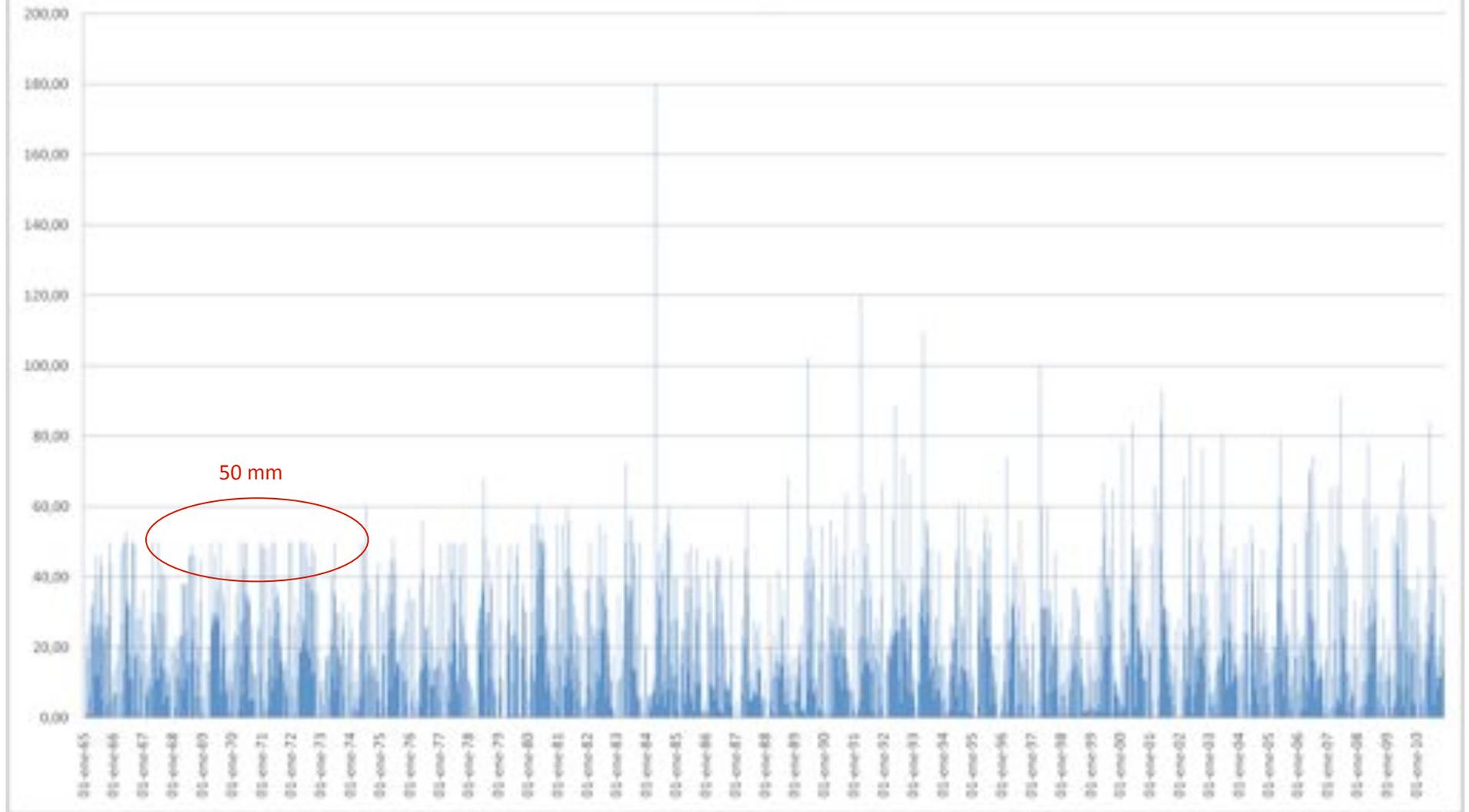
Tucapel - Precipitación



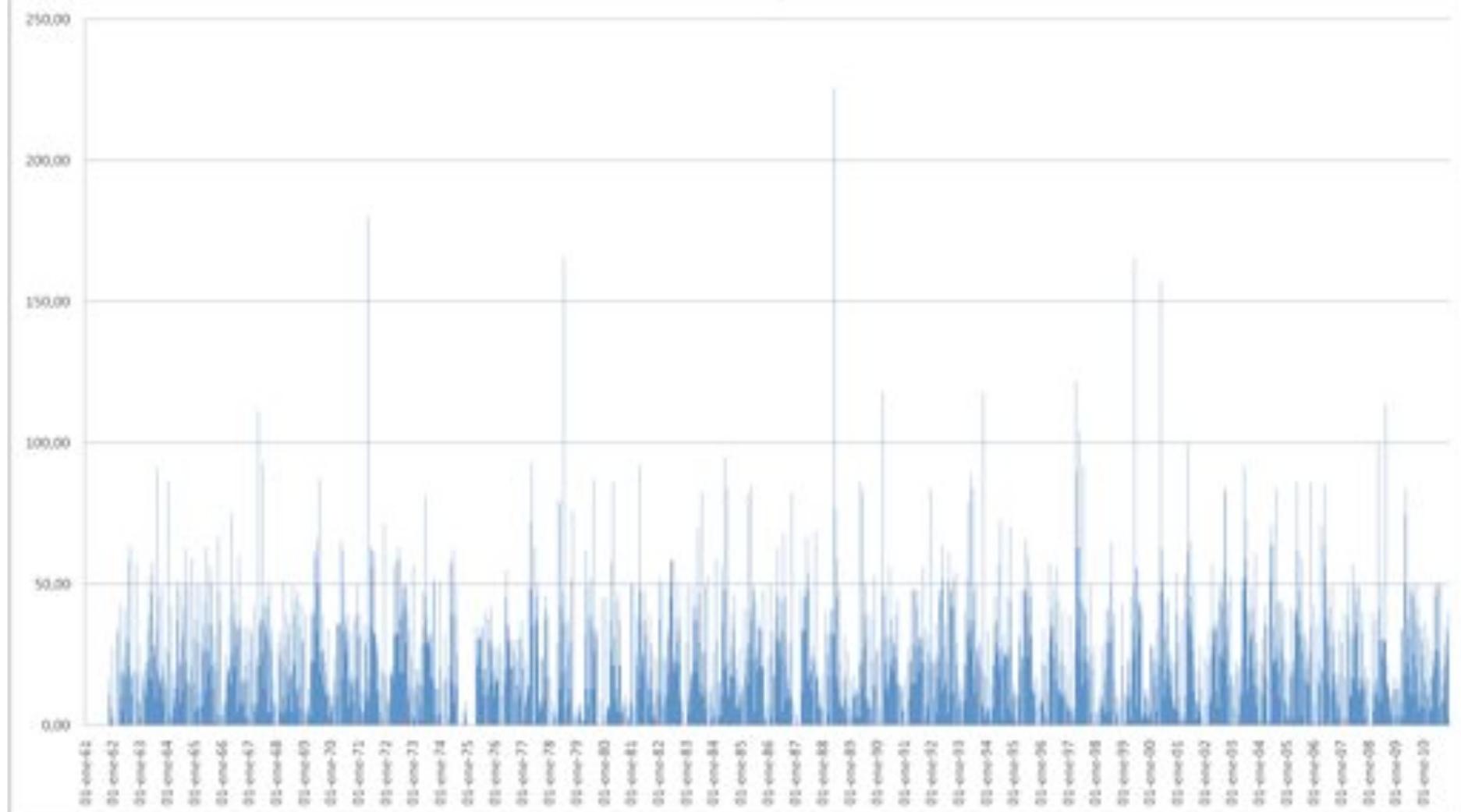
Tutuven Embalse - Precipitación



Vilcún - Precipitación



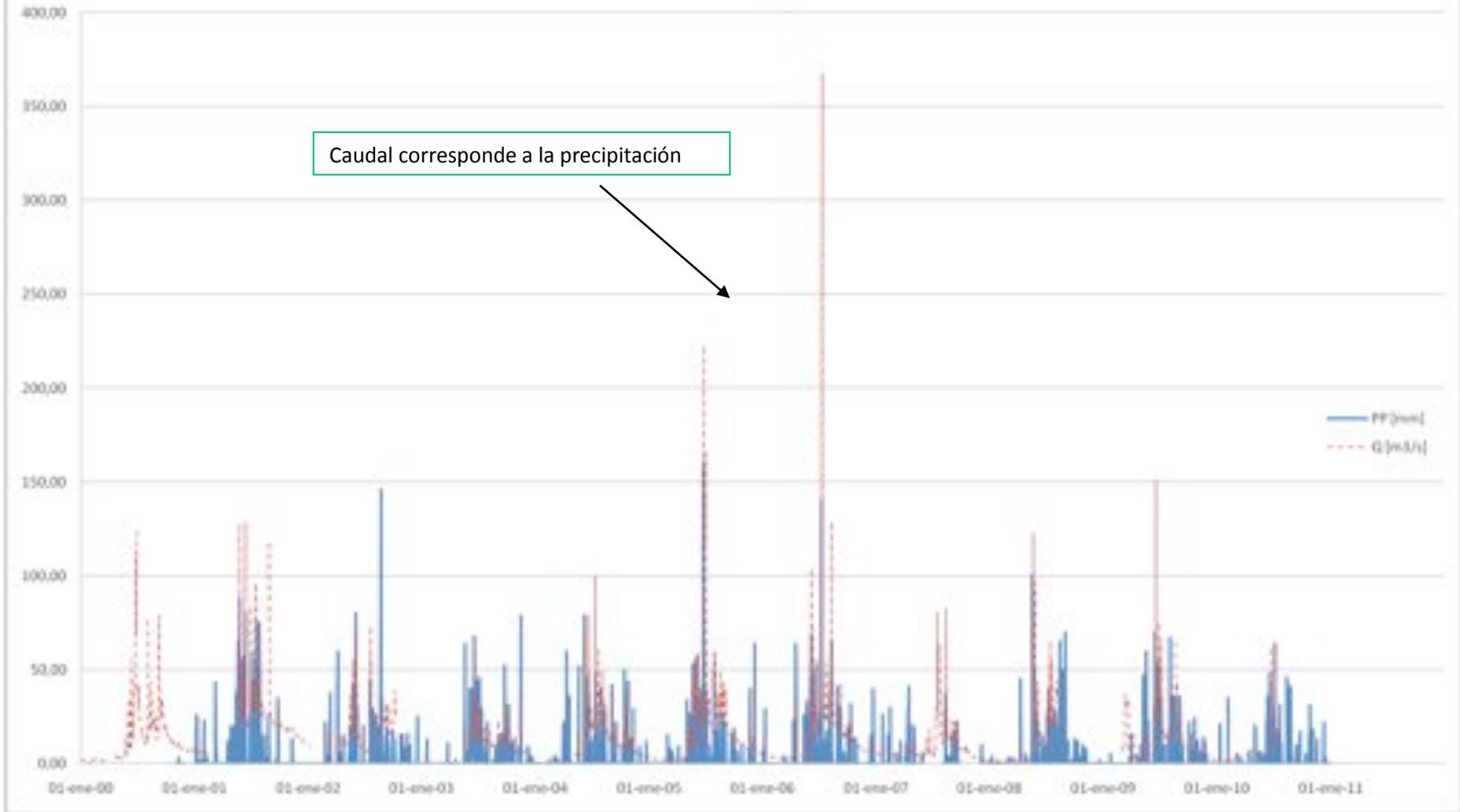
Villarica - Precipitación



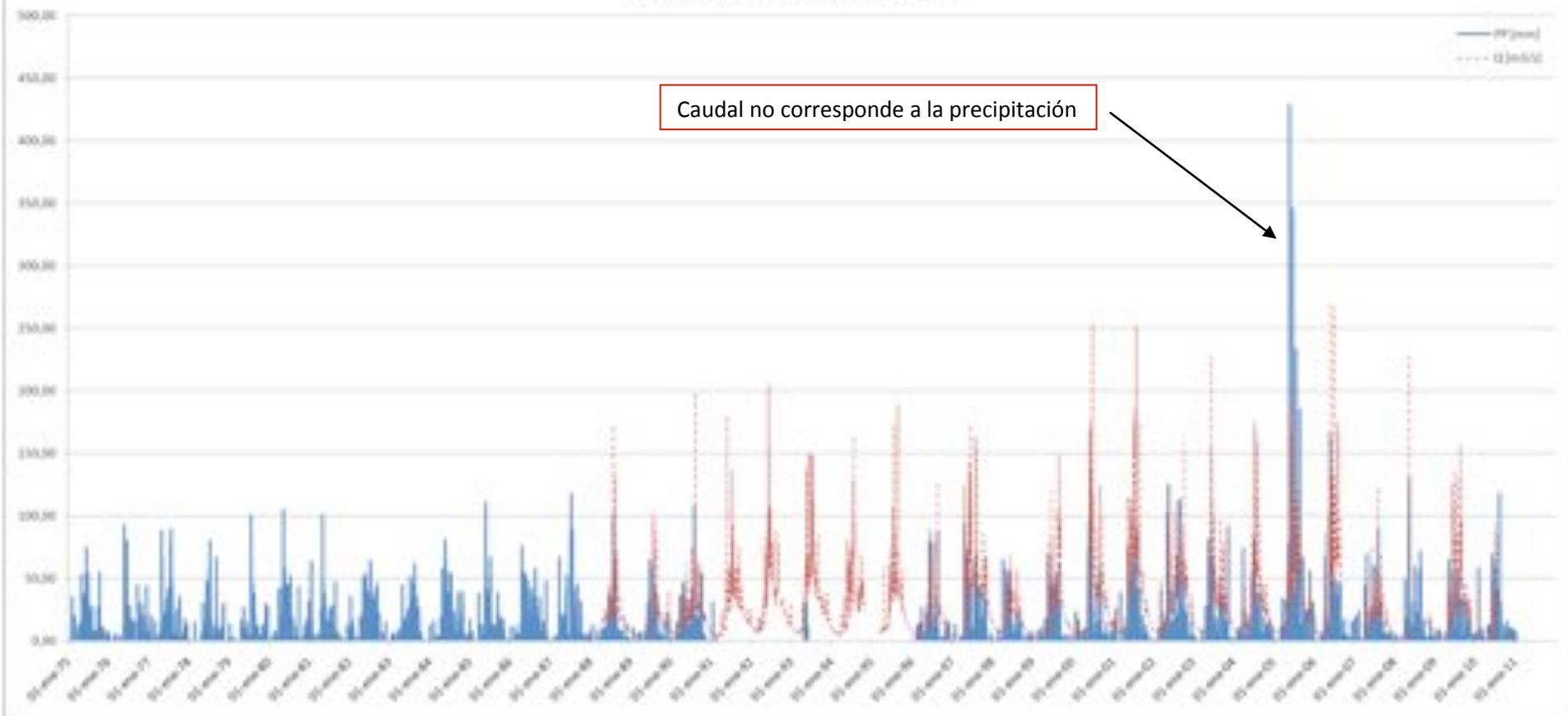
Anexo D

Gráficos – Comparación datos diarios de la precipitación y caudales

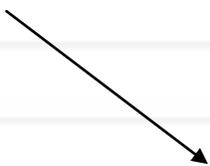
Andalién - Precipitación



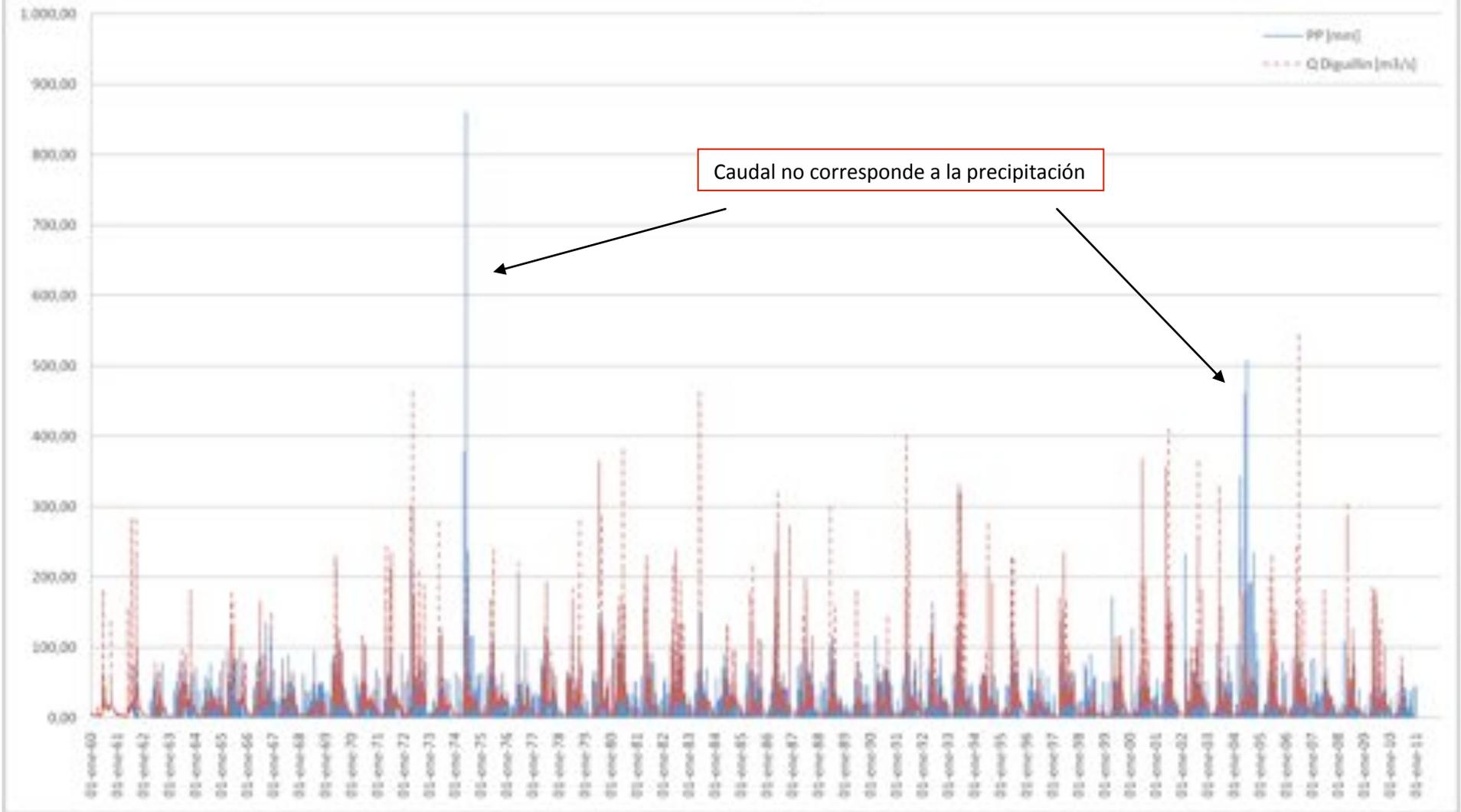
Angol (La Mona) - Precipitación



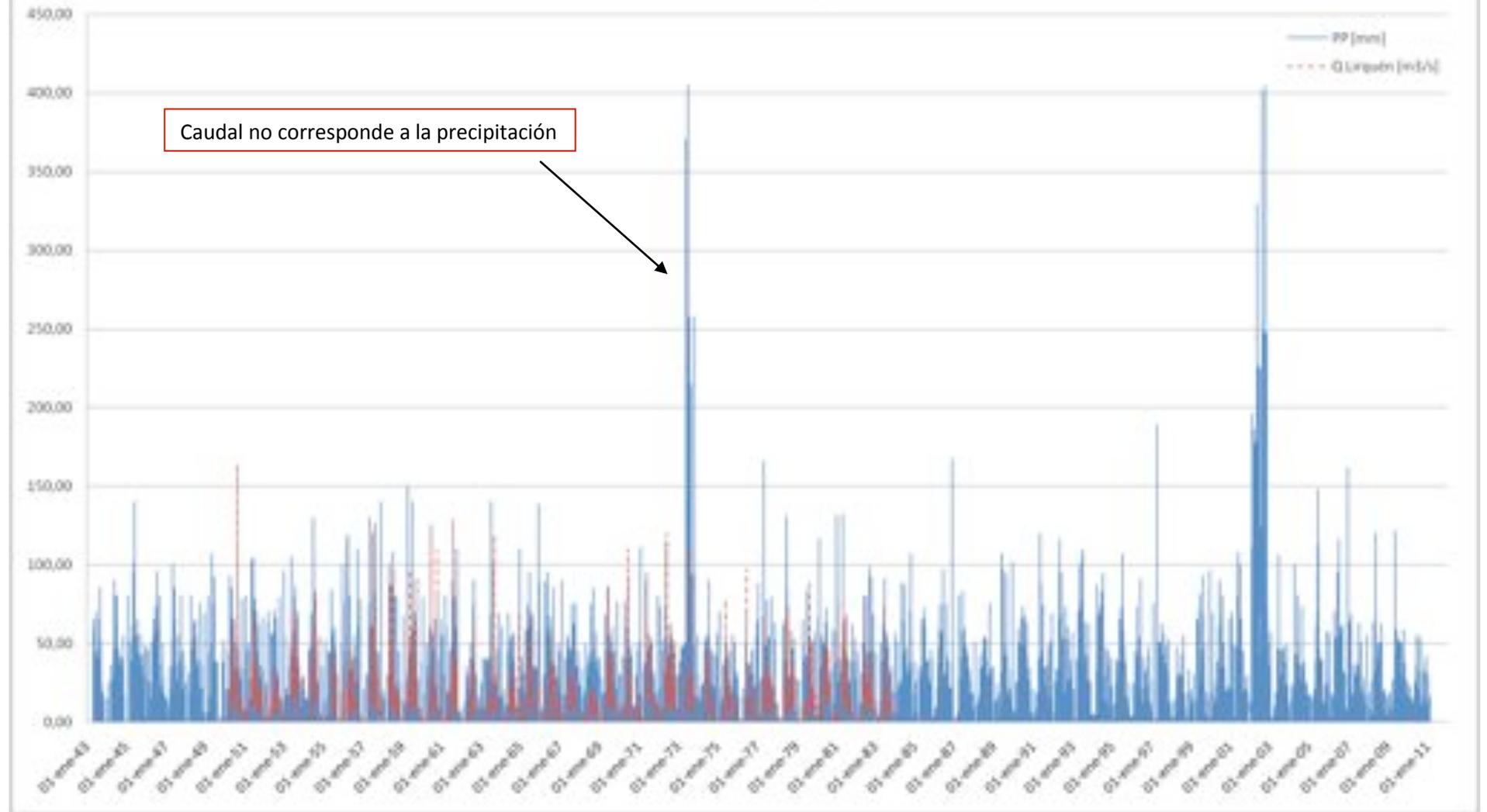
Caudal no corresponde a la precipitación



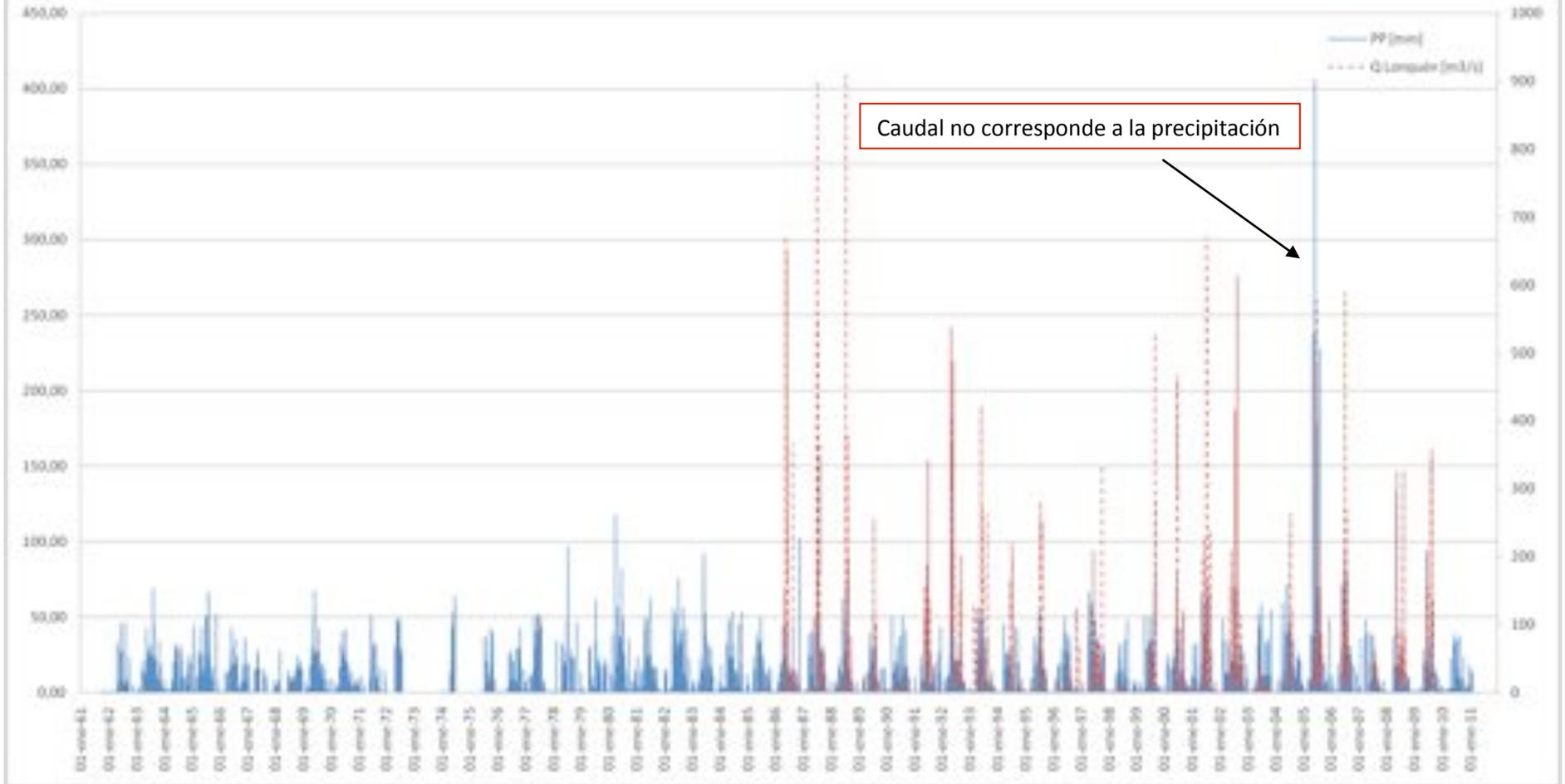
Atacalco Fundo - Precipitación



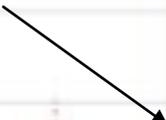
Cerro el Padre - Precipitación



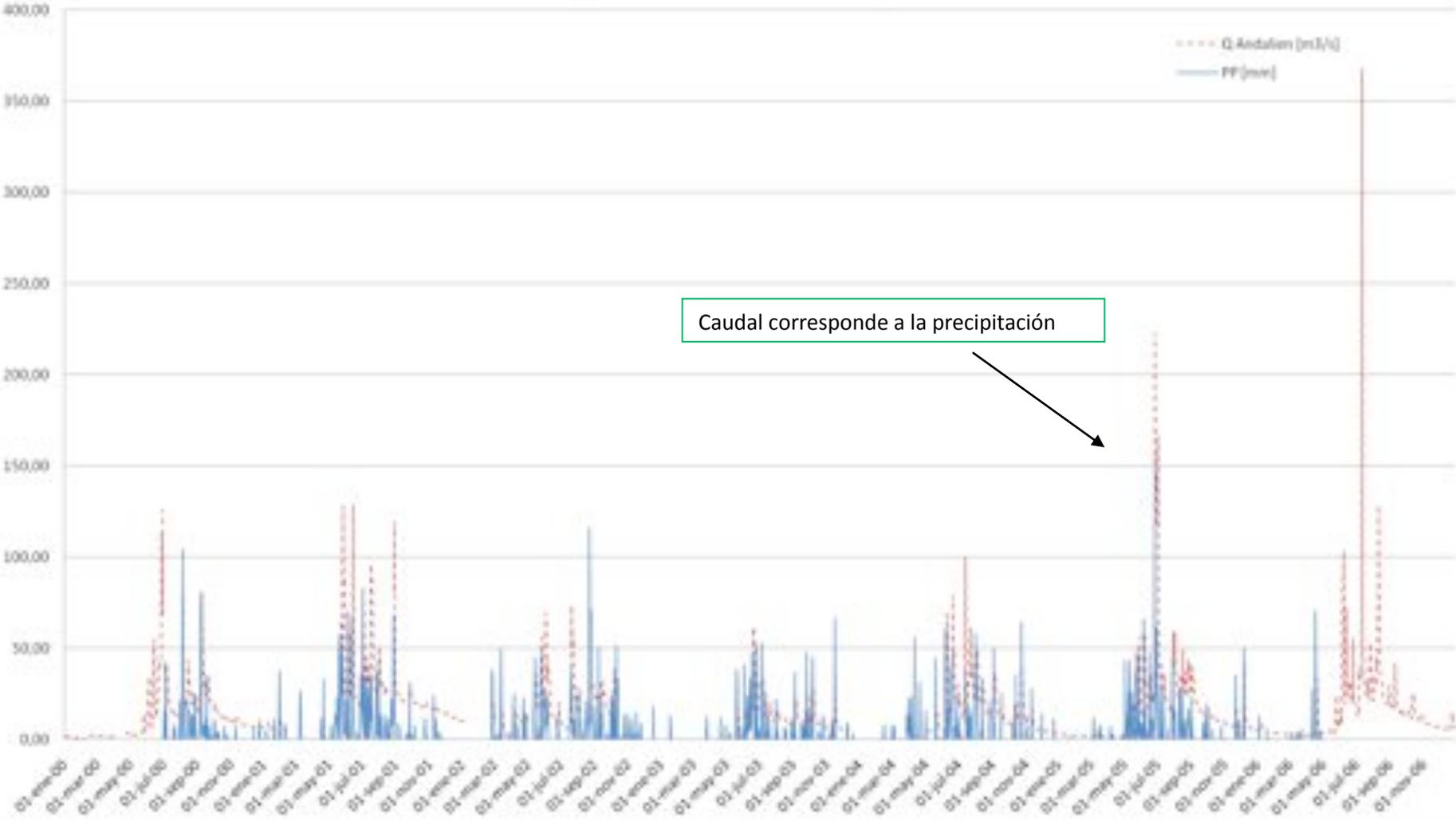
Coelemu - Precipitación



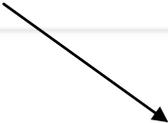
Caudal no corresponde a la precipitación



