



Universidad de
los Andes



**FACULTAD
DE INGENIERÍA
Y CIENCIAS
APLICADAS**

Tarea 1

Hidrología

Profesor:

Ricardo Gonzales

Alumnos:

Bernardo Caprile Canala-Echevarría

Pedro Tomás Valenzuela Bejares

Felipe Alberto Vicencio Fossa

Lukas Wolff Casanova

1 de septiembre de 2024

Índice

1. Introducción	1
2. Pregunta 1	2
2.1. Parámetros representativos de la cuenca	2
2.2. Información de Caudales Medios	4
2.2.1. Caudales Medios Mensuales	4
2.2.2. Caudales Medios Temporada	5
2.3. Información de Precipitaciones Medias	6
2.3.1. Estación Río Mapocho En Los Almendros	6
2.3.2. Estación Río Molina Antes de junta con San Francisco	6
2.3.3. Estación La Ermita Central En Bocatoma	6
2.3.4. Estación Río San Francisco Antes de junta con Estero Yerba Loca	7
2.3.5. Estacion Estero Yerba Loca En Piedra Carvajal	7
2.3.6. Precipitaciones promedio mensuales según las 5 zonas	8
2.3.7. Precipitaciones promedio anuales según las 5 zonas	9
2.4. Balance Hidrológico	10
2.4.1. Simplificación de la Ecuación	10
2.4.2. Cálculo de la Evapotranspiración	10
2.5. Cálculo de la Evaporación Media Anual y Mensual	10
2.5.1. Evaporación Media Anual	10
2.5.2. Evaporación Media Mensual	10
3. Pregunta 2	11
3.1. Datos sobre el Cauce y Embalse	11
3.2. Supuestos y Ecuaciones Utilizadas	11
3.3. Resultados Obtenidos	12
4. Conclusión	13

1. Introducción

Este informe tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos para la tarea de hidrología asignada, utilizando los datos de la cuenca del Río Mapocho en Los Almendros (código DGA 5722002). Los análisis realizados incluyen la identificación de parámetros representativos de la cuenca, el cálculo de series de caudales, y la estimación de la evapotranspiración media anual. Finalmente, se realiza un balance hidrológico para determinar el caudal promedio anual disponible para abastecimiento de agua desde un embalse planeado en la cuenca.

El análisis se ha realizado utilizando datos obtenidos de fuentes confiables como el portal de la DGA y el Explorador de Cuencas del CR2, para asegurar la precisión de los cálculos y las conclusiones.

2. Pregunta 1

2.1. Parámetros representativos de la cuenca

Parámetro	Valor
Código DGA	5722002
Nombre de la estación	Río Mapocho en Los Almendros
Coordenadas geográficas del punto de salida	Latitud: -33.37, Longitud: -70.45
Coordenadas UTM del punto de salida	(Por determinar)
Elevación del punto de interés	968 m s.n.m.
Área aportante	638 km ²
Elevación media de la cuenca	2779 m s.n.m.
Elevación máxima de la cuenca	5431 m s.n.m.
Trazado de la cuenca aportante	<i>(Delimitación de la cuenca usando herramientas GIS)</i>

Cuadro 1: Parámetros representativos de la cuenca del Río Mapocho en Los Almendros

La cuenca 5722002 del Río Mapocho en Los Almendros, situada en la región central de Chile, tiene un área de 638 km². La precipitación anual media en esta cuenca es de 501 mm, según datos del CR2MET. La cuenca presenta un índice de aridez de 1.4 y varía en altitud desde los 968 m s.n.m. en el punto de salida hasta los 5431 m s.n.m. en su cota máxima, con una altitud media de 2779 m s.n.m.

■ **Zona 1:**

- **Código estación:** 5722002
- **Nombre estación:** Río Mapocho En Los Almendros
- **Ubicación:** Lat. -33.37, Lon. -70.45
- **Comienzo de observaciones:** 1999-08-01
- **Término de observaciones:** 2019-12-31

■ **Zona 2:**

- **Código estación:** 5720001
- **Nombre estación:** Río Molina Antes Junta San Francisco
- **Ubicación:** Lat. -33.37, Lon. -70.4
- **Comienzo de observaciones:** 2009-11-01
- **Término de observaciones:** 2019-12-31

■ **Zona 3:**

- **Código estación:** 5720003
- **Nombre estación:** La Ermita Central En Bocatoma
- **Ubicación:** Lat. -33.34, Lon. -70.36
- **Comienzo de observaciones:** 1987-05-01
- **Término de observaciones:** 2011-01-31

■ **Zona 4:**

- **Código estación:** 5721016
- **Nombre estación:** Río San Francisco Antes Junta Estero Yerba Loca
- **Ubicación:** Lat. -33.31, Lon. -70.36
- **Comienzo de observaciones:** 2013-04-01
- **Término de observaciones:** 2019-08-30
- **Zona 5:**
 - **Código estación:** 5721017
 - **Nombre estación:** Estero Yerba Loca En Piedra Carvajal
 - **Ubicación:** Lat. -33.22, Lon. -70.27
 - **Comienzo de observaciones:** 2013-09-01
 - **Término de observaciones:** 2019-12-31

Estas estaciones han sido clave para obtener datos meteorológicos relevantes en distintas áreas de la cuenca, proporcionando información valiosa para la gestión del agua y la investigación ambiental.