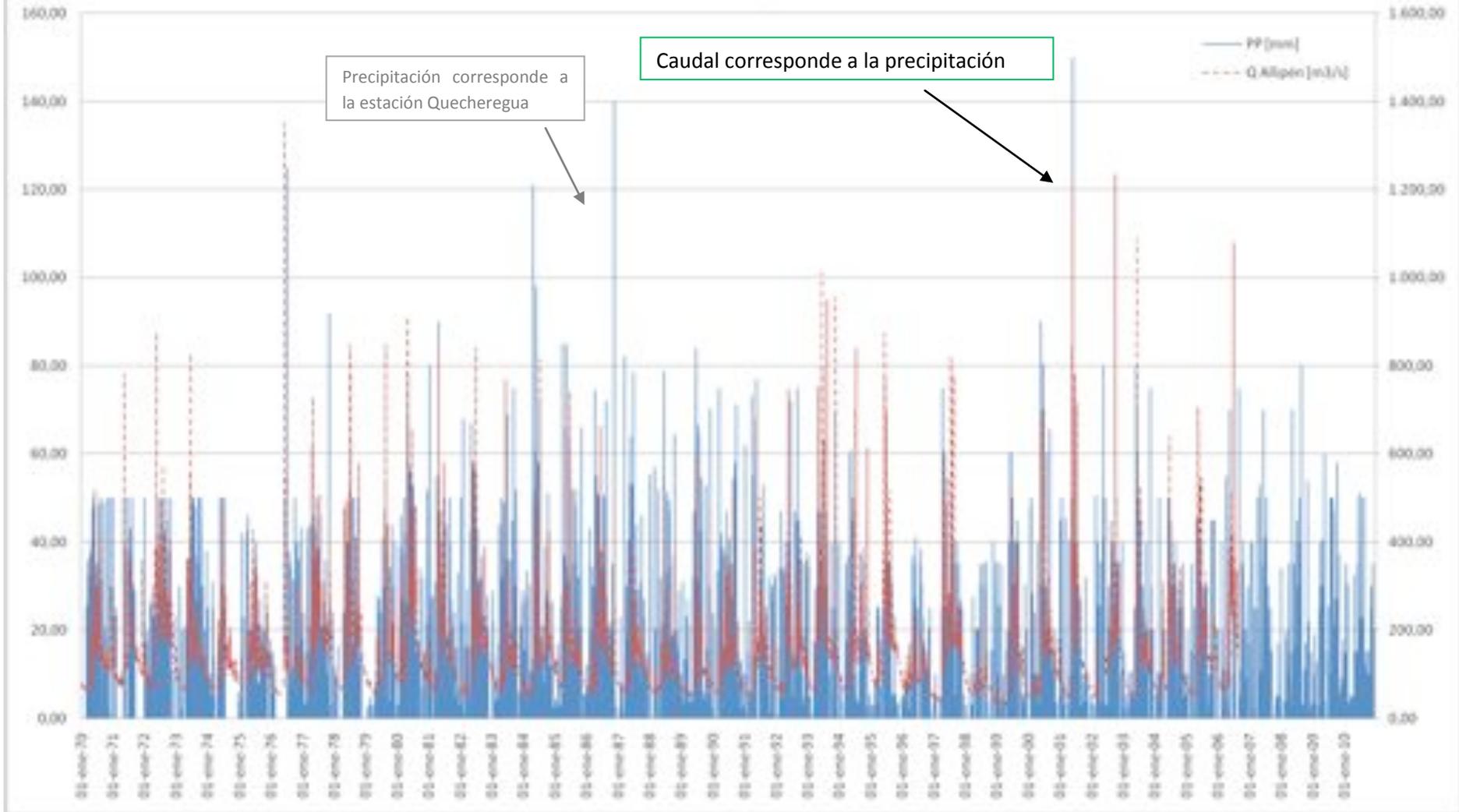
Concepción Edificio MOP - Precipitación



Caudal corresponde a la precipitación



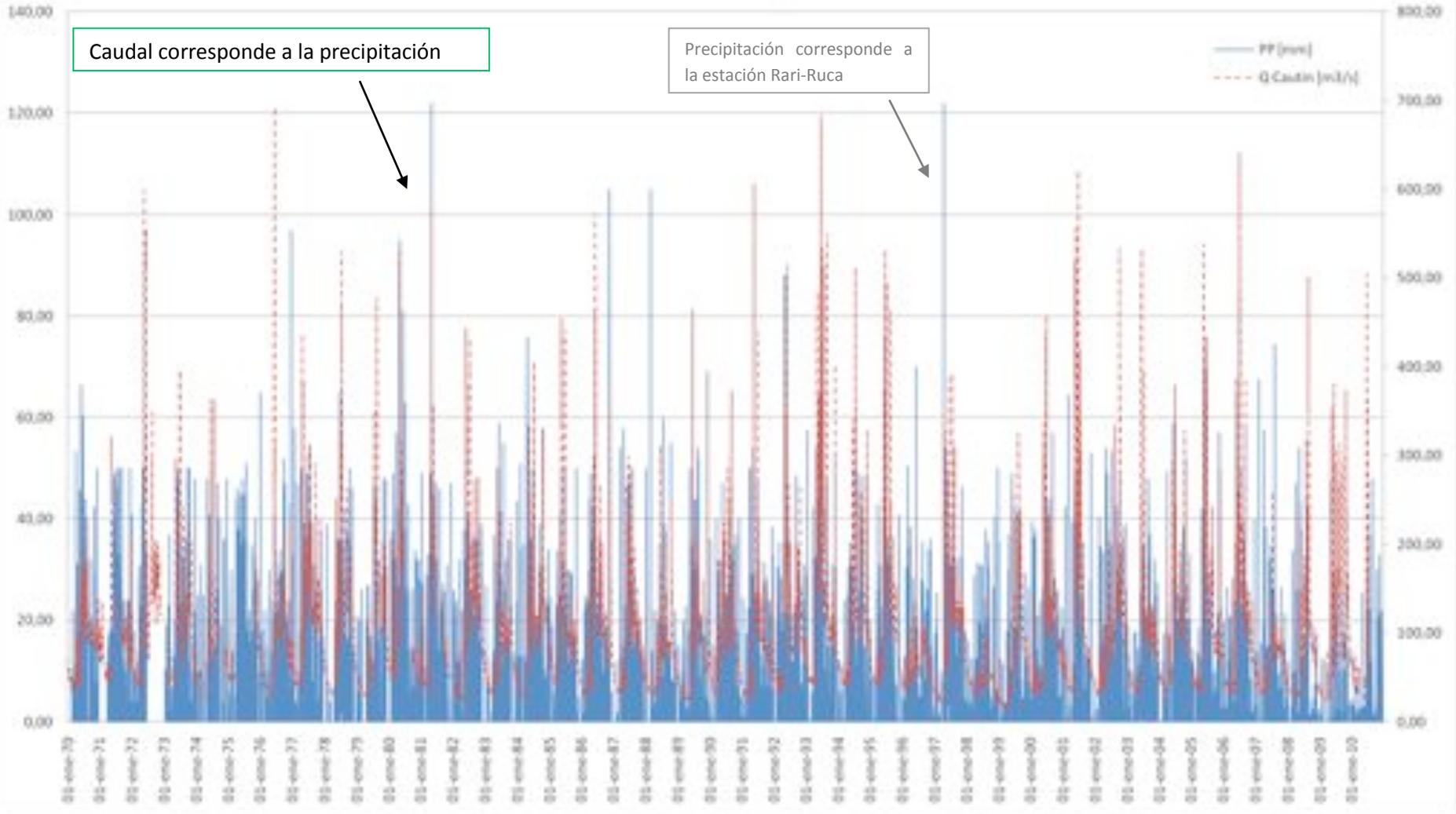
Cunco - Precipitación



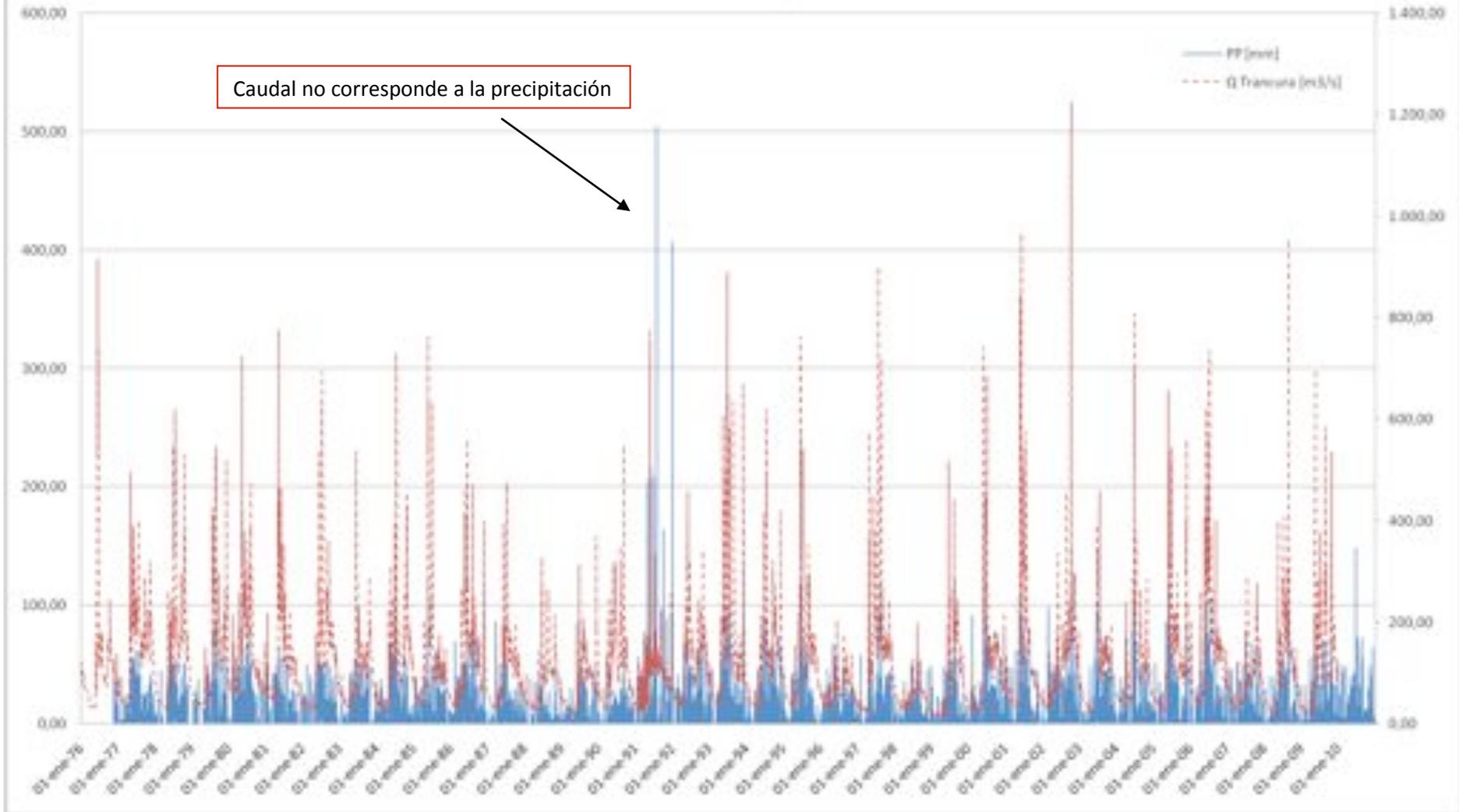
Curacautín - Precipitación

Caudal corresponde a la precipitación

Precipitación corresponde a la estación Rari-Ruca

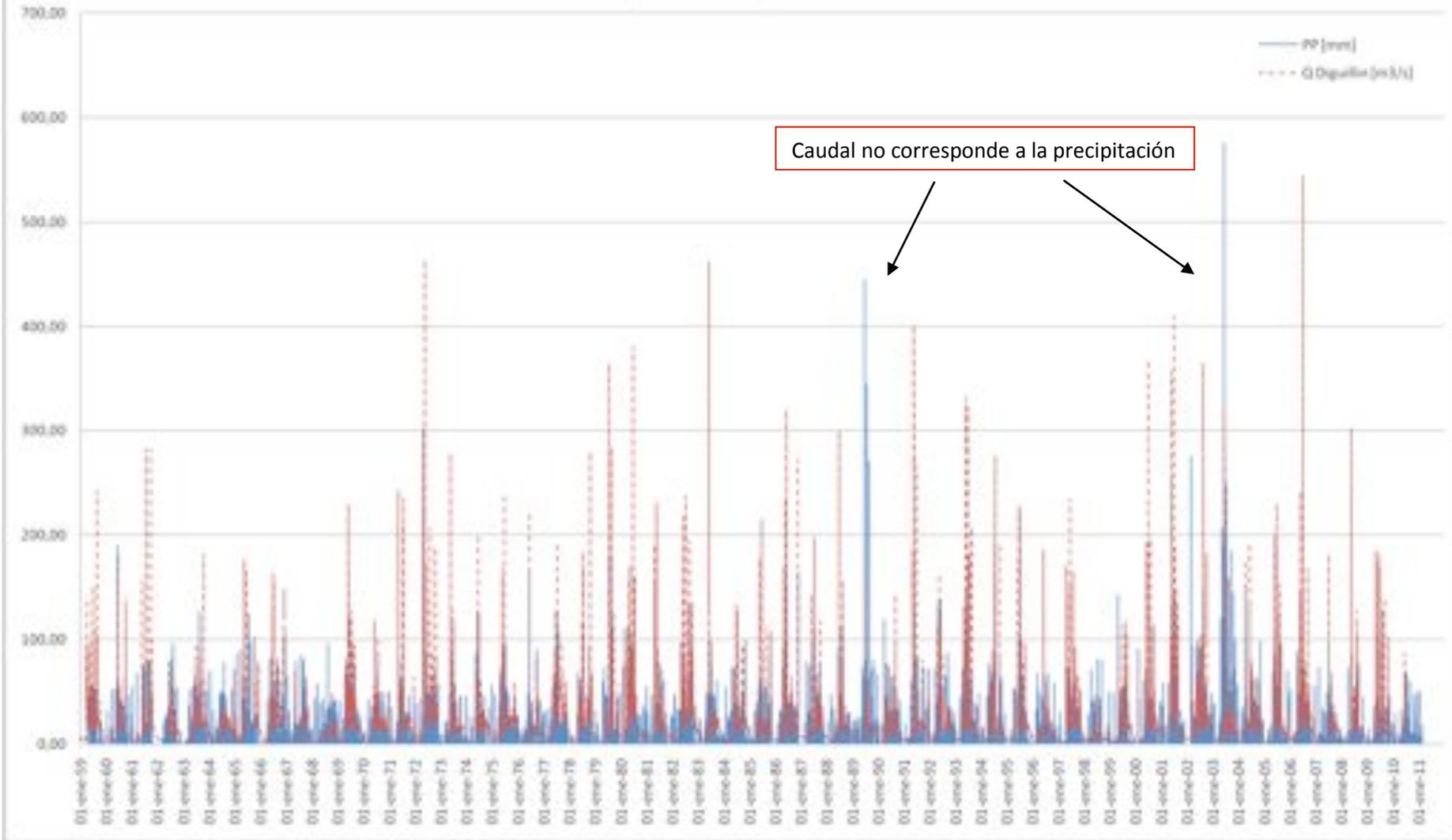


Curarrehue - Precipitación

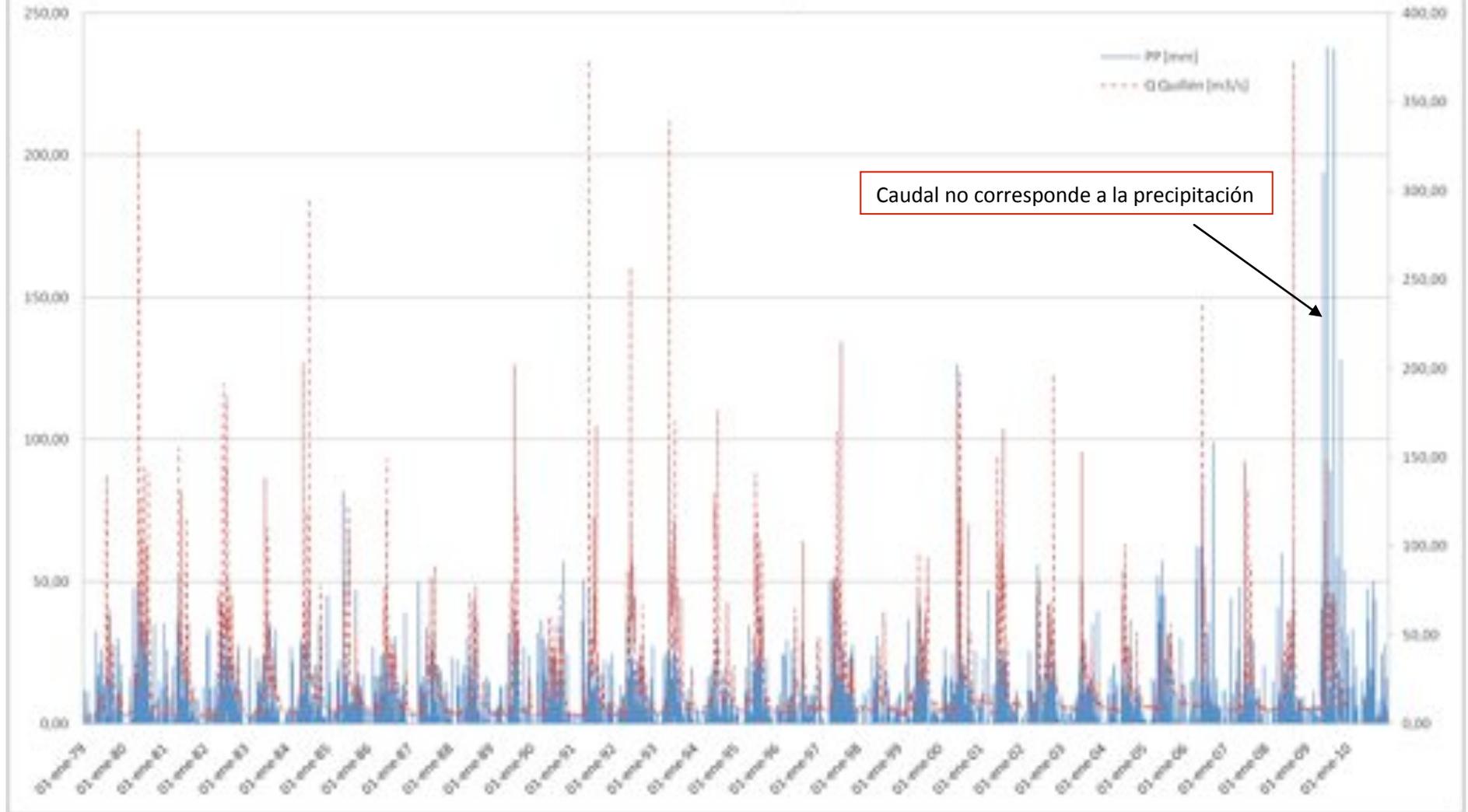


Caudal no corresponde a la precipitación

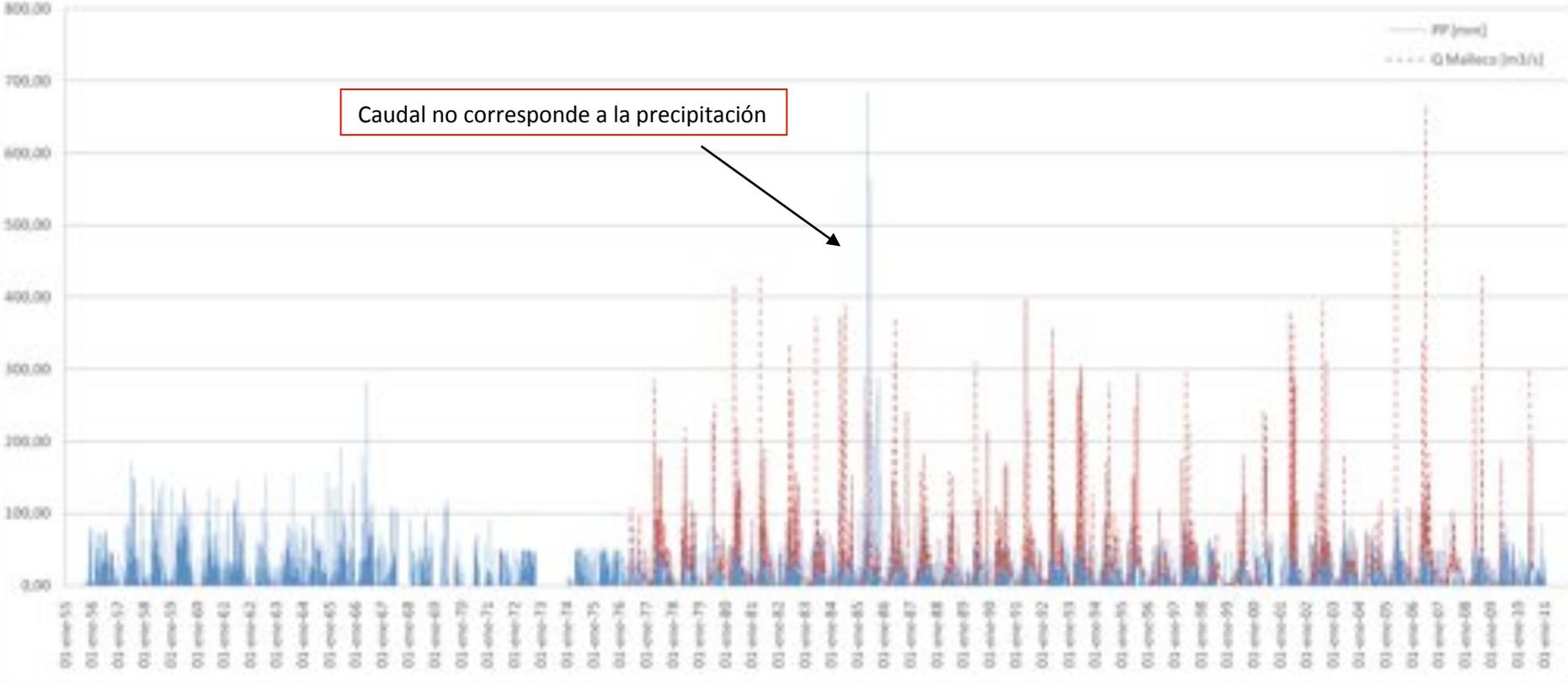
Diguillín - Precipitación



Galvarino - Precipitación



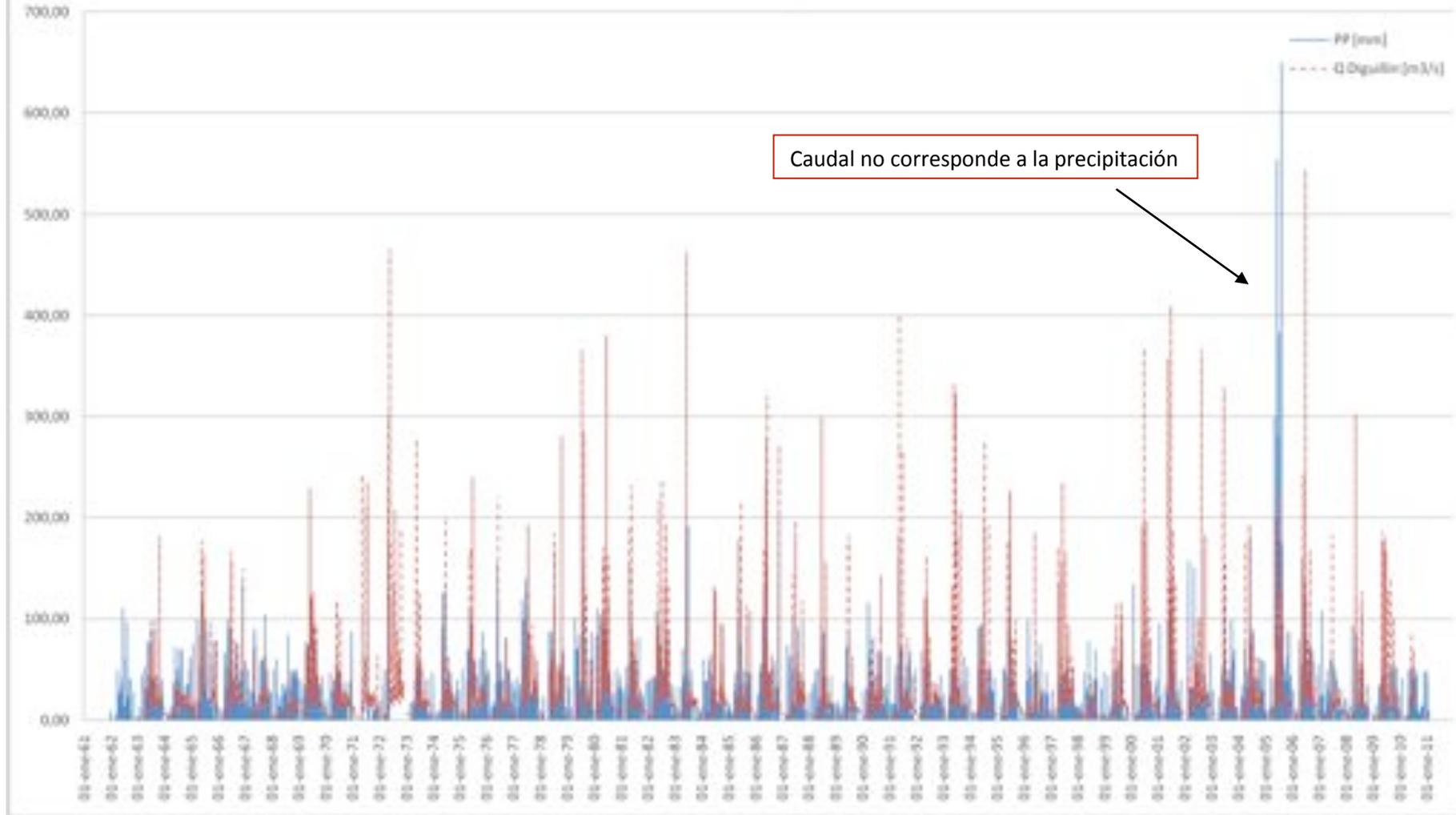
Laguna Malleco - Precipitación



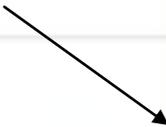
Caudal no corresponde a la precipitación



Las Trancas - Precipitación



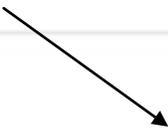
Caudal no corresponde a la precipitación



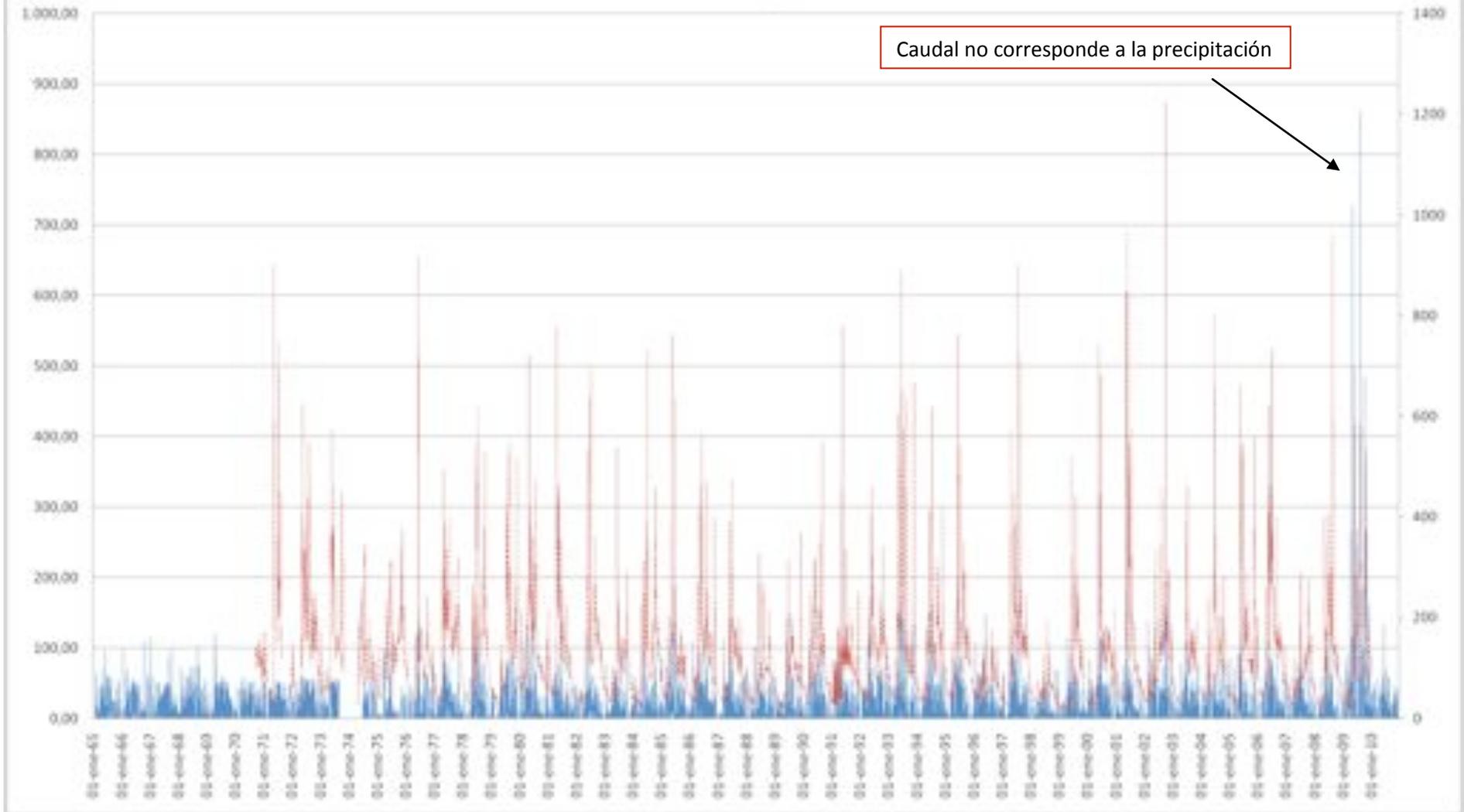
Lautaro - Precipitación



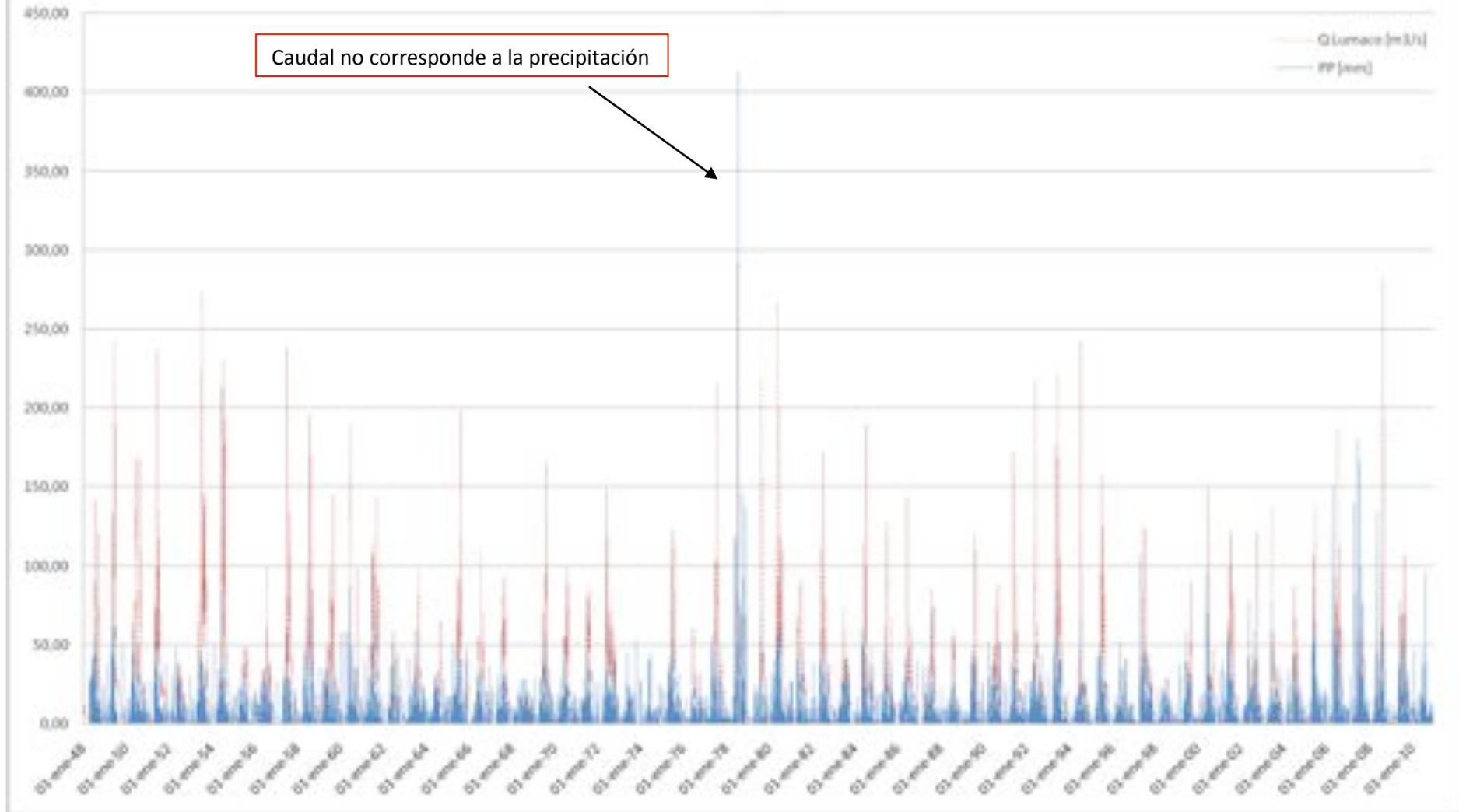
Caudal no corresponde a la precipitación