2.2. Información de Caudales Medios

2.2.1. Caudales Medios Mensuales

Se considerará un periodo de 30 años, comenzando el 1 de abril de 1993 y finalizando el 31 de marzo de 2023. El año hidrológico empieza en abril y termina en marzo. Los datos se obtuvieron de <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>.

A continuación se presentan los caudales medios mensuales por estación a la salida de la cuenca (Zona 1):

Cuadro 2: Caudales Medios Mensuales

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1993	-	-	-	3.46	18.46	6.87	4.93	5.10	5.44	6.45	6.72	7.20
1994	6.19	3.56	2.62	1.97	1.45	1.46	3.51	4.36	5.34	6.25	7.12	6.45
1995	5.26	3.11	2.14	1.84	1.58	2.30	2.20	2.72	4.76	4.77	5.73	4.47
1996	2.85	2.05	1.67	1.21	0.70	0.64	0.70	0.81	0.80	1.35	1.46	1.66
1997	2.32	1.71	1.44	0.96	1.36	12.47	6.21	10.41	16.96	17.75	22.07	19.74
1998	13.33	6.21	3.75	2.81	2.10	1.68	1.30	0.92	0.81	1.24	1.58	2.76
1999	2.60	2.58	1.54	1.07	0.77	0.70	1.04	1.65	8.57	6.94	7.48	5.69
2000	4.16	2.63	1.58	0.77	1.02	5.15	9.25	8.29	10.63	18.72	14.39	15.07
2001	7.18	3.75	1.20	1.07	2.33	2.07	8.85	15.05	10.04	13.33	11.16	11.71
2002	5.05	3.22	1.99	1.47	4.70	12.35	8.47	16.92	15.20	19.89	24.61	20.37
2003	14.94	9.28	5.74	3.93	3.08	3.52	3.64	3.41	3.87	5.78	5.78	4.65
2004	4.01	2.89	1.85	1.58	1.44	1.49	1.55	3.14	5.77	4.18	8.43	5.31
2005	3.64	2.95	2.42	1.63	2.08	10.79	5.58	14.06	12.29	16.35	22.97	18.37
2006	10.11	5.56	3.47	2.51	2.15	2.39	10.79	5.97	6.69	9.49	12.17	9.21
2007	5.33	3.07	2.54	2.13	1.93	2.31	2.90	2.52	4.61	6.55	5.38	3.97
2008	3.35	2.57	2.63	2.03	8.95	10.77	3.62	8.80	10.14	13.98	16.96	10.33
2009	5.94	2.98	2.27	1.86	1.95	1.97	2.38	4.28	14.20	11.77	10.56	9.12
2010	4.16	4.23	3.30	2.53	2.31	2.62	2.80	3.41	4.33	4.90	6.03	3.62
2011	2.74	2.15	1.44	1.45	1.12	1.20	1.37	1.77	4.24	4.41	3.66	3.87
2012	3.61	3.10	2.22	1.49	1.61	2.62	3.19	2.29	3.39	3.35	4.66	3.37
2013	3.59	2.98	1.83	1.41	1.43	1.82	1.82	2.69	3.53	4.56	4.32	3.43
2014	2.84	2.26	1.69	1.32	1.03	1.44	1.41	1.81	2.46	3.98	2.43	2.57
2015	2.40	2.20	2.20	1.45	1.26	1.11	1.21	4.03	4.82	7.44	8.63	7.99
2016	4.33	2.93	1.38	5.07	3.24	-	3.27	4.33	5.58	5.66	7.38	7.62
2017	5.56	2.84	2.00	2.32	2.34	3.05	2.65	2.70	4.75	6.00	5.39	4.57
2018	2.96	2.82	1.60	1.16	1.02	1.39	1.51	1.61	2.57	3.05	3.78	3.28
2019	3.06	2.04	1.63	1.12	0.86	1.14	1.16	1.10	1.37	1.17	1.41	1.77
2020	2.26	1.51	1.08	0.86	0.69	0.89	1.51	2.04	3.34	3.58	2.84	3.34
2021	3.01	3.21	1.99	1.04	0.96	0.89	0.84	1.35	2.40	2.19	1.67	1.84
2022	1.69	1.06	1.03	1.00	1.06	0.81	0.89	1.56	1.81	2.22	-	-
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2.2. Caudales Medios Temporada

A continuación se presentan los caudales promedio por temporada, calculados a partir de los datos mensuales. La temporada se define como el período de un año hidrológico desde abril hasta marzo del año siguiente. Los valores reflejan el caudal medio durante cada temporada hidrológica desde 1993 hasta 2023.