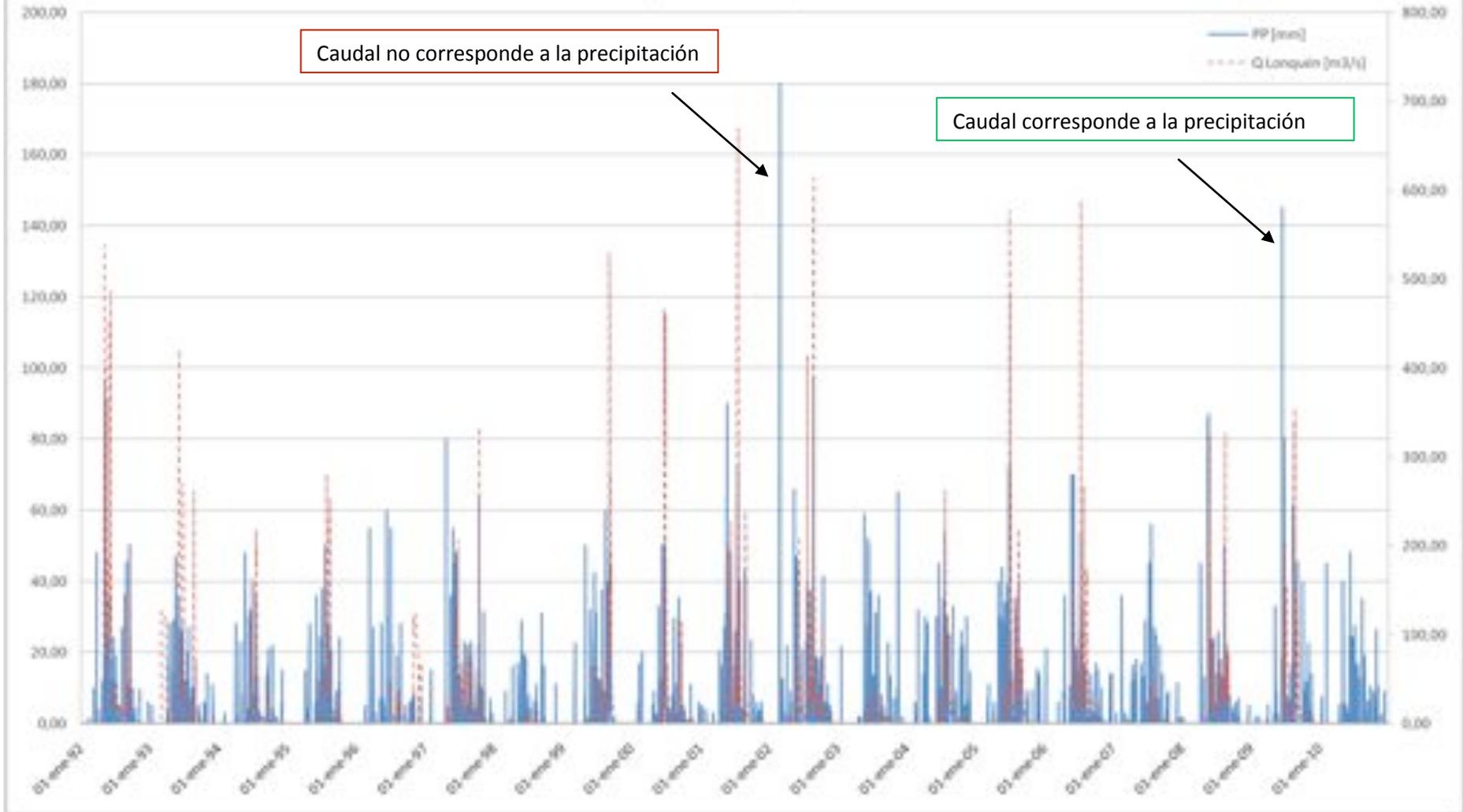
Llafenco - Precipitación



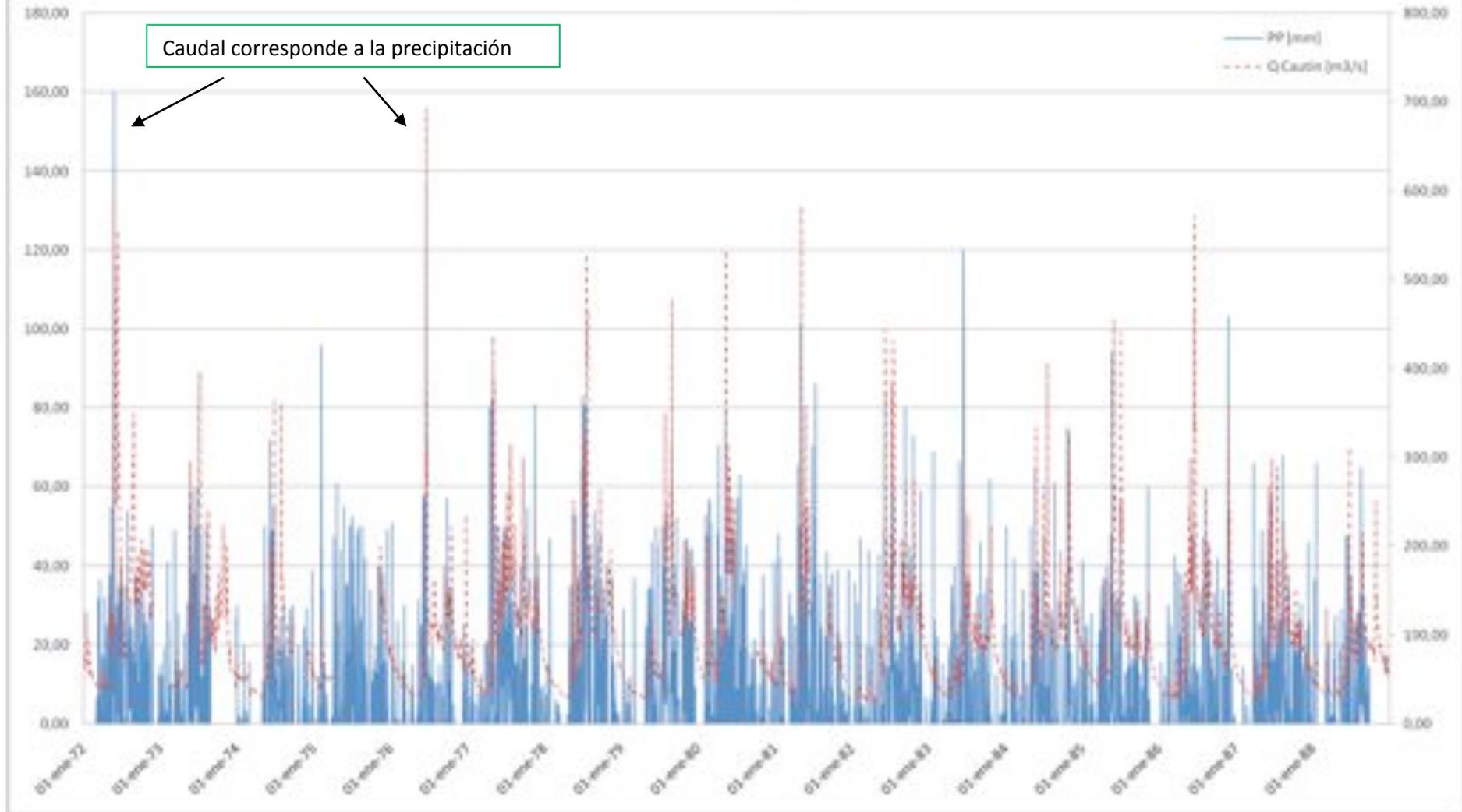
Lumaco - Precipitación



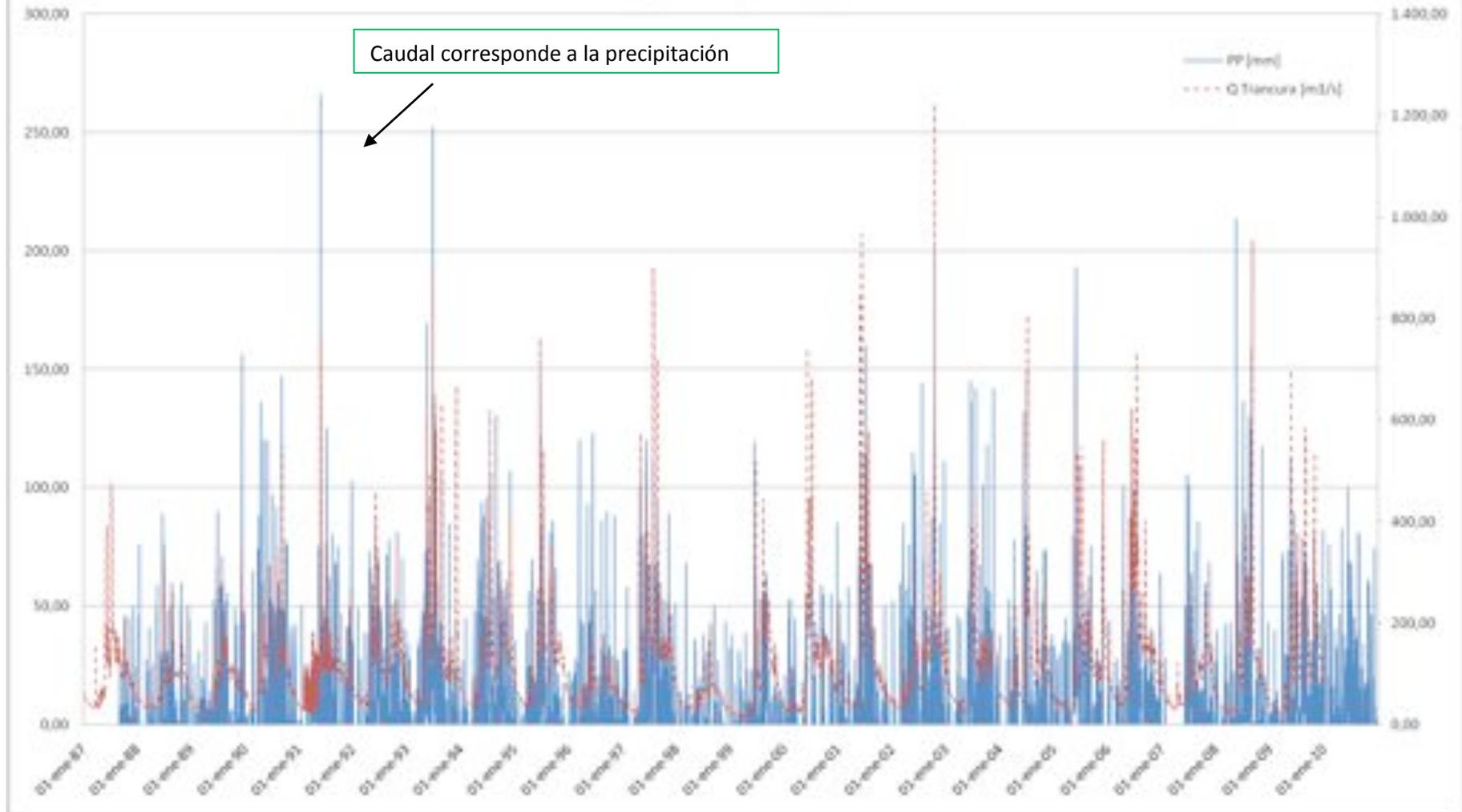
Mangarral - Precipitación



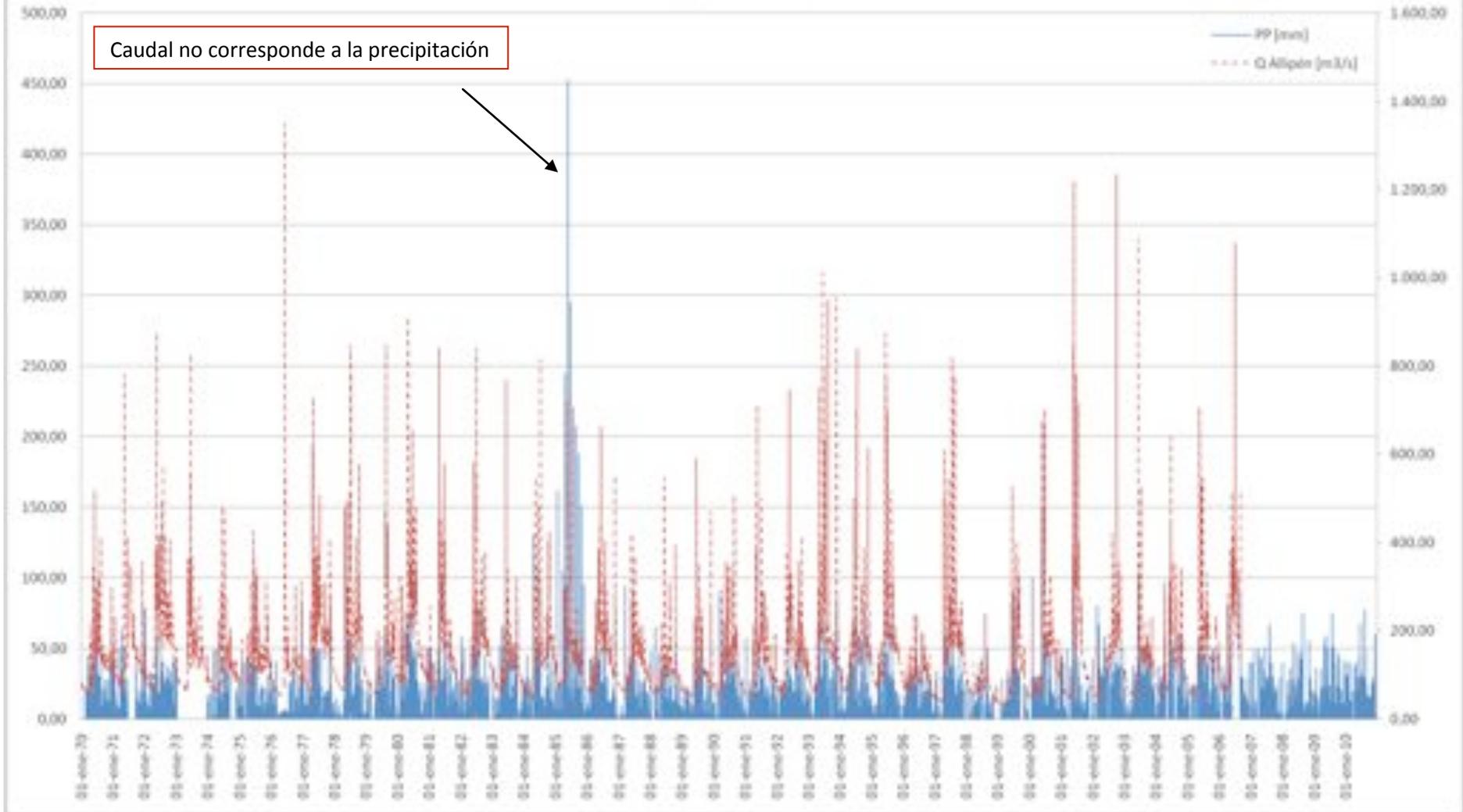
Manzanar - Precipitación



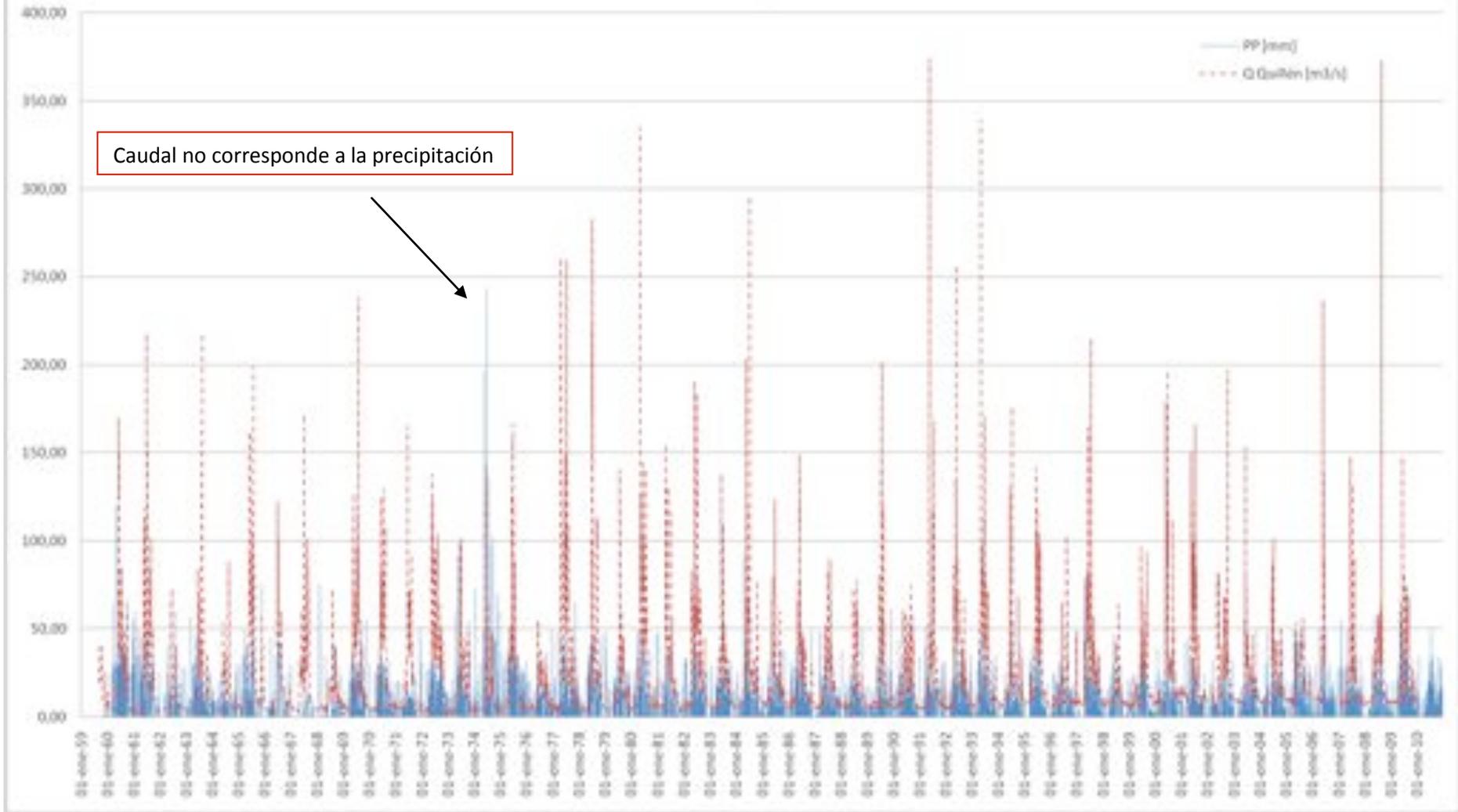
Puesco (Aduana) - Precipitación



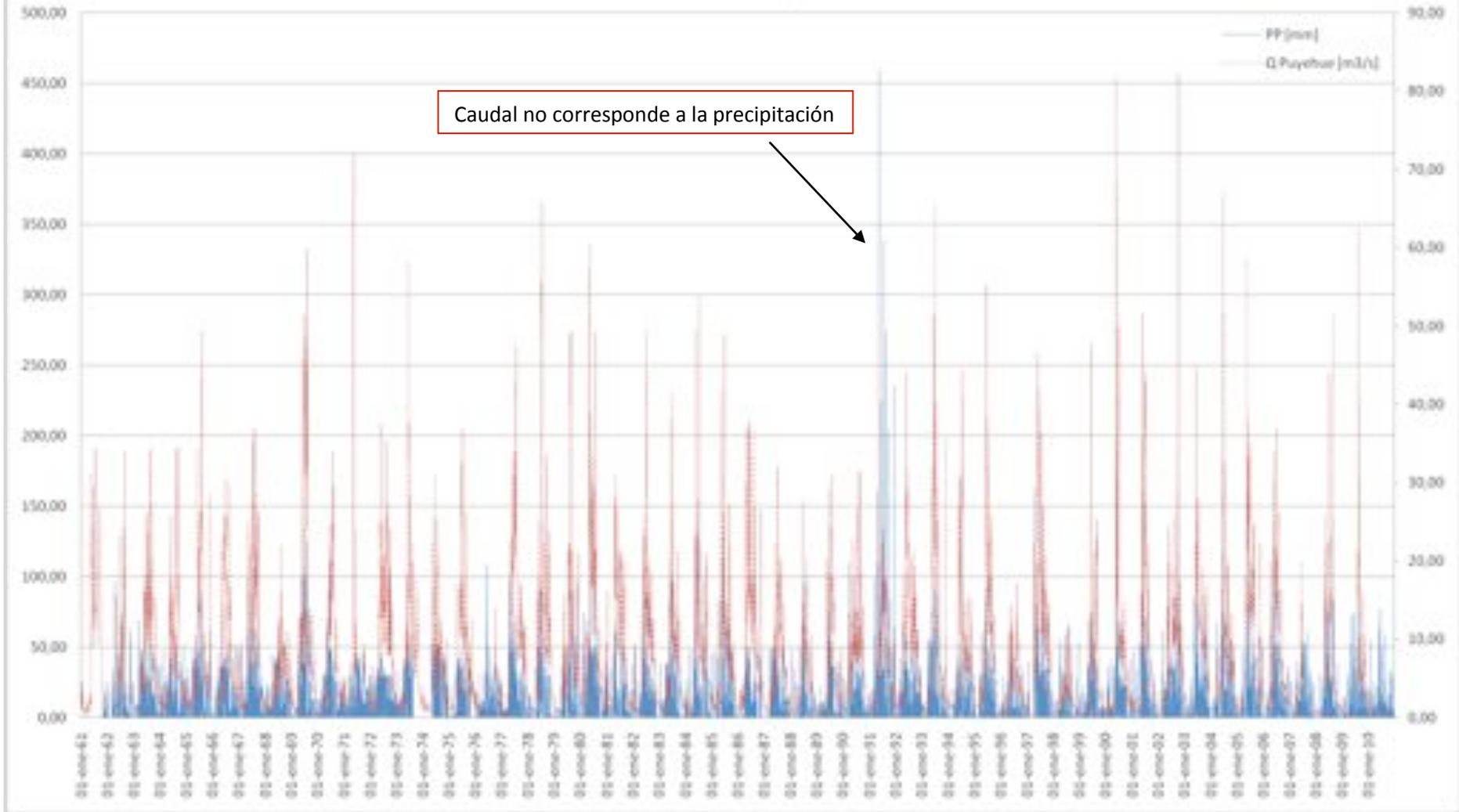
Quecheregua - Precipitación



Quillén - Precipitación

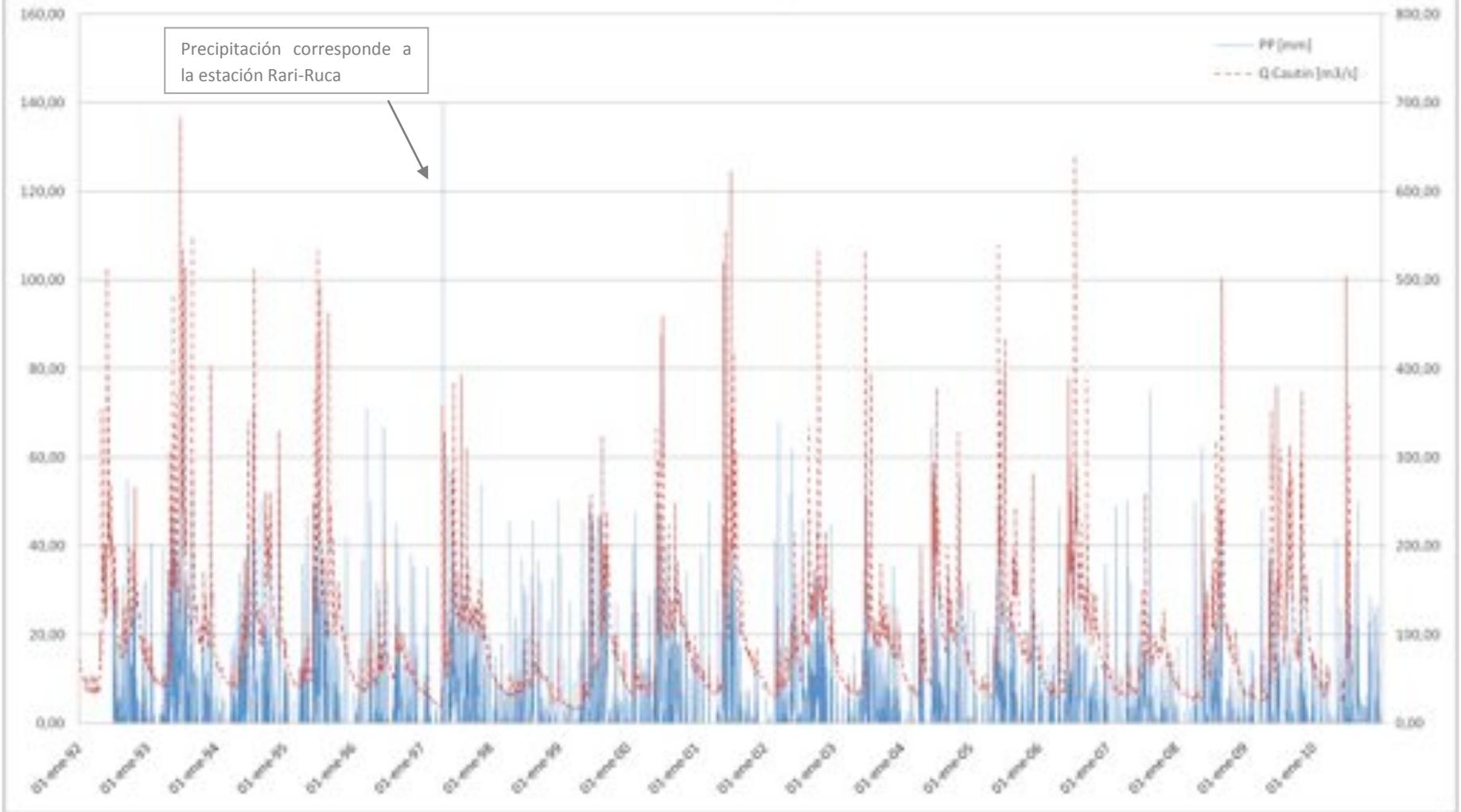


Quitratue - Precipitación



Rari-Ruca - Precipitación

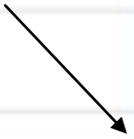
Precipitación corresponde a la estación Rari-Ruca



San Lorenzo Fundo - Precipitación

PP (mm)
Q. Diguilla (m³/s)

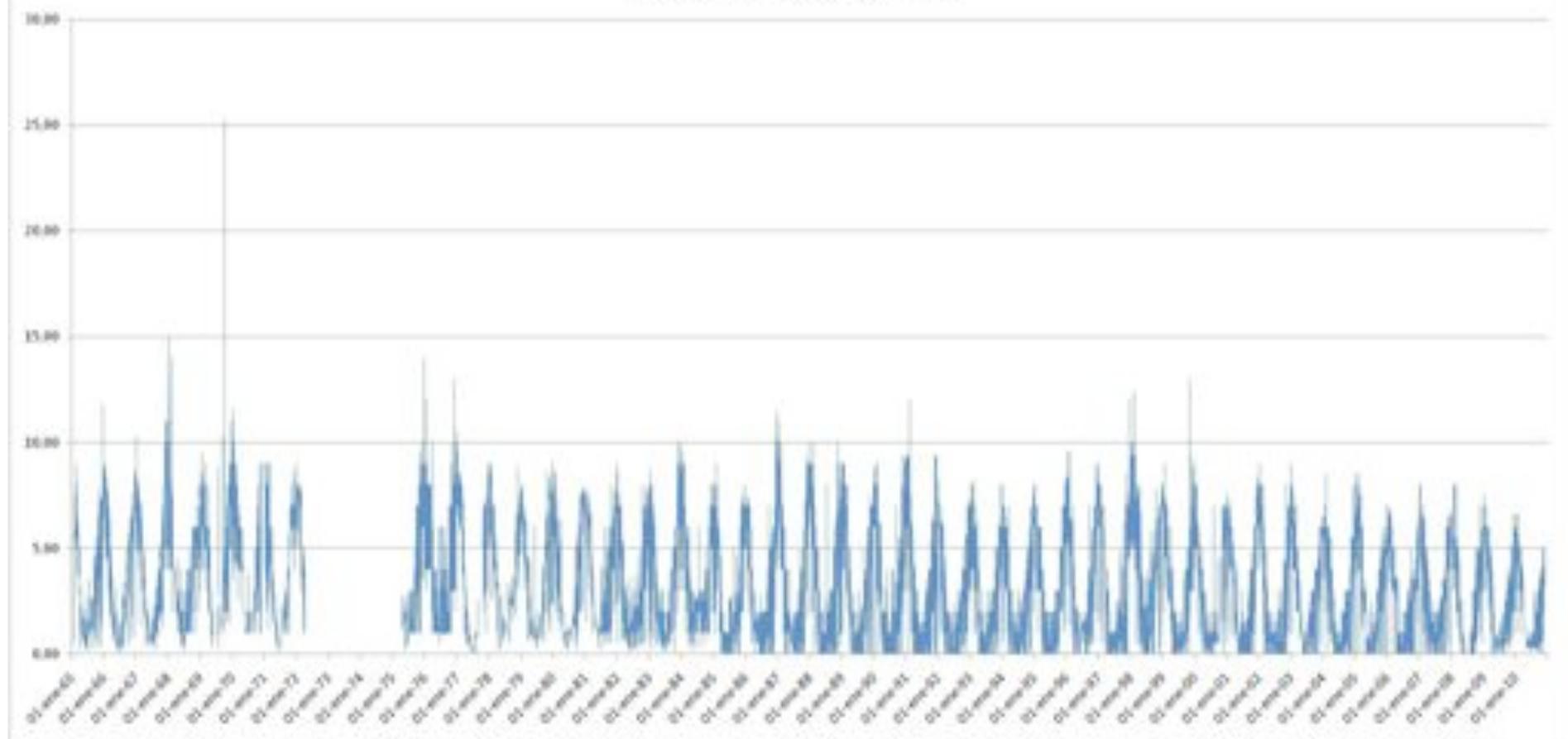
Caudal no corresponde a la precipitación



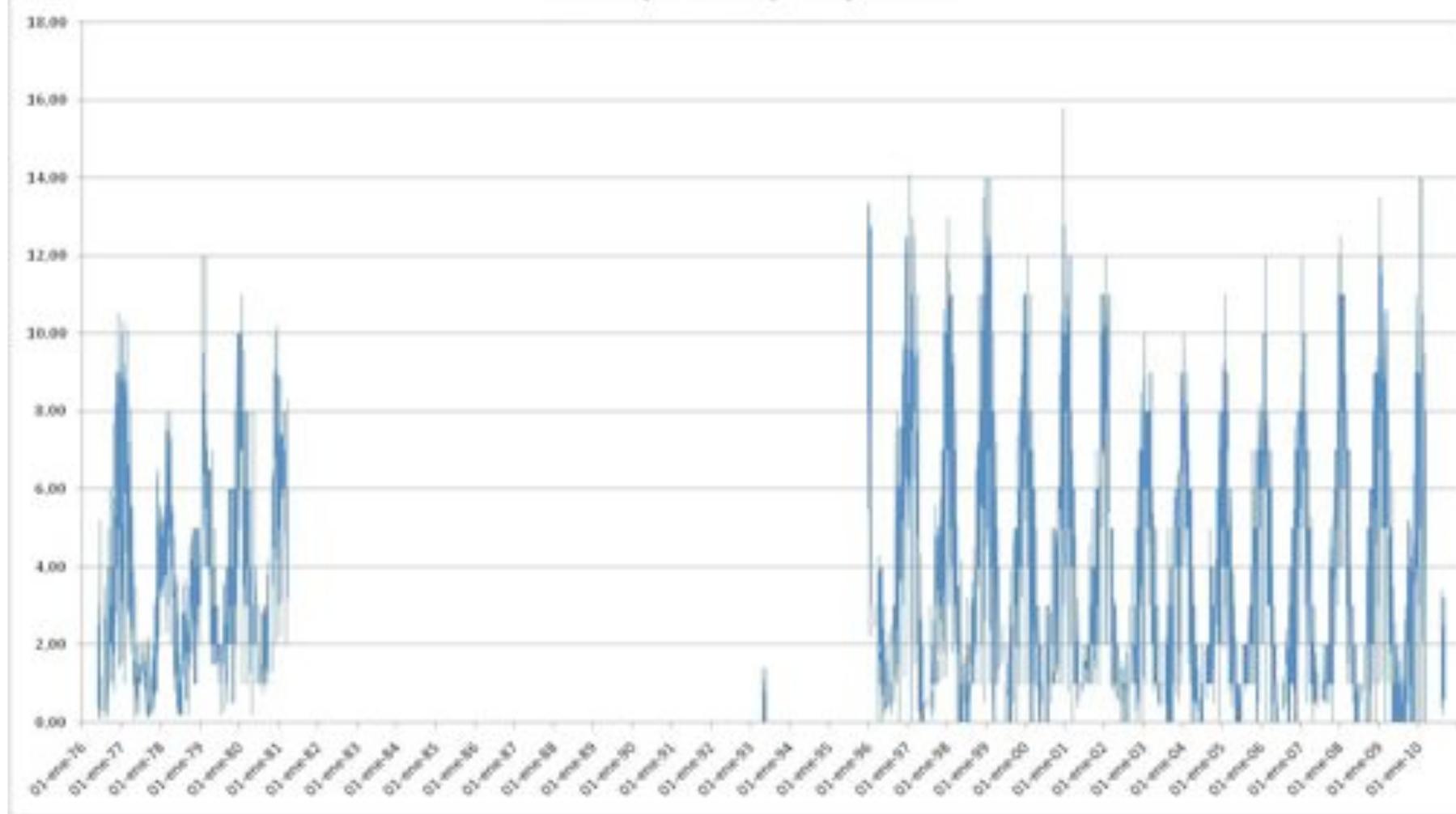
Anexo E

Gráficos – Datos diarios de la evaporación [mm]

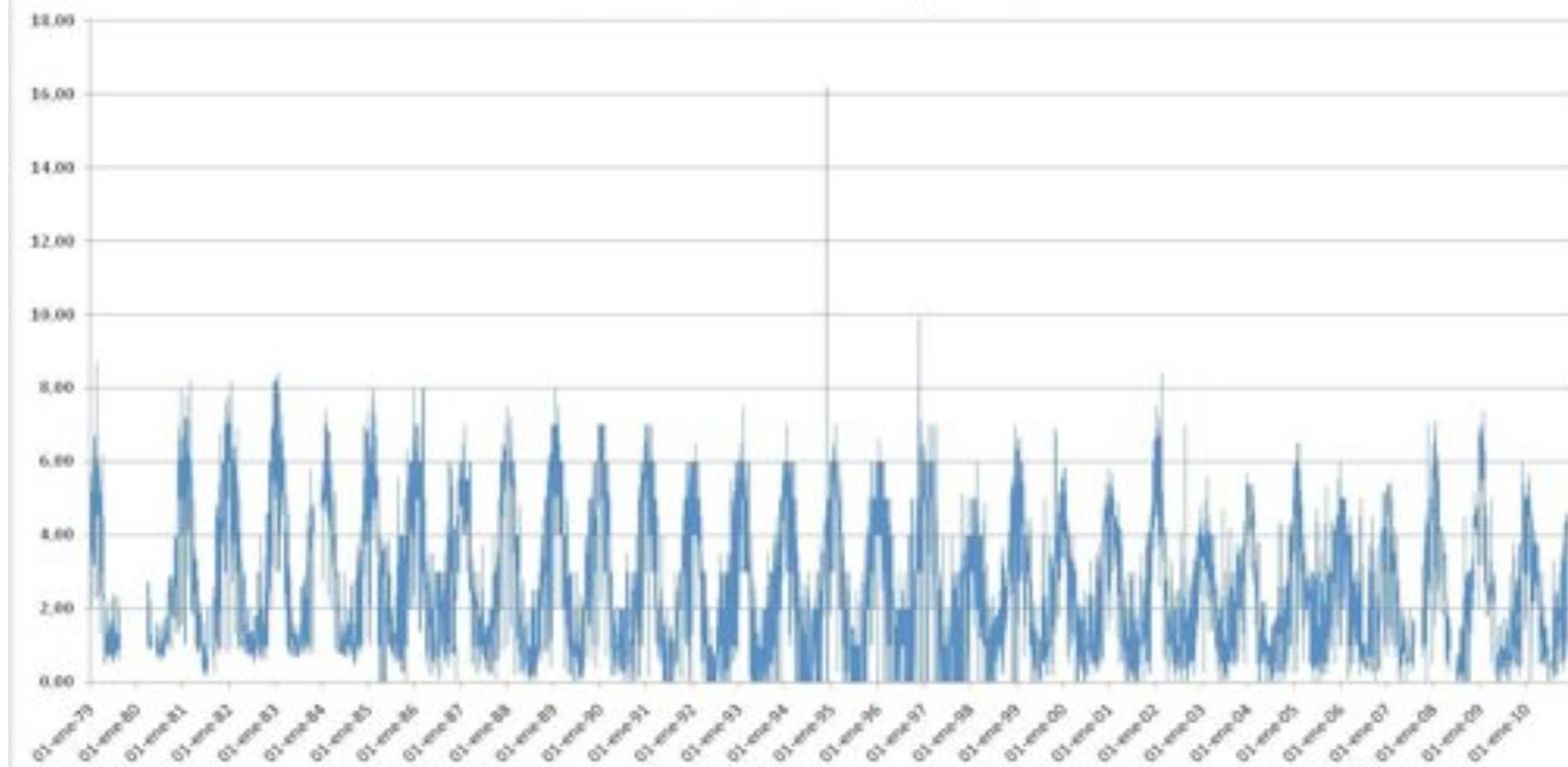
ANCOA EMBALSE - Evaporación



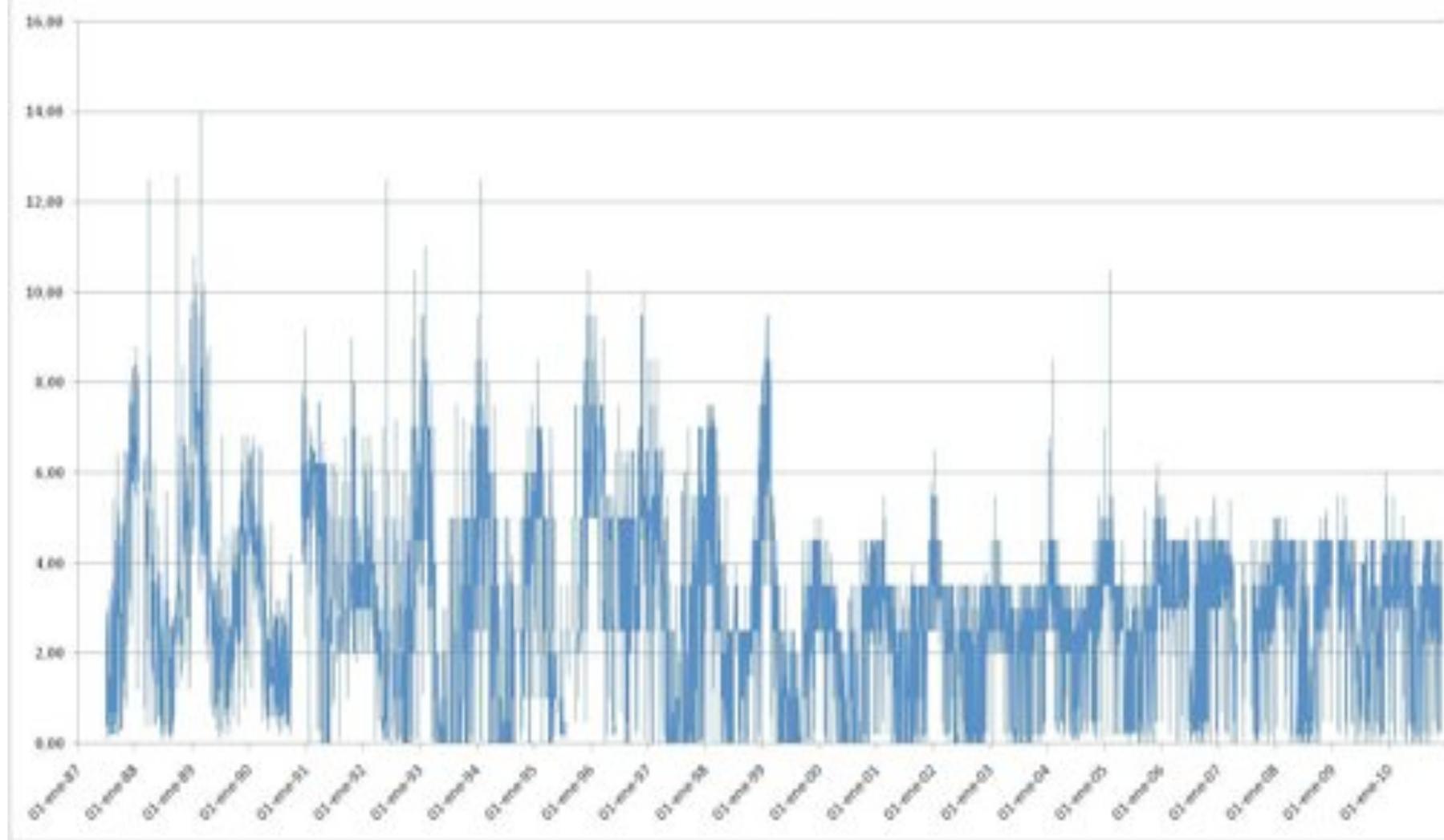
ANGOL (LA MONA) - Evaporación



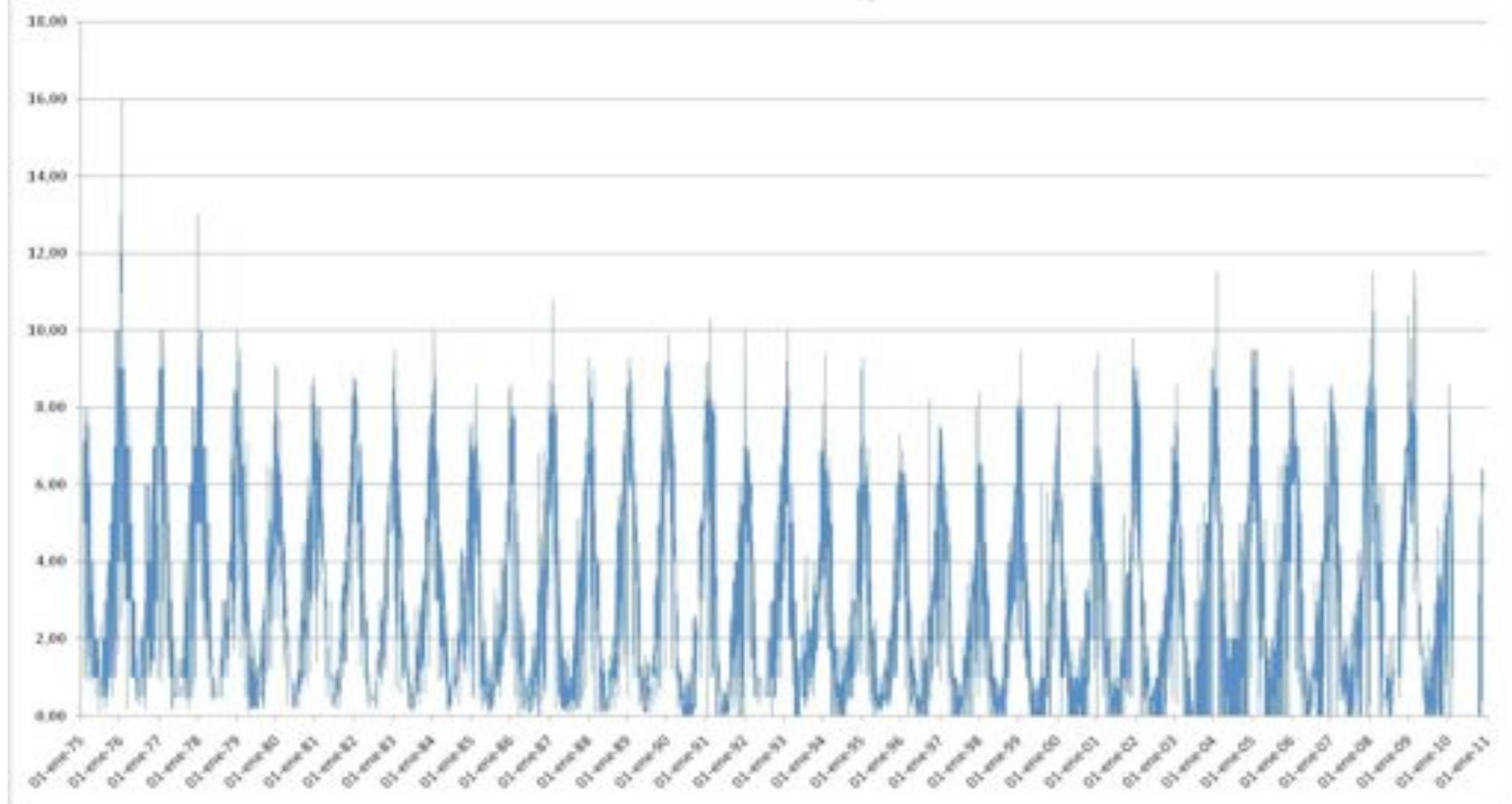
BULLILEO EMBALSE - Evaporación



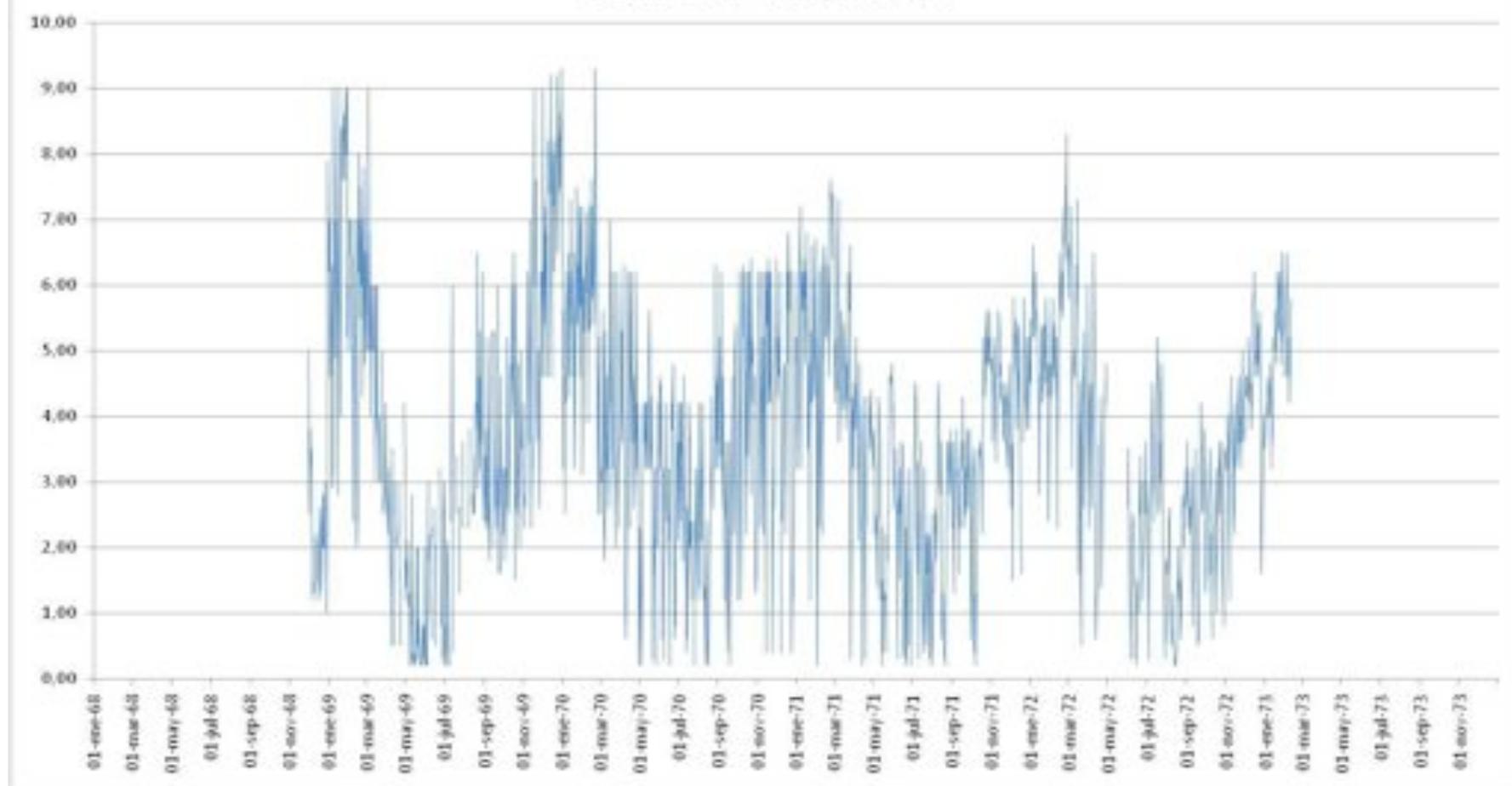
CARACOL - Evaporación



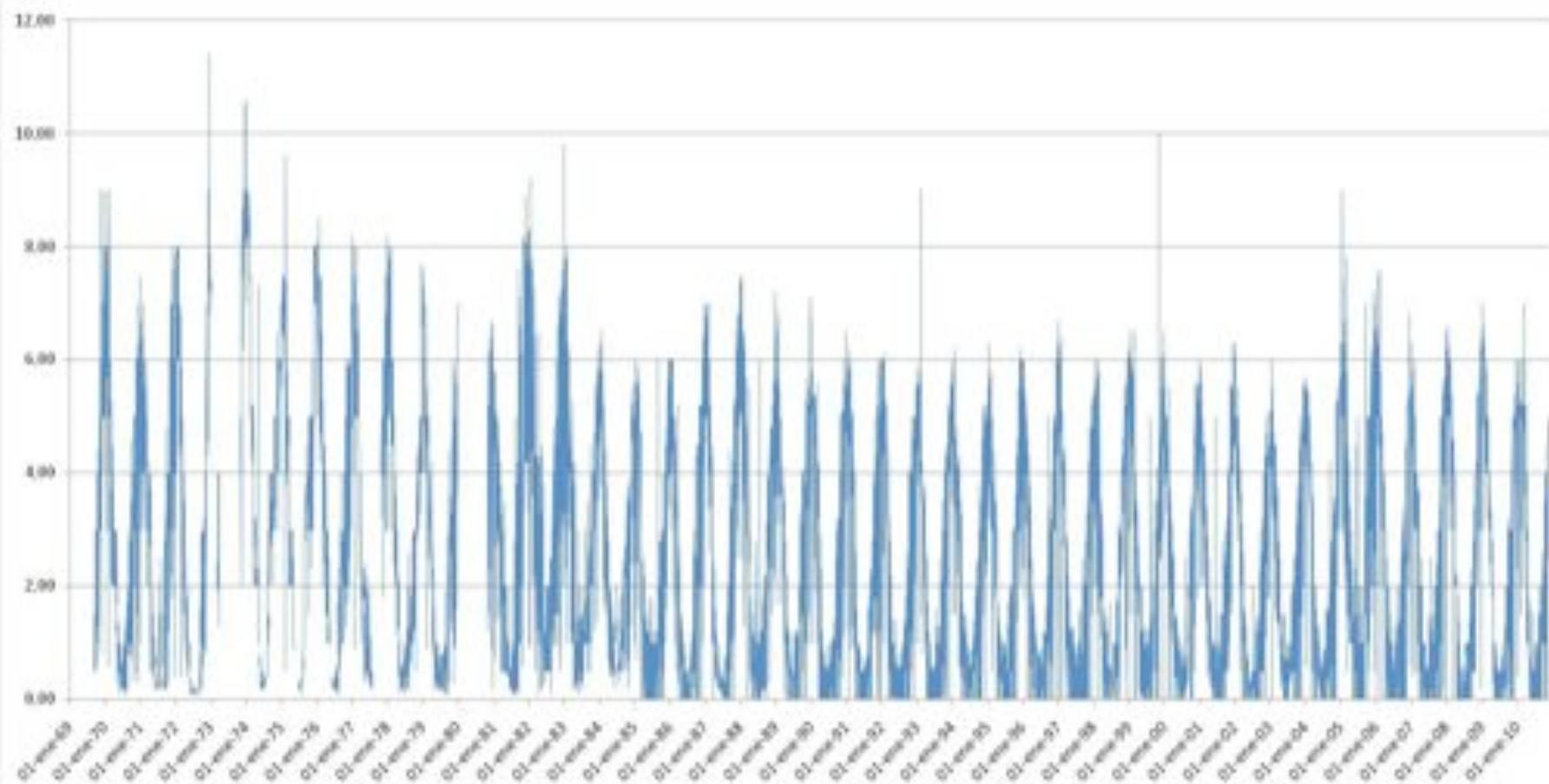
COIHUECO EMBALSE - Evaporación



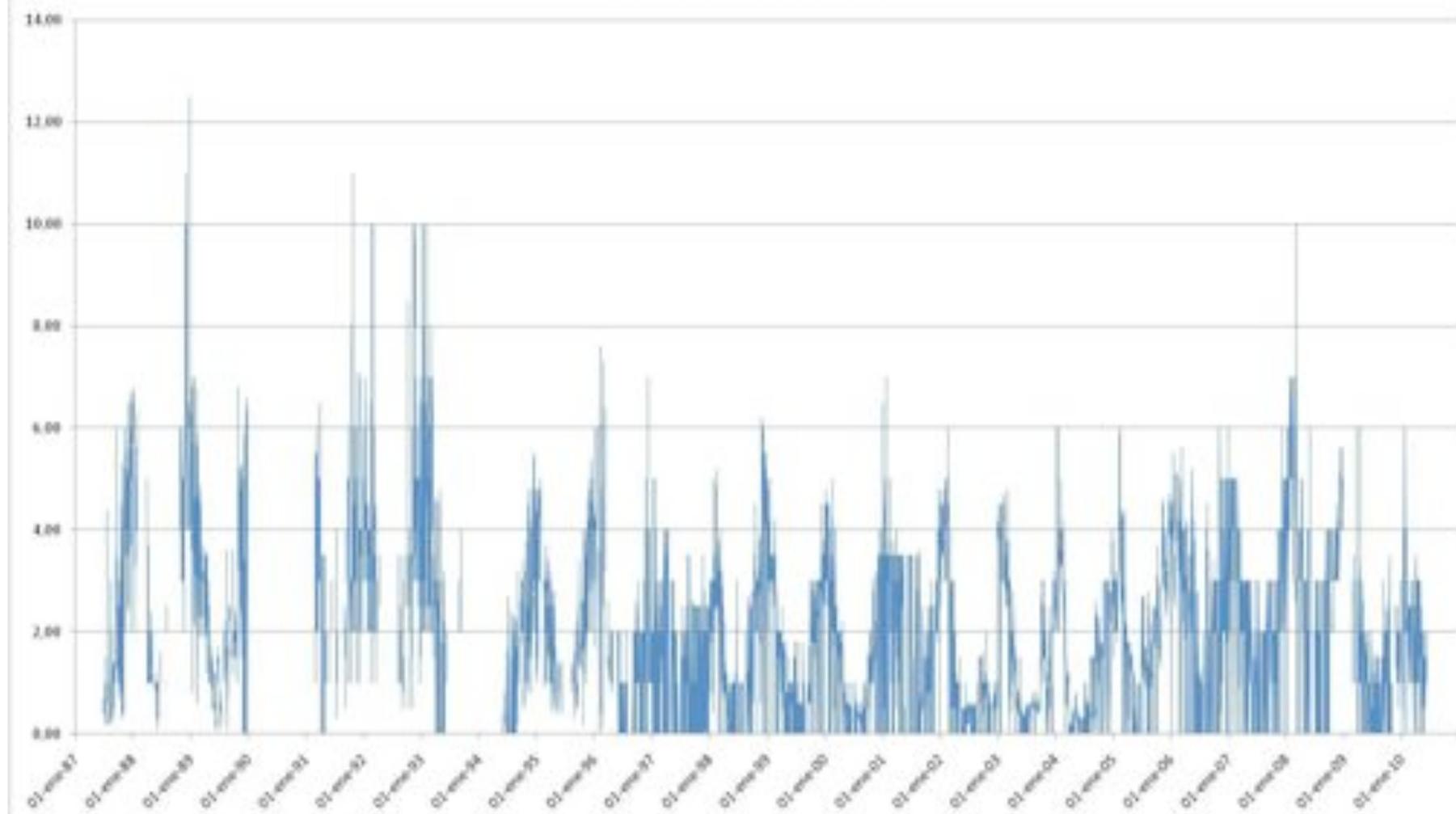
COLLIPULLI - Evaporación



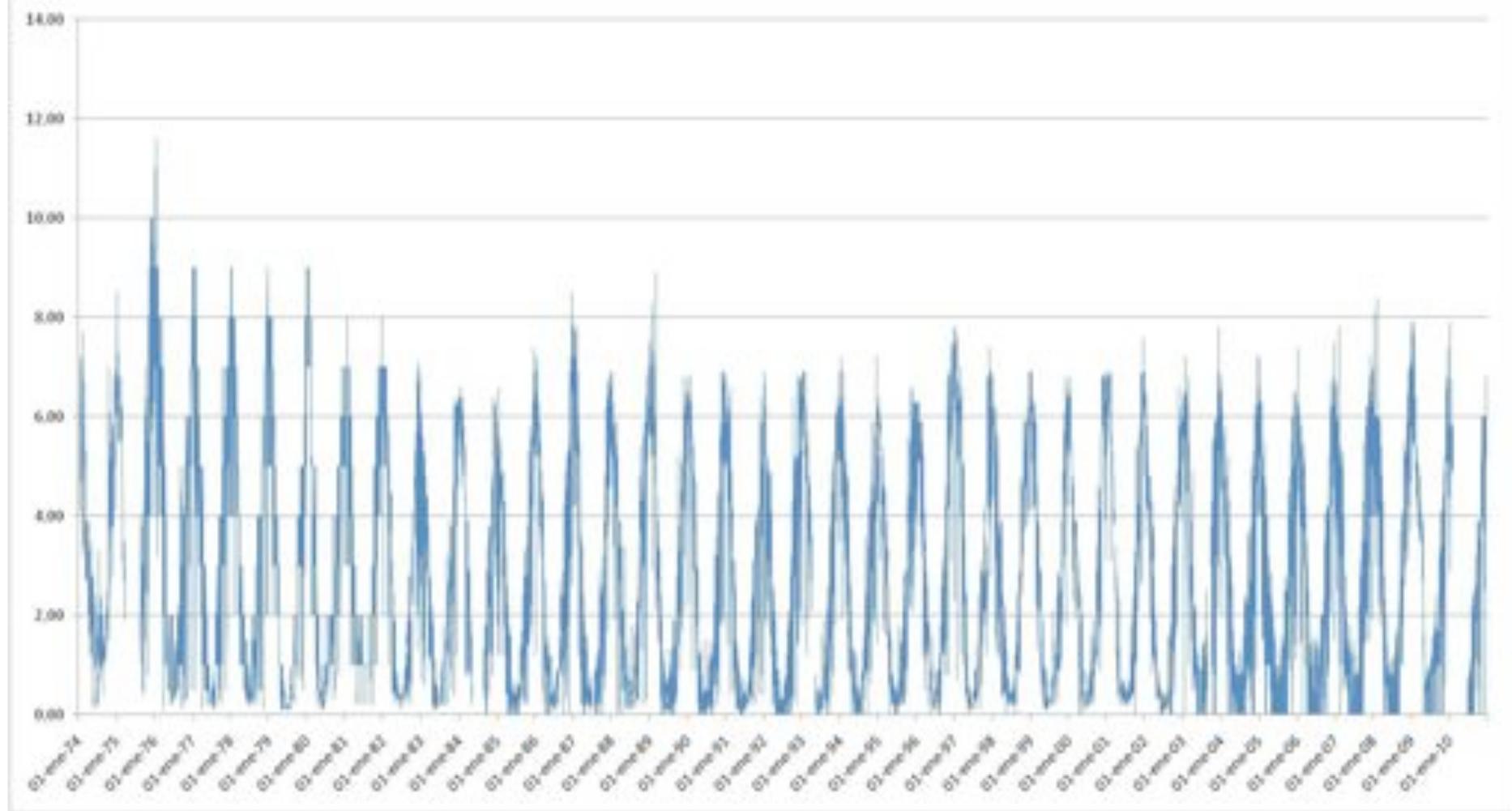
COLORADO - Evaporación



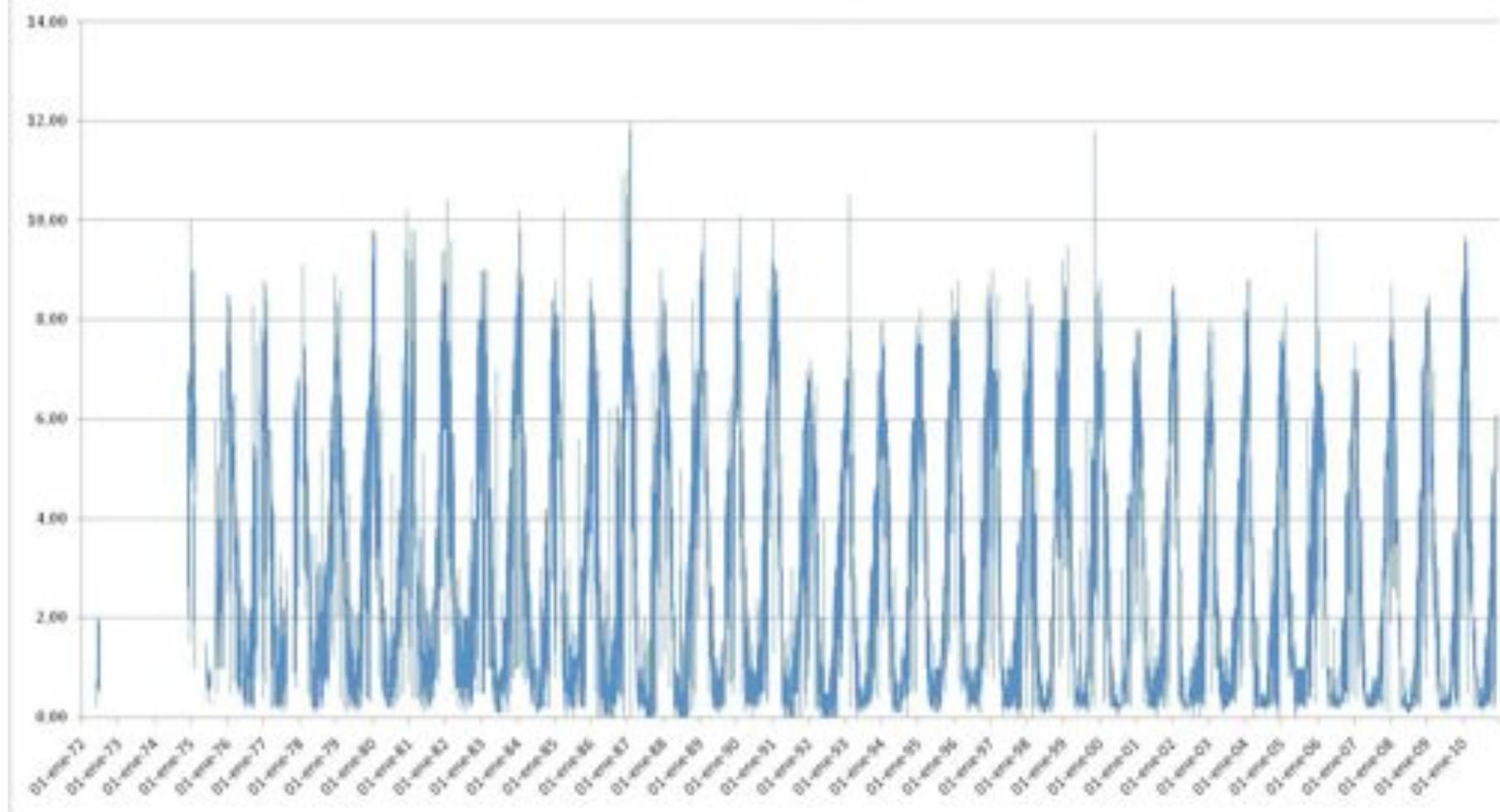
CONTULMO - Evaporación



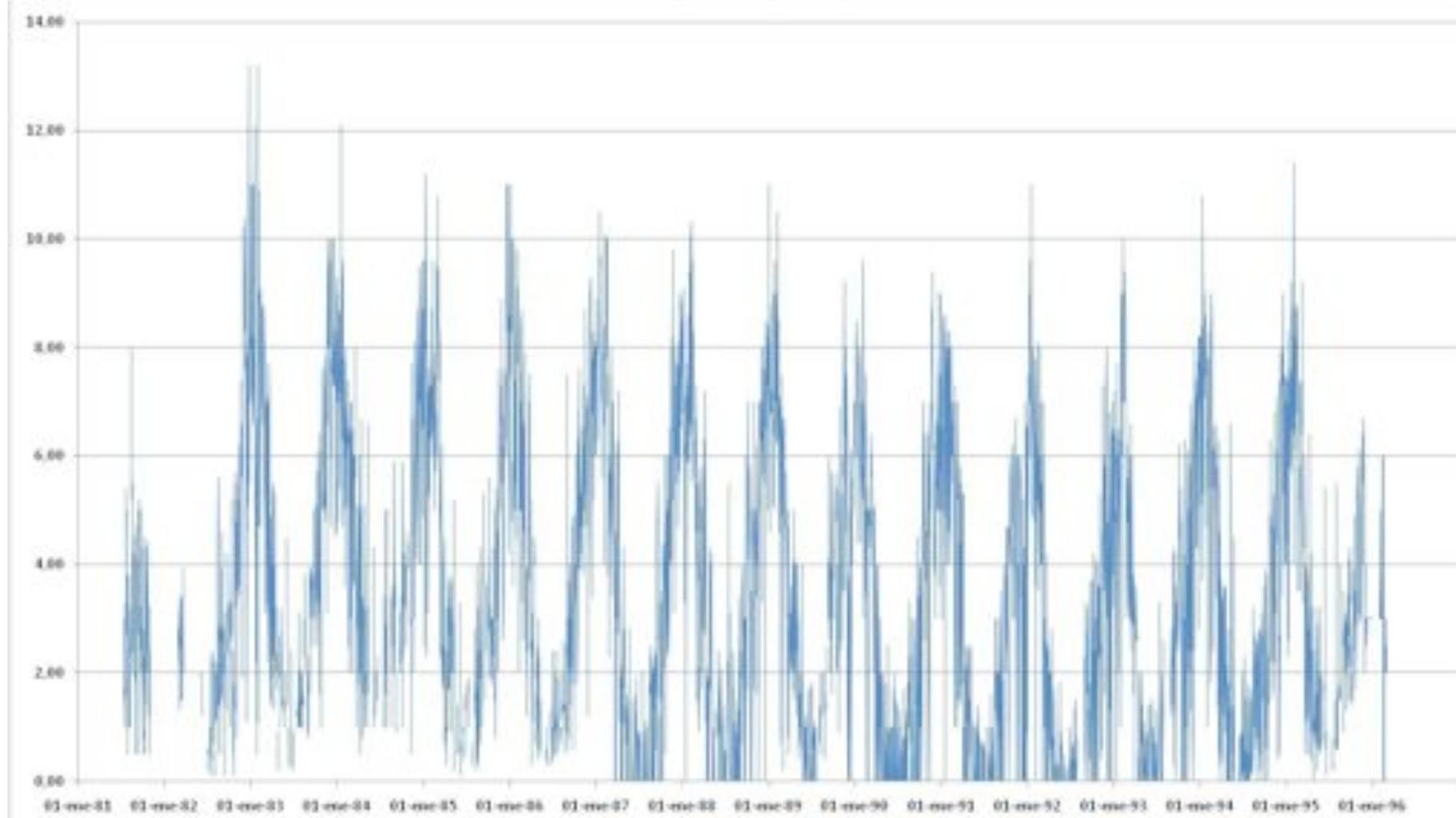
CONVENTO VIEJO - Evaporación



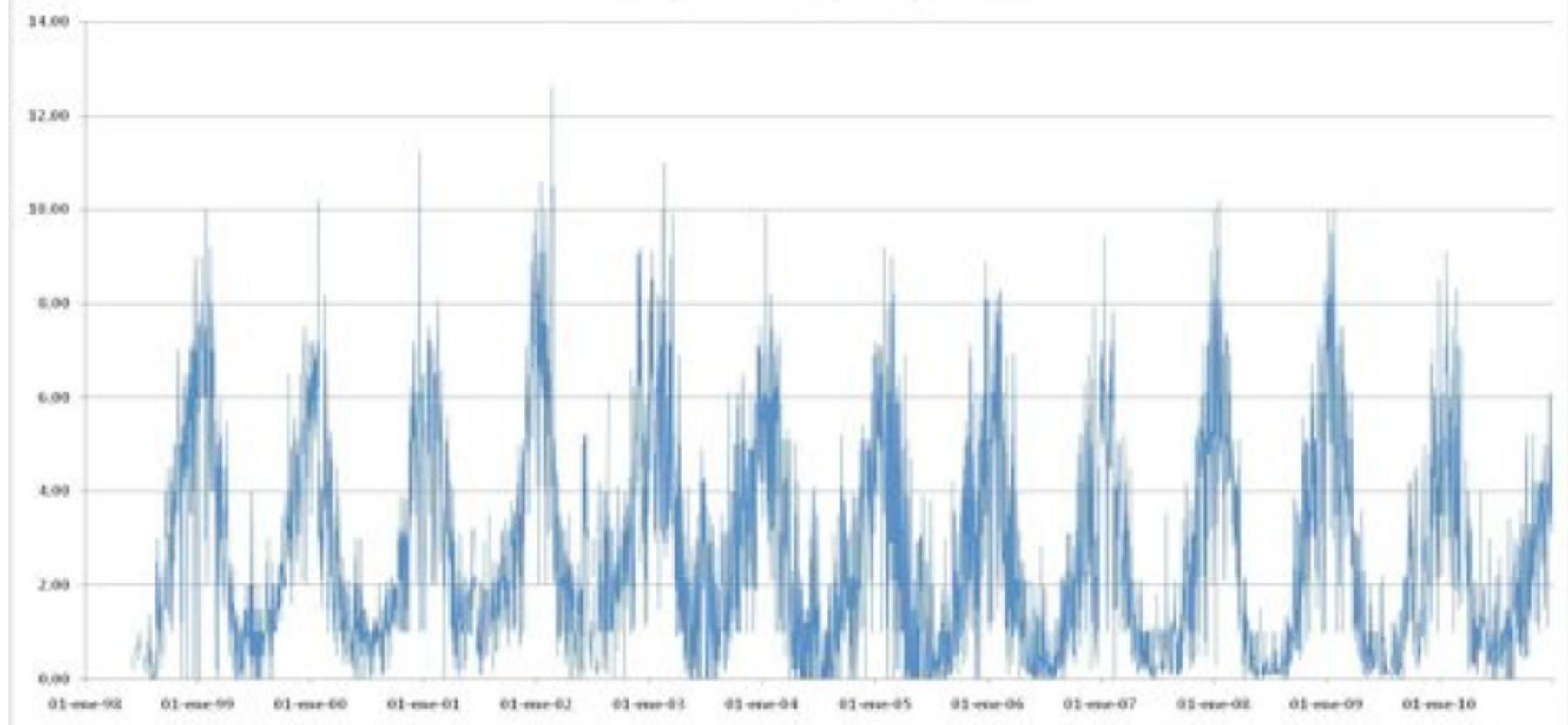
DIGUA EMBALSE - Evaporación



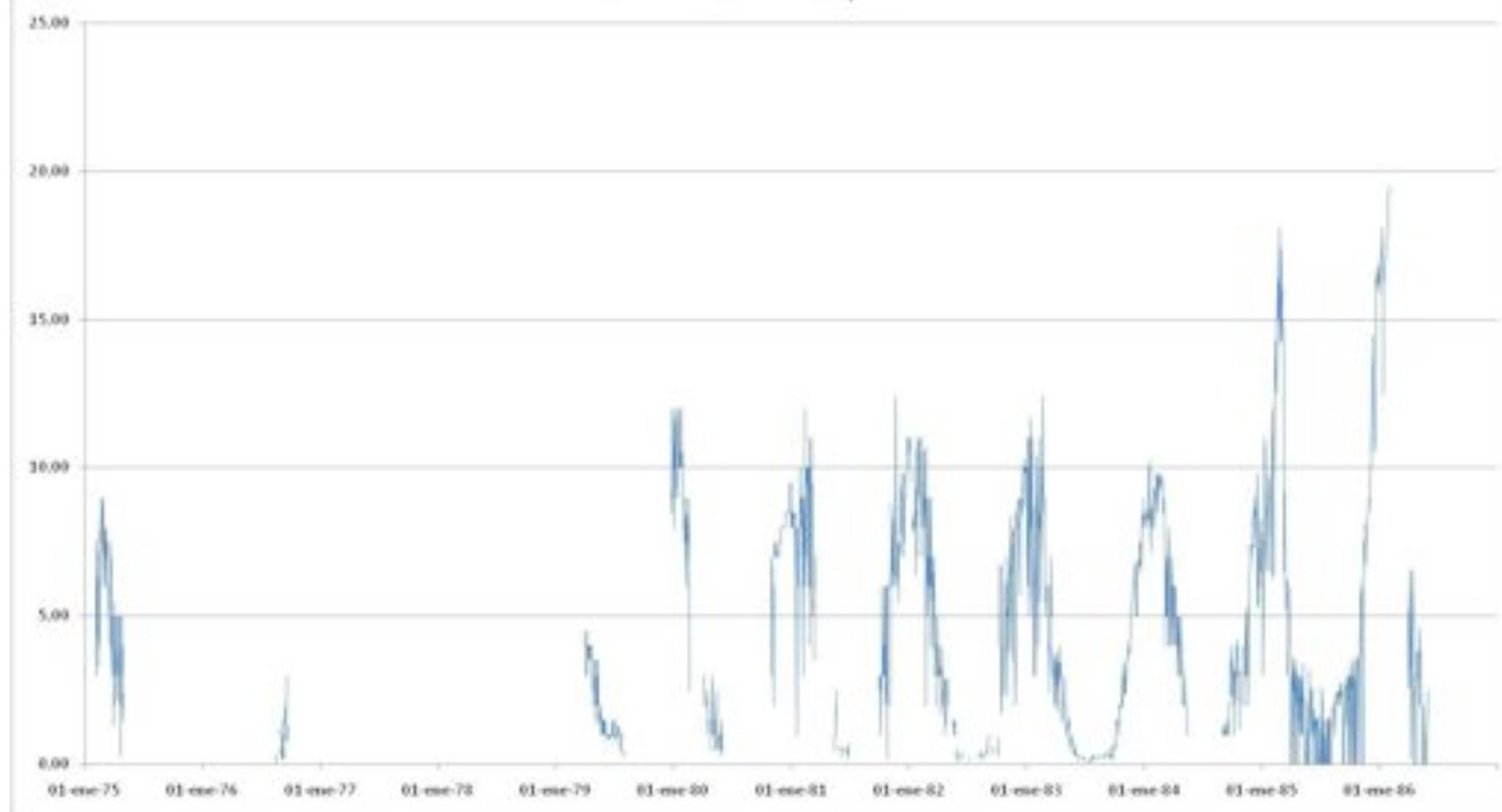
EL VERGEL (ANGOL) - Evaporación



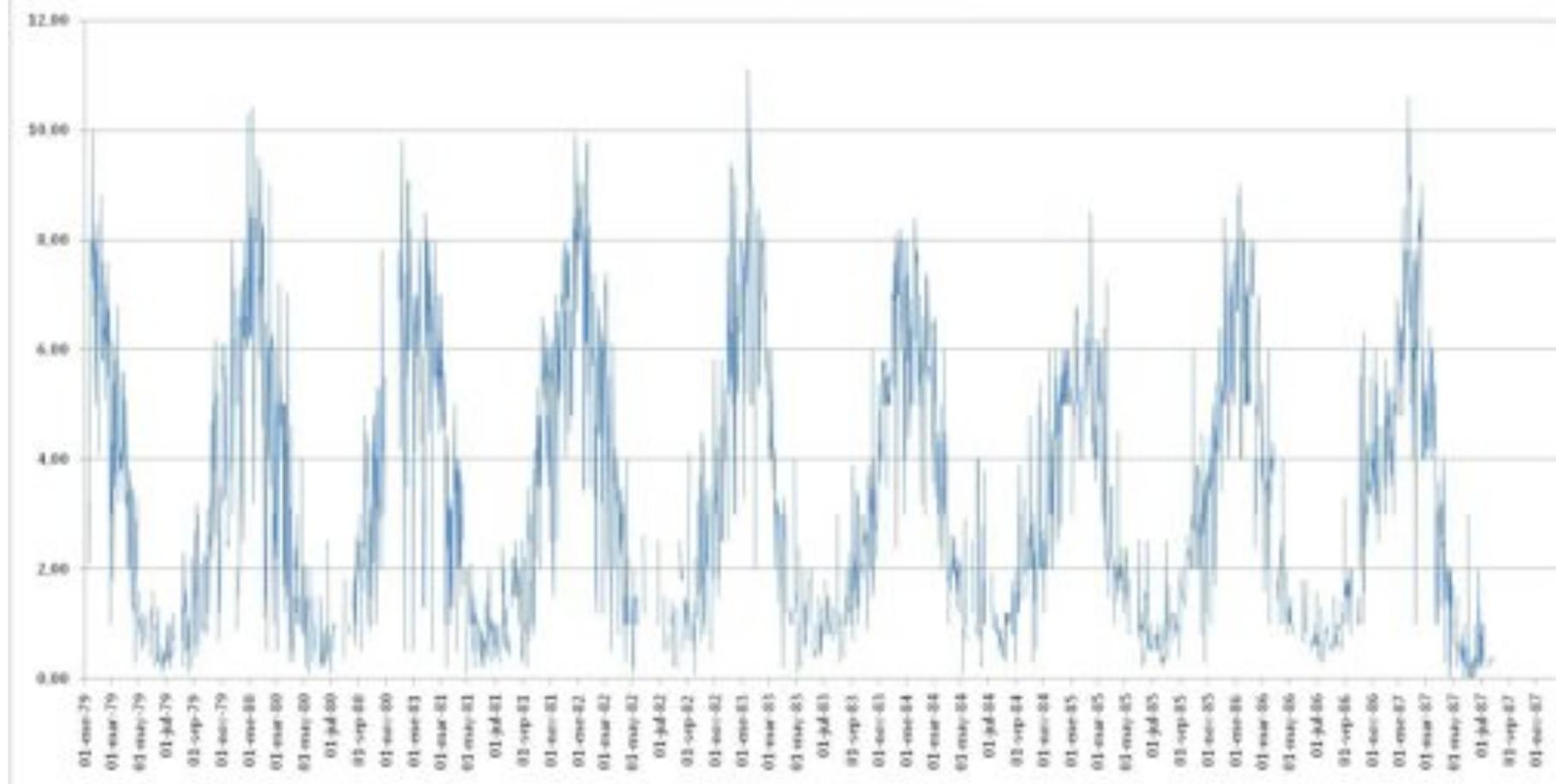
ERCILLA (VIDA NUEVA) - Evaporación



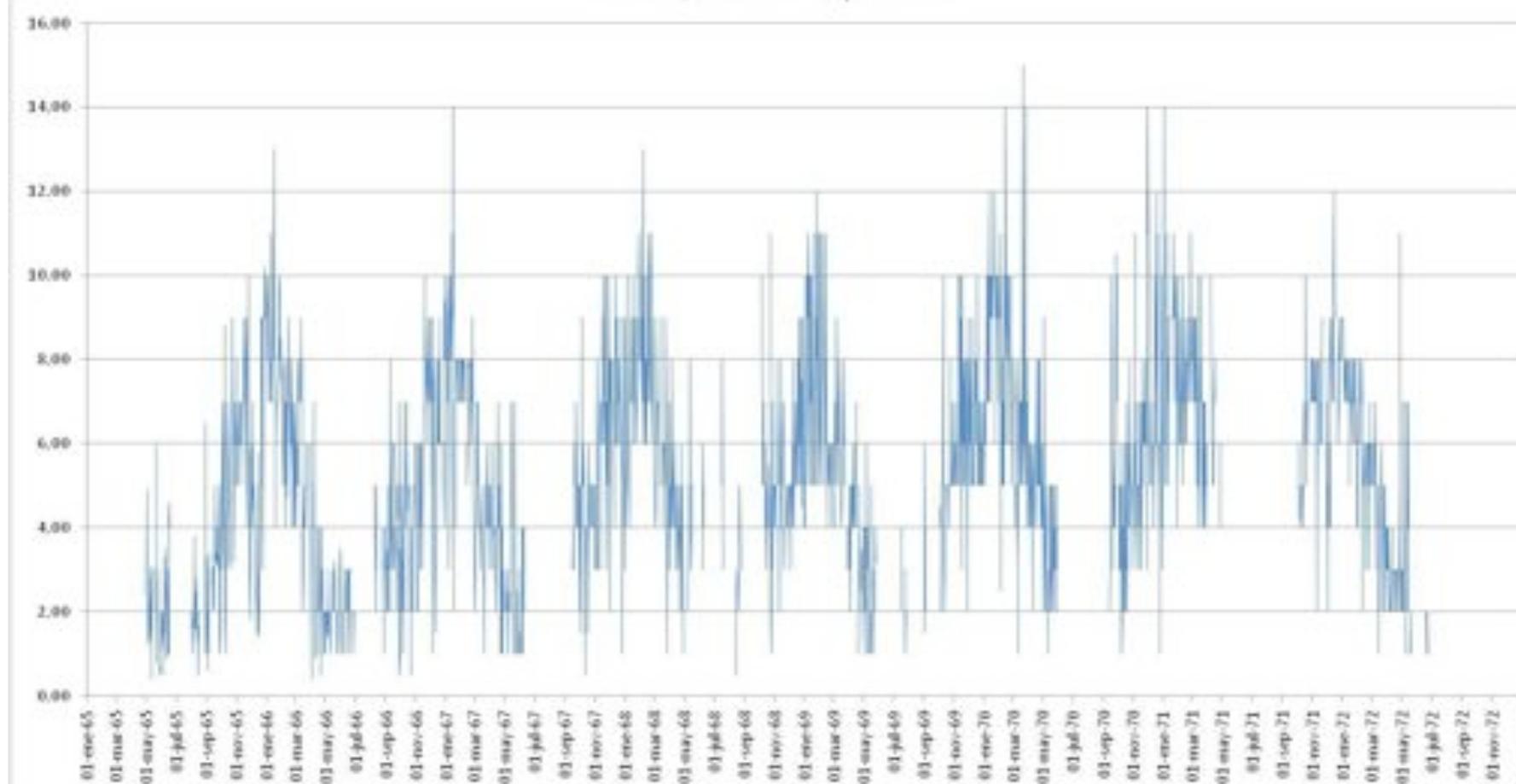
FUNDO EL PERAL - Evaporación



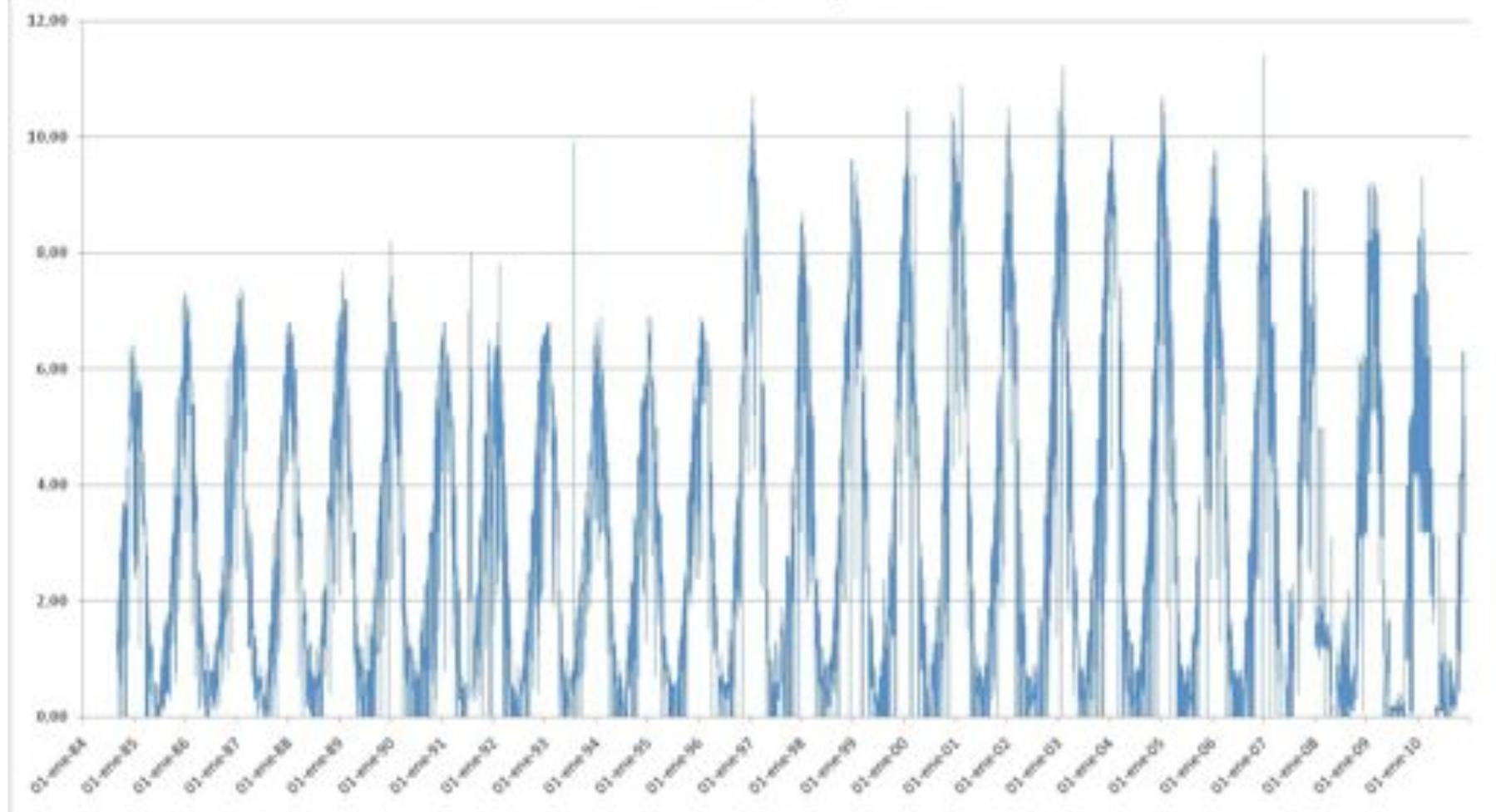
GALVARINO - Evaporación



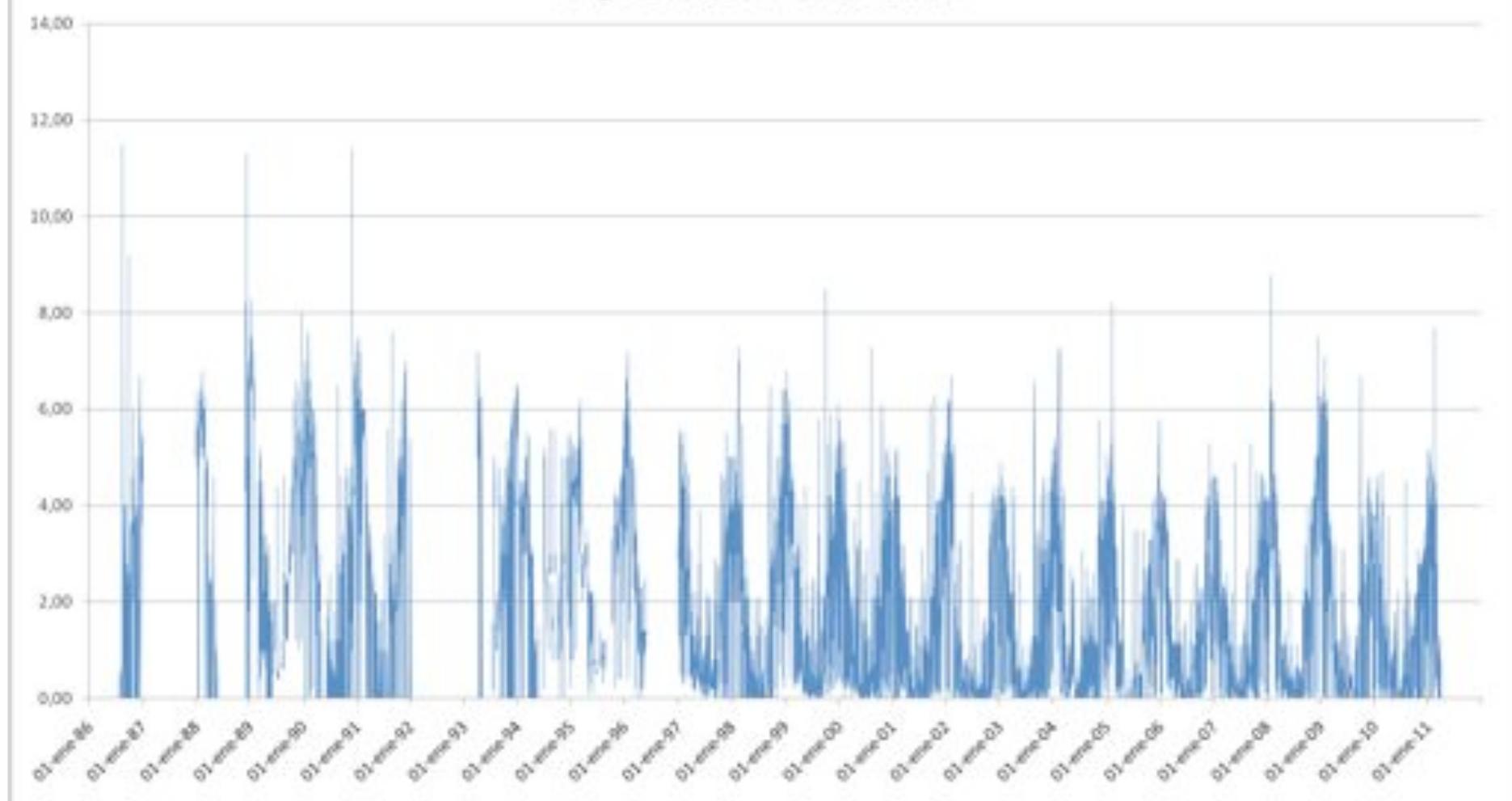
GUAYQUIVILO - Evaporación



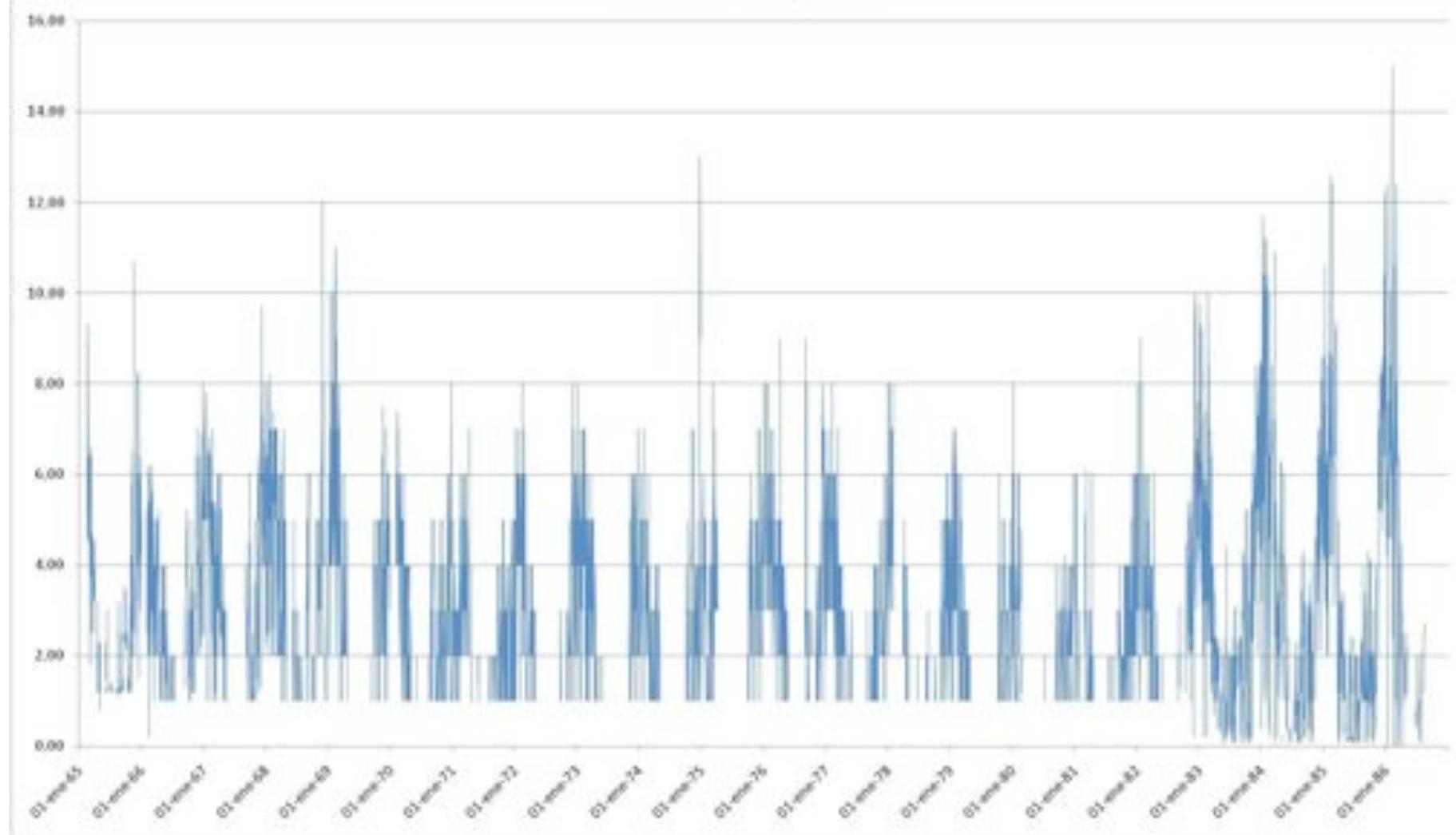
LA CANDELARIA - Evaporación



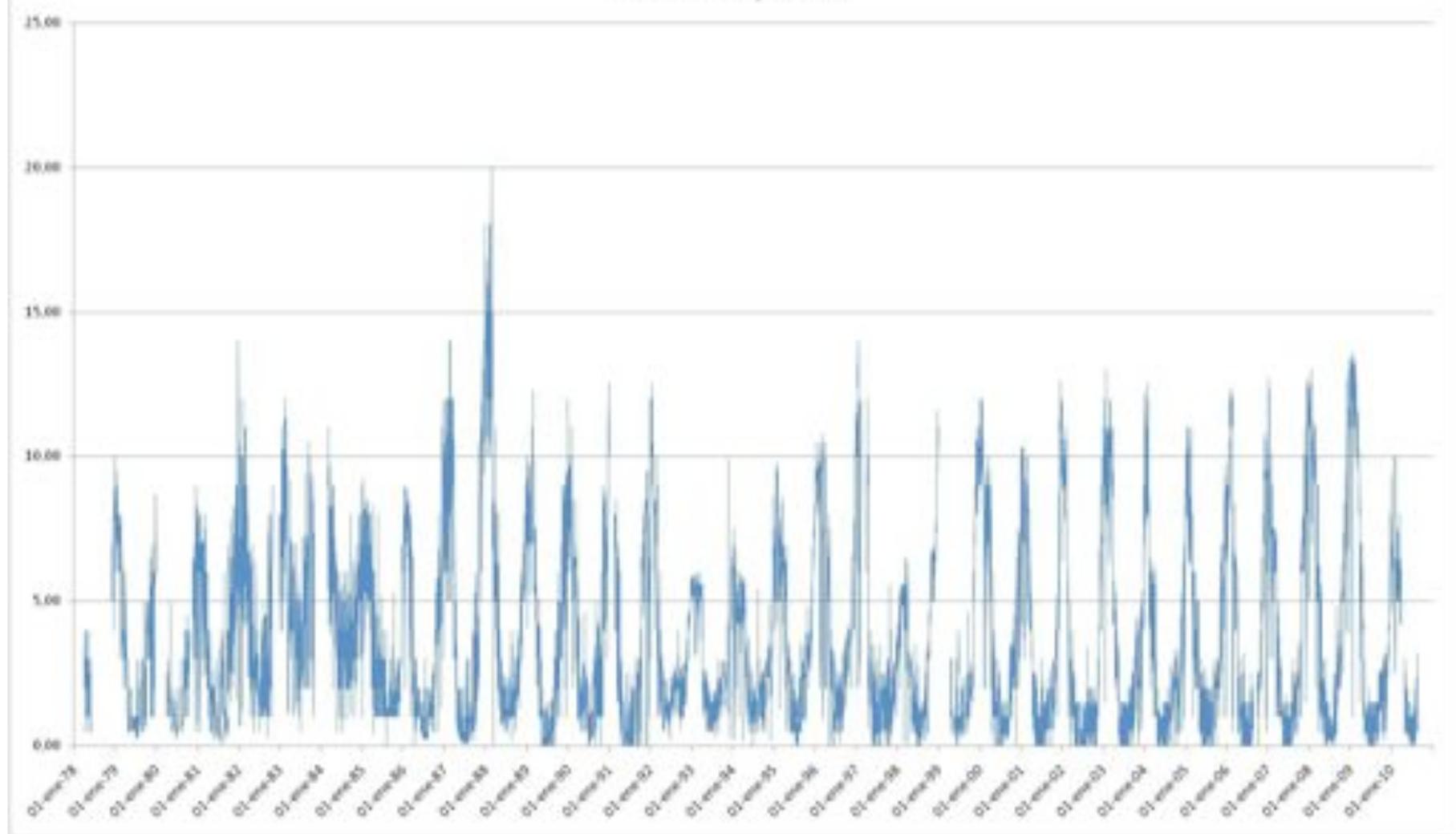
Lago Calafquen - Evaporación



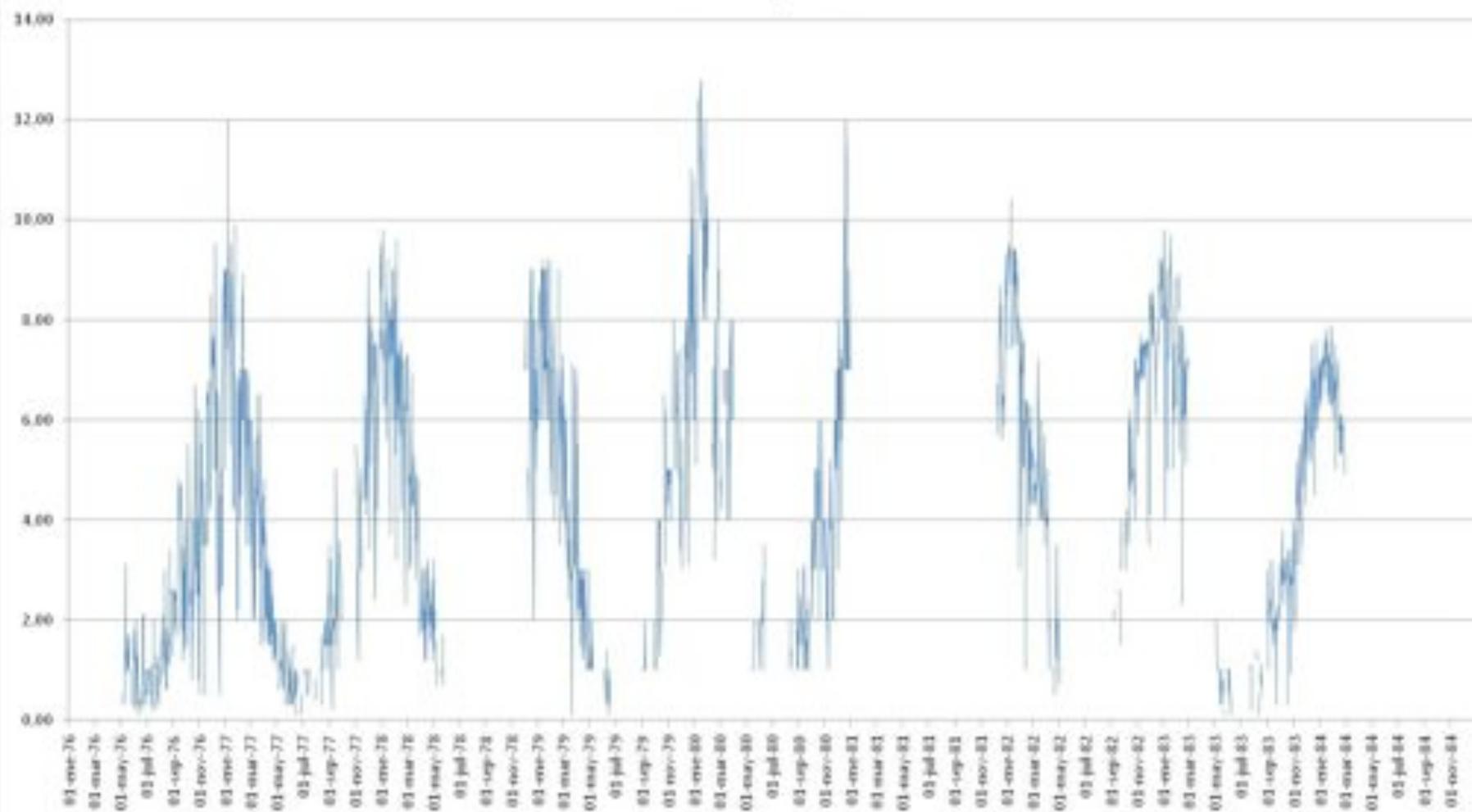
LA PUNILLA - Evaporación



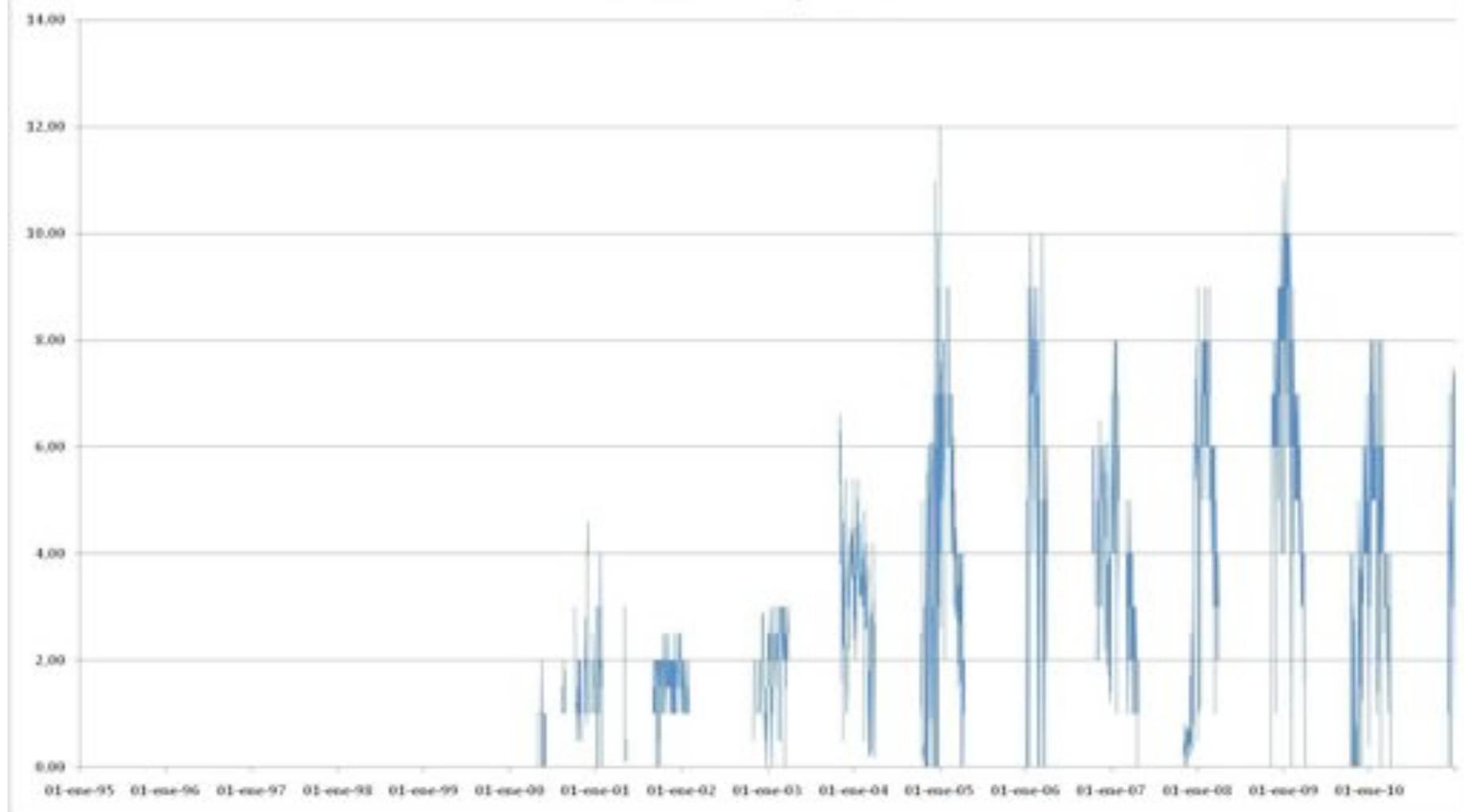
LIGUAY - Evaporación



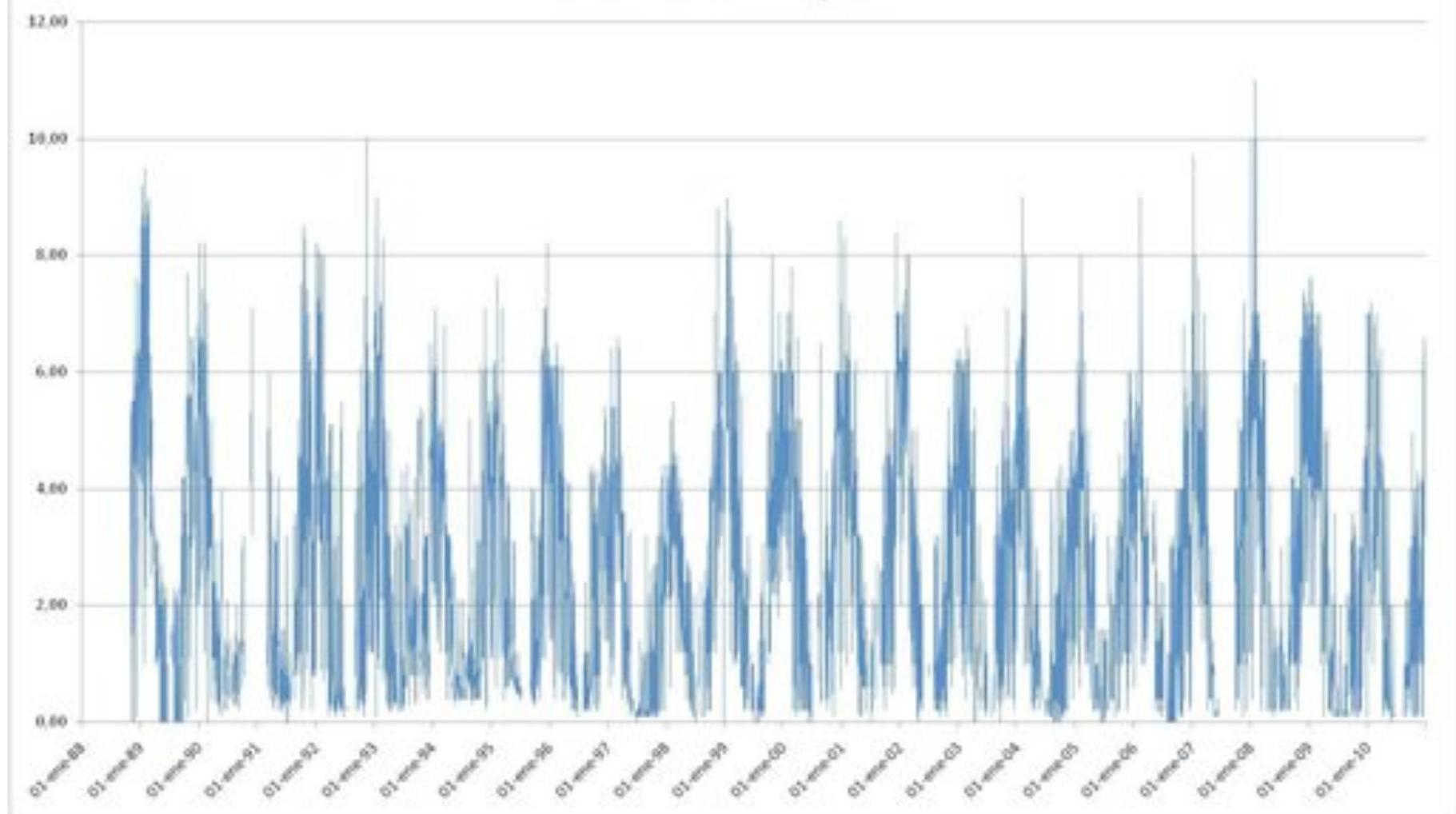
LINARES - Evaporación



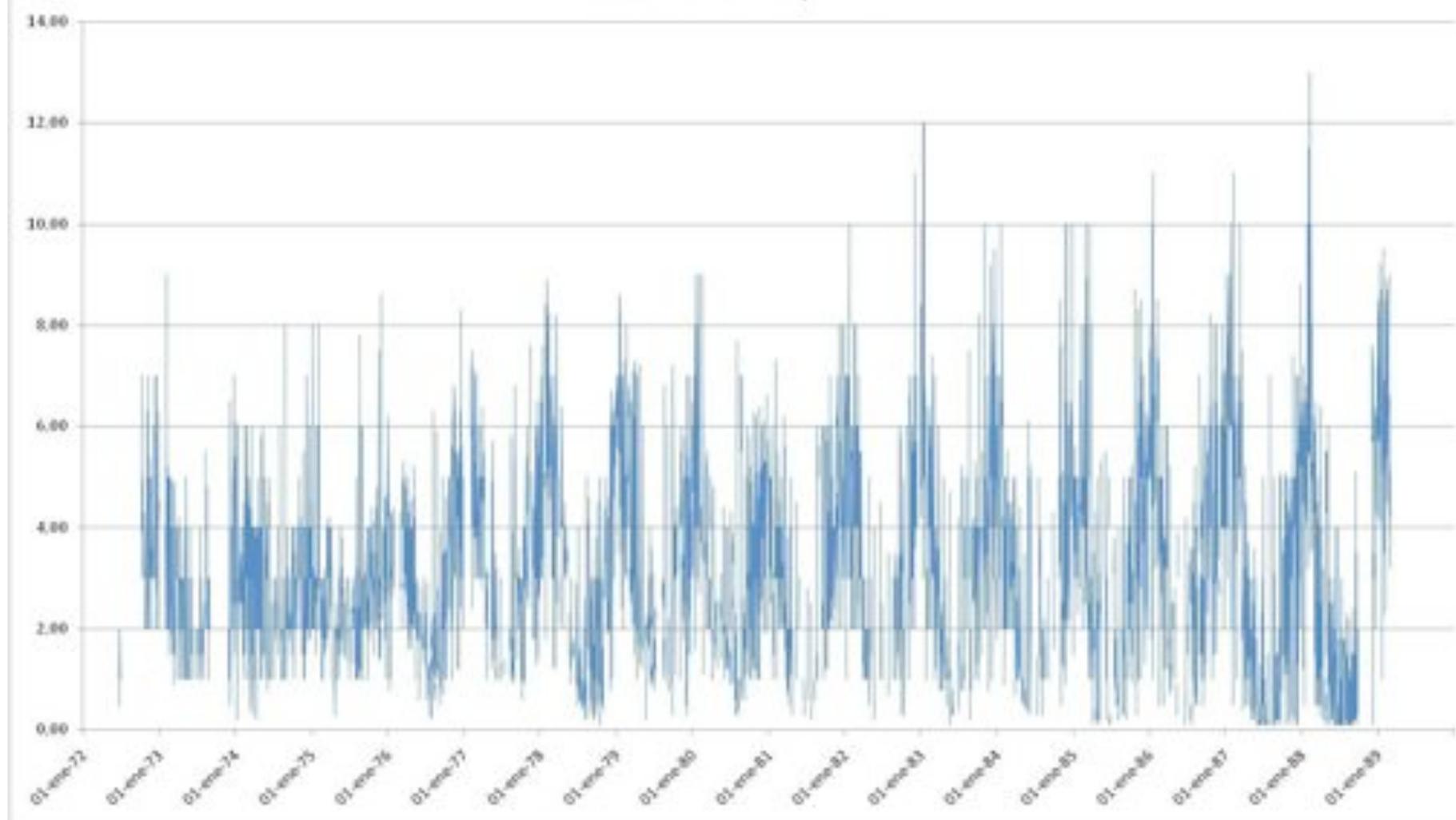
LONQUIMAY - Evaporación



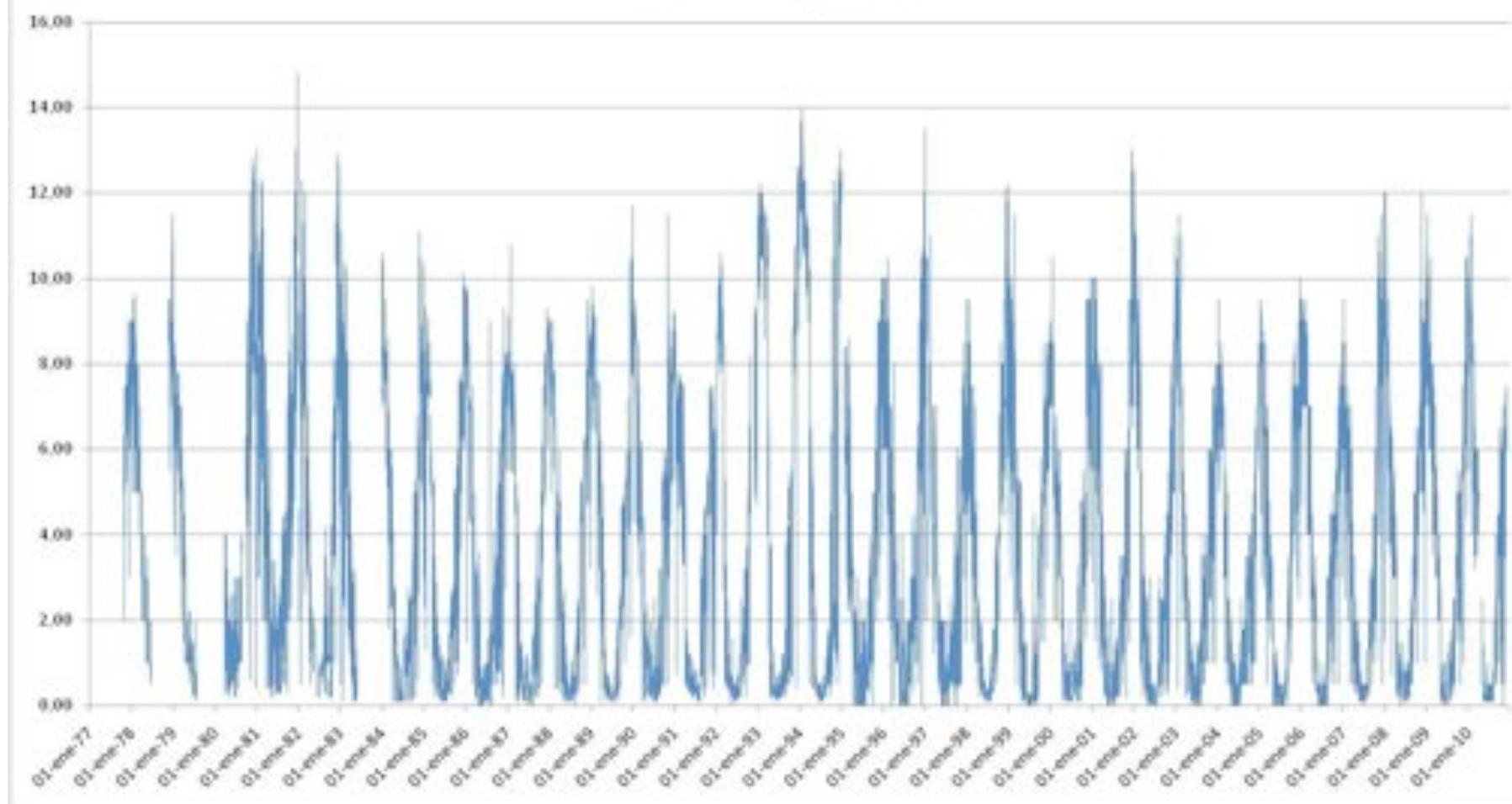
MALALCAHUELLO - Evaporación



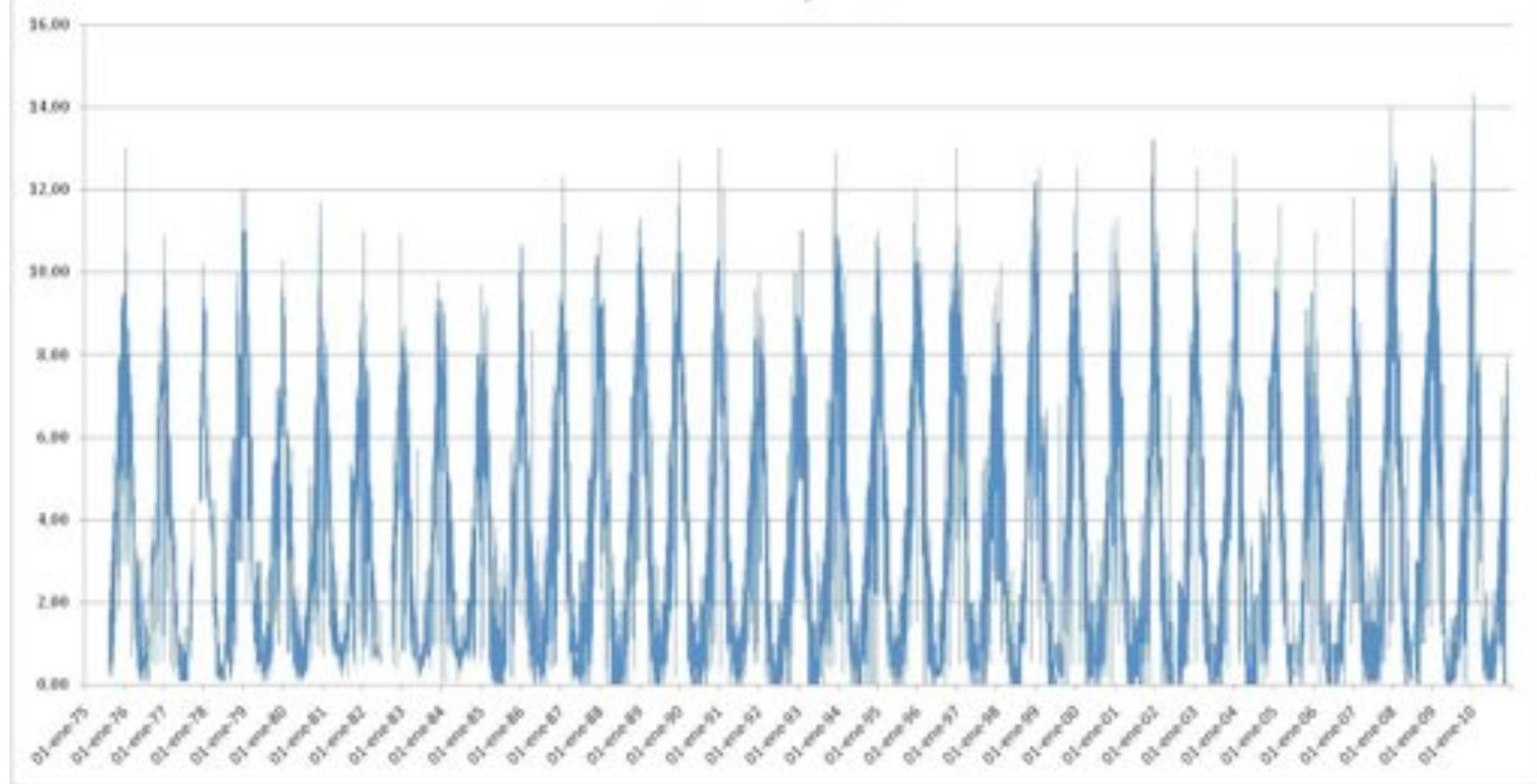
MANZANAR - Evaporación



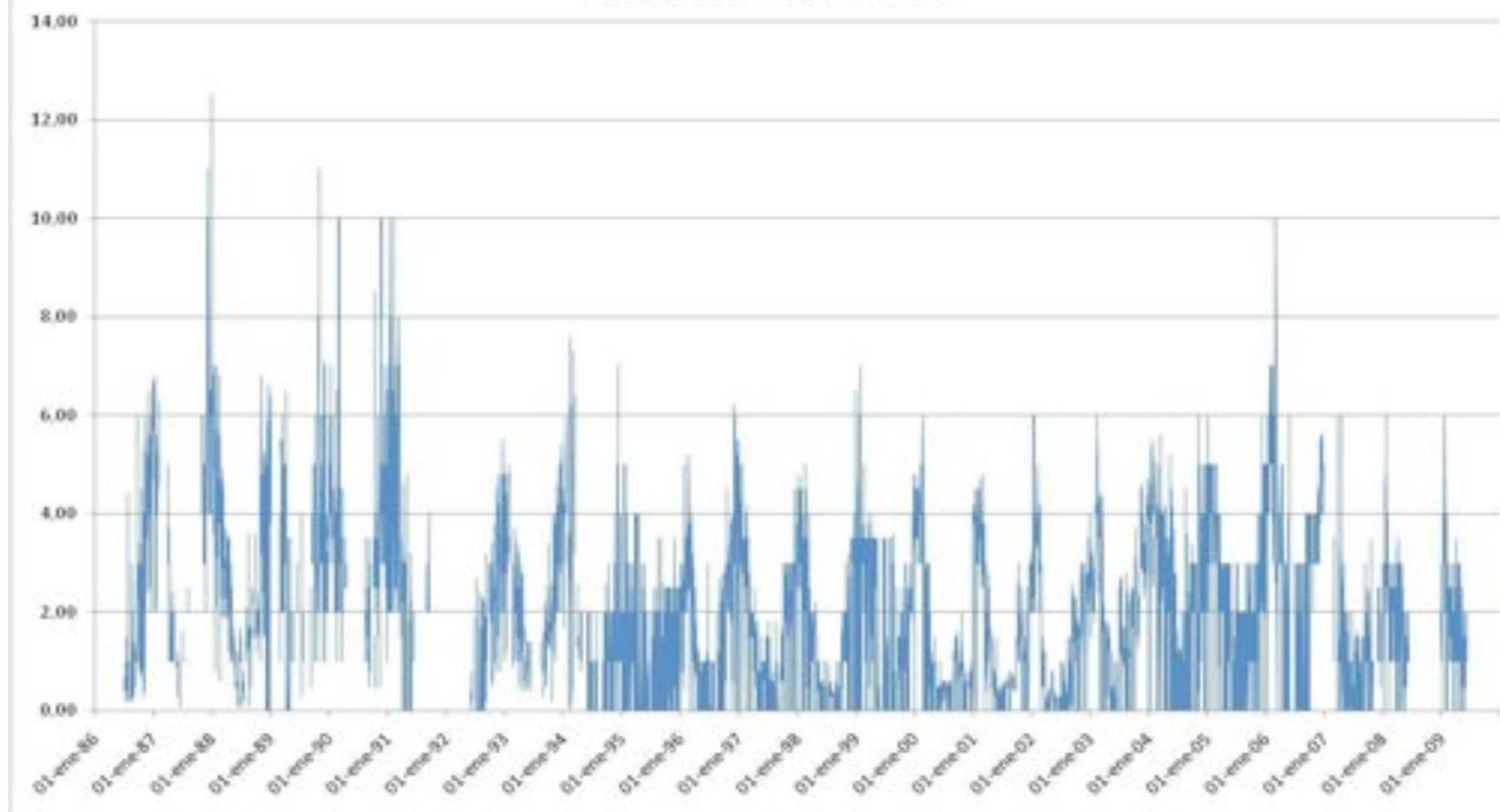
MELOZAL - Evaporación



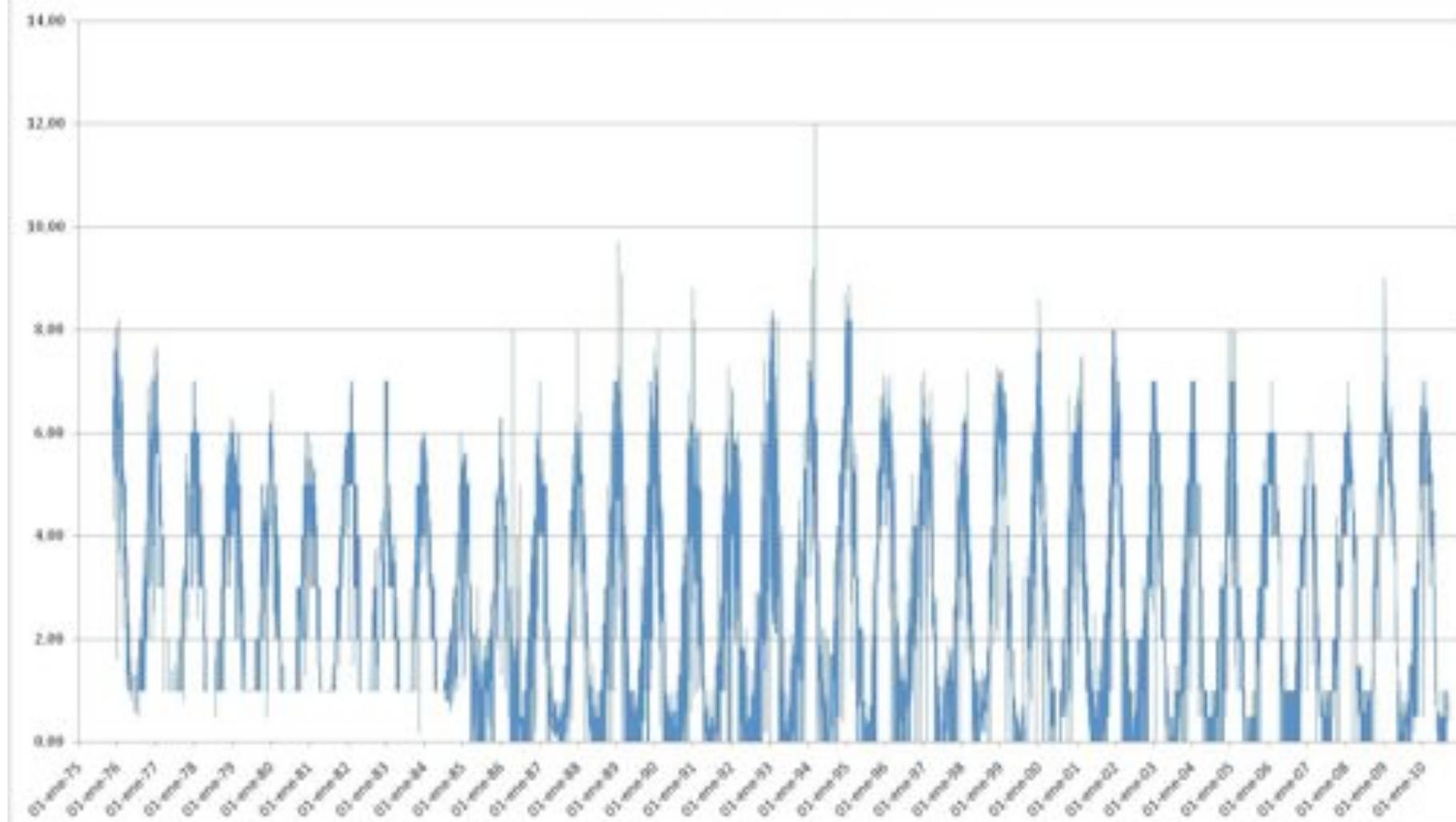
PARRAL - Evaporación



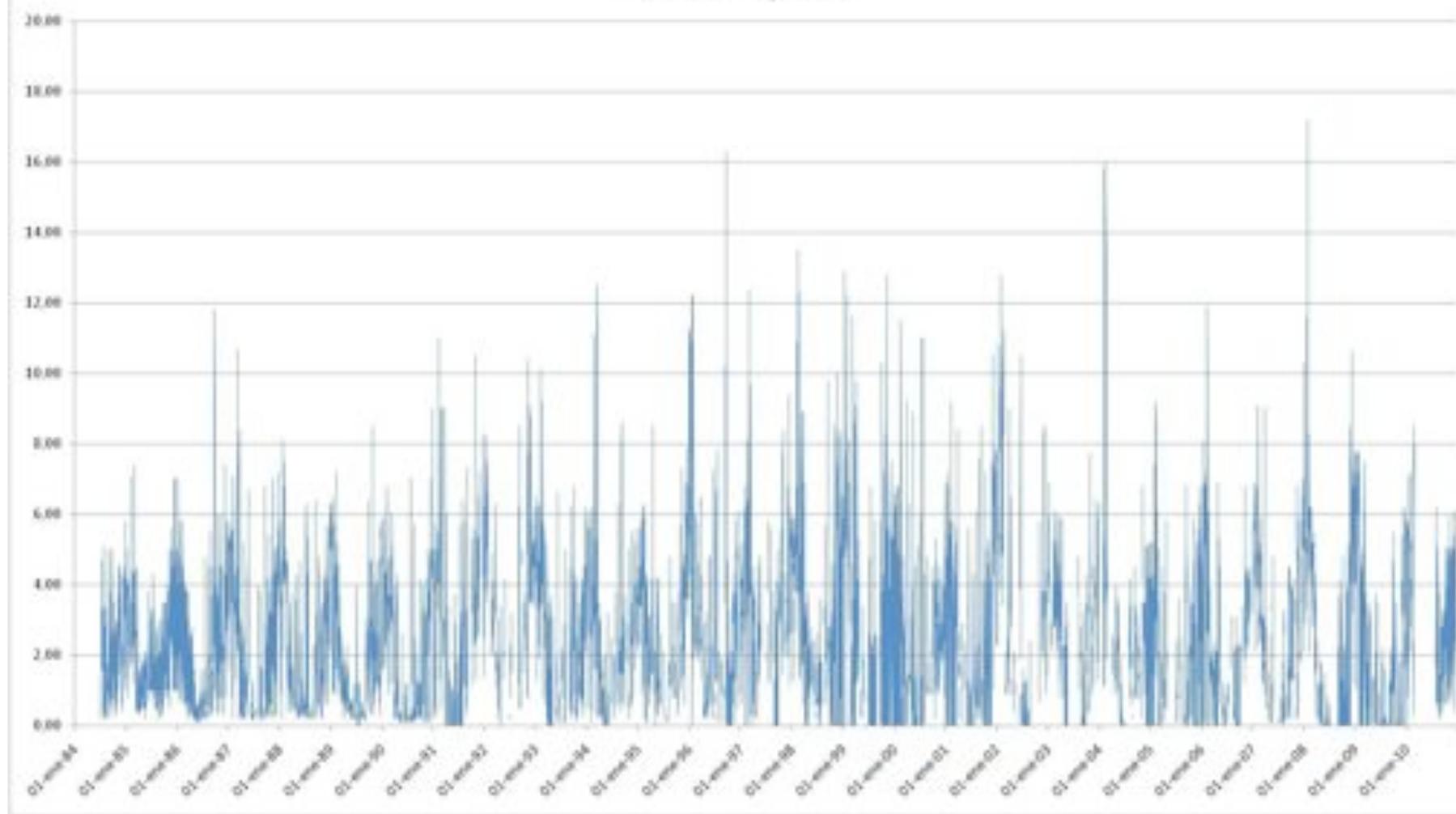
PENCAHUE - Evaporación



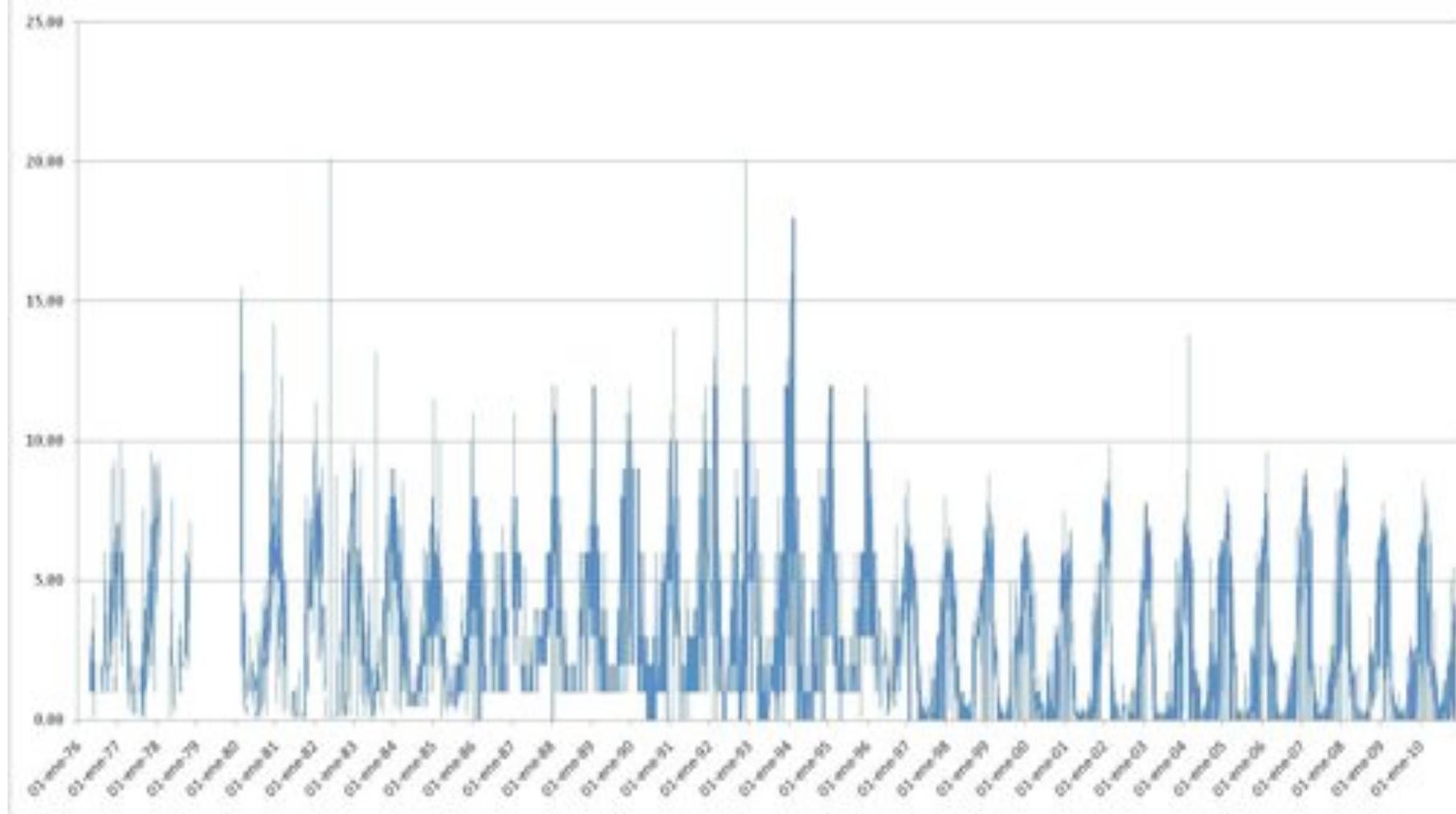
POTRERO GRANDE - Evaporación



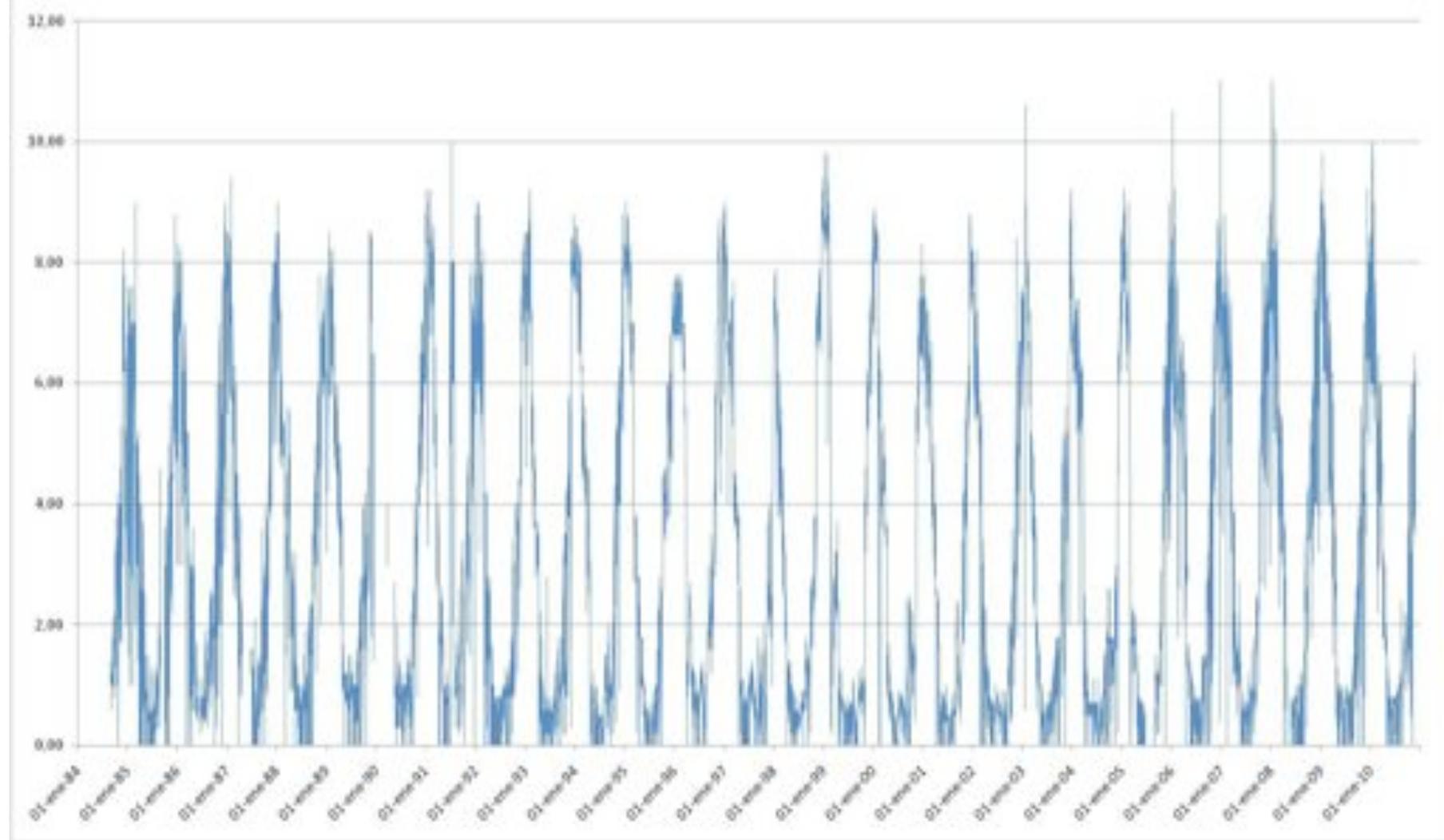
PUCON - Evaporación



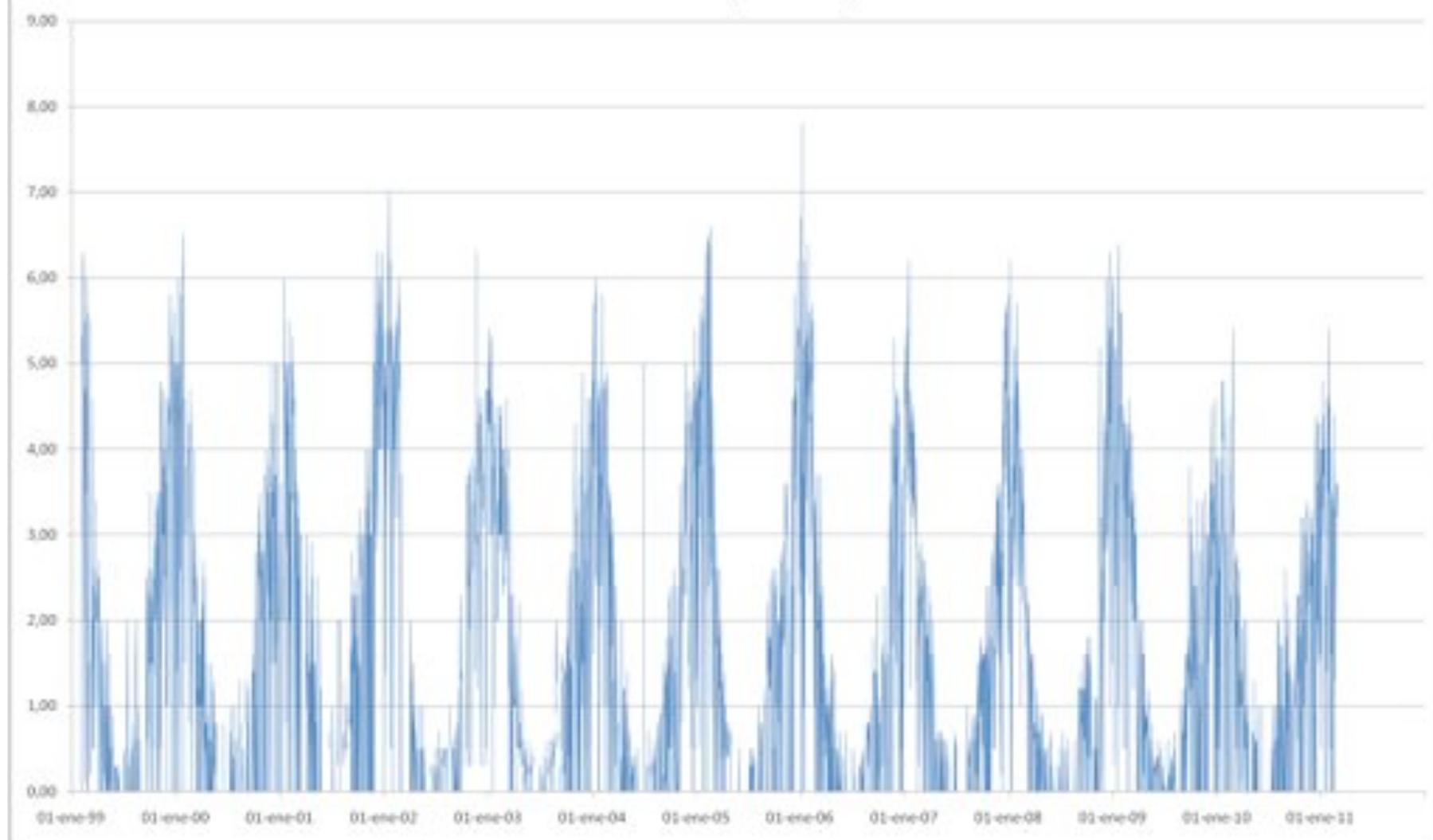
QUILACO - Evaporación



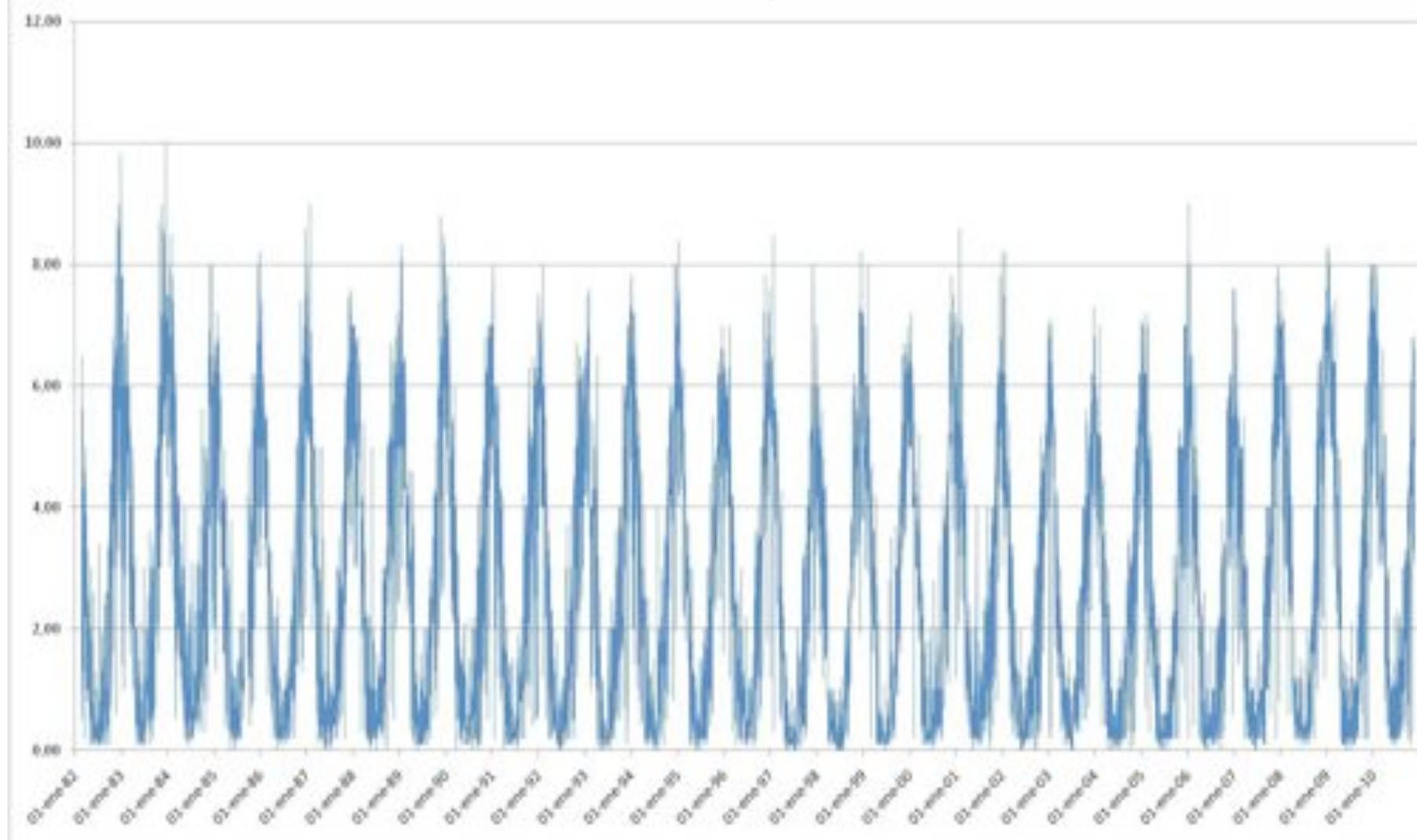
RANGUILI - Evaporación



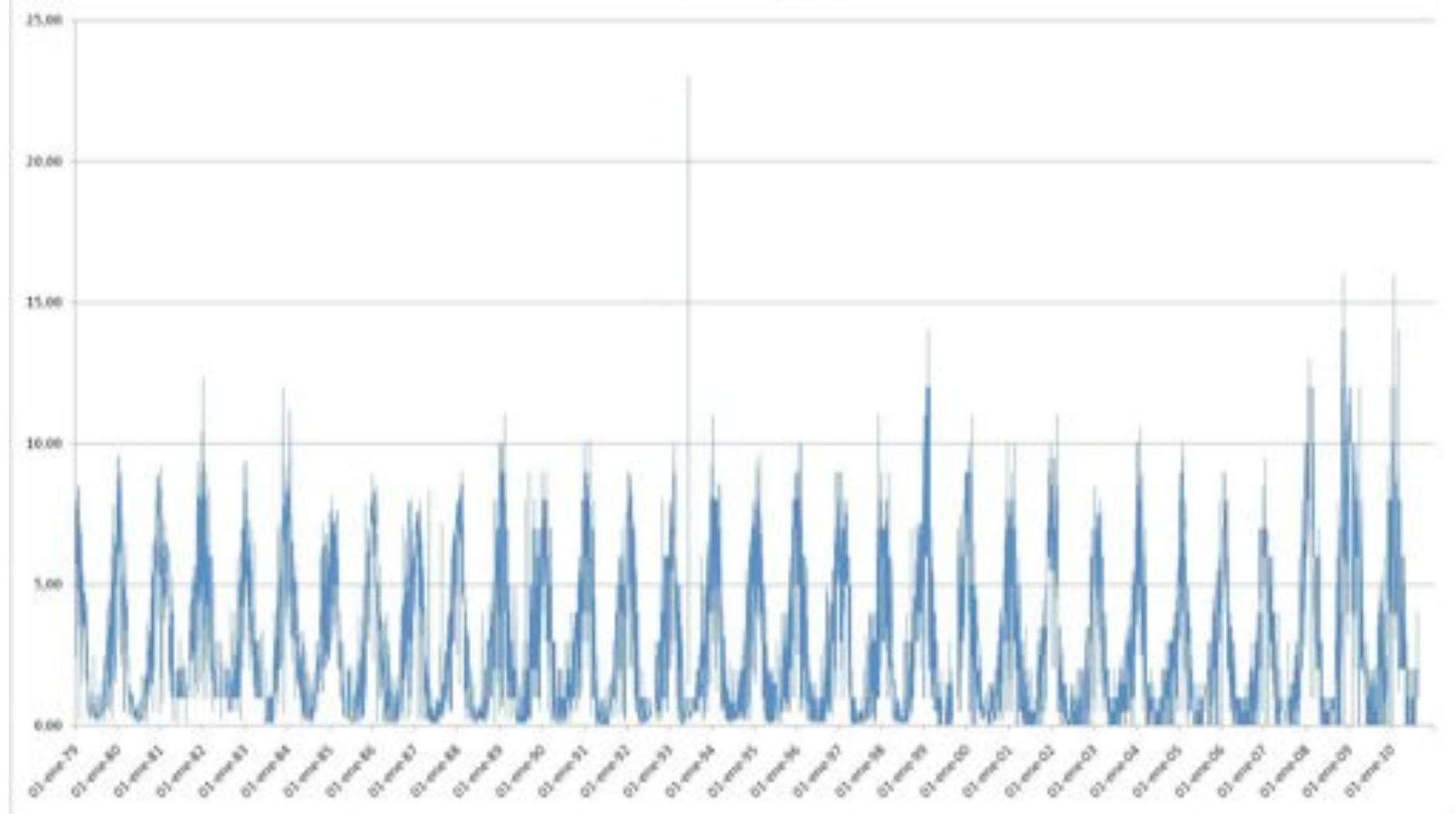
San José de la Mariquina - Evaporación



TALCA U.C. - Evaporación



TRAIGUEN - Evaporación



TUTUVEN EMBALSE - Evaporación