Cuadro 3: Caudales Medios por Temporada

Temporada	Caudal Promedio (m ³ /s)
1993-1994	6.41666667
1994-1995	4.035
1995-1996	3.07833333
1996-1997	1.23333333
1997-1998	10.935
1998-1999	1.82666667
1999-2000	3.52333333
2000-2001	7.95166667
2001-2002	7.15583333
2002-2003	12.82833333
2003-2004	3.8675
2004-2005	3.49166667
2005-2006	10.2716667
2006-2007	6.02583333
2007-2008	3.40416667
2008-2009	8.06416667
2009-2010	5.815
2010-2011	3.24
2011-2012	2.66833333
2012-2013	2.86416667
2013-2014	2.65
2014-2015	2.10416667
2015-2016	3.88166667
2016-2017	4.77727273
2017-2018	3.42916667
2018-2019	2.175
2019-2020	1.32916667
2020-2021	2.275
2021-2022	1.41333333
2022-2023	1.33571429

2.3. Información de Precipitaciones Medias

A continuación se presentan las precipitaciones totales por cada estación mensualmente, de esta forma, es posible obtener la precipitación media mensual.

Para obtener las precipitaciones, se utilizó la siguiente base de datos: <https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes>

2.3.1. Estación Río Mapocho En Los Almendros

Cuadro 4: Precipitaciones Estación Río Mapocho En Los Almendros

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	-	-	-	0.00	0.00	0.00	122.10	84.70	24.40	0.00	0.00	0.00
2000	9.80	0.00	37.60	30.40	308.50	76.90	14.60	123.50	10.60	15.30	0.00	0.00
2001	0.00	0.00	15.70	27.10	68.40	10.50	186.20	78.80	48.90	21.10	0.70	0.00
2002	1.30	0.00	32.20	38.30	158.70	193.10	96.20	114.80	45.00	16.40	3.80	1.70
2003	11.30	0.00	0.30	30.80	23.20	76.70	7.50	18.20	0.00	12.10	0.00	0.00
2004	1.50	20.10	40.90	20.50	55.70	88.60	73.10	68.20	20.50	98.90	0.00	0.00
2005	8.50	0.00	16.60	7.30	76.60	148.70	41.00	227.70	53.10	64.00	11.90	0.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.80	5.00	74.10	219.90	46.90	10.00	58.90	2.20	0.00
2007	0.00	41.70	9.10	6.40	89.00	60.00	53.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.00	16.00	5.80	163.80	62.40	31.90	164.50	9.50	0.30	0.00	0.00	0.00
2009	0.00	3.00	0.50	0.00	10.80	106.40	41.60	115.40	101.50	20.60	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.80	59.30	90.80	44.80	3.40	39.30	20.50	69.80	0.80
2011	0.00	3.70	0.00	0.00	49.10	56.70	37.20	13.30	17.20	2.40	0.00	0.00
2012	0.00	0.00	38.30	39.80	73.80	8.40	61.40	5.00	54.00	5.80	38.00	0.00
2013	1.10	1.60	0.00	0.00	73.80	24.60	9.00	34.40	17.20	0.20	0.00	0.00
2014	0.40	0.10	0.00	0.40	15.00	73.60	25.20	50.80	33.40	0.40	8.40	0.00
2015	0.00	3.20	22.20	0.20	0.00	31.60	84.00	43.80	57.40	9.00	0.00	0.00
2016	0.00	0.00	107.60	31.00	48.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.00	0.00	0.00	7.20	56.60	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	1.40	0.00	1.00	29.40	21.60	30.40	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	20.00	22.00	9.00	0.20	0.00	0.00	0.00
2020	0.00	0.00	0.00	1.80	5.80	58.60	70.00	15.80	0.40	0.00	0.00	0.00
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.2. Estación Río Molina Antes de junta con San Francisco

Cuadro 5: Precipitaciones Estación Río Molina Antes Junta San Francisco

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	0.0
2010	0.0	0.0	0.0	1.7	68.5	109.3	26.1	1.5	36.2	20.4	60.7	2.9
2011	0.1	12.5	-	2.4	0.0	29.4	59.0	37.8	13.9	17.1	2.5	0.0
2012	5.4	0.0	0.0	42.7	50.2	91.3	7.5	65.6	4.9	52.6	5.5	34.7
2013	2.8	8.4	0.0	1.0	119.4	47.6	16.7	56.7	24.9	3.2	0.0	0.2
2014	0.4	1.9	2.6	1.0	19.3	97.5	26.9	72.9	37.1	0.3	10.0	0.5
2015	0.0	12.8	44.0	0.0	0.8	0.0	55.9	132.5	64.8	63.4	9.4	0.0
2016	6.9	0.0	0.0	132.0	62.8	64.8	38.7	0.8	7.5	47.5	6.3	56.5
2017	0.0	0.2	0.5	13.8	109.4	88.7	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	0.1	0.0	1.8	0.0	13.1	0.1	0.0	20.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2019	0.0	0.0	0.3	0.0	18.6	27.0	0.4	0.0	0.0	20.6	0.0	0.0
2020	0.0	0.0	0.0	3.2	6.0	97.4	55.3	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0
2021	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2022	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2023	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.3. Estación La Ermita Central En Bocatoma

La estación no presenta registros de precipitaciones

2.3.4. Estación Río San Francisco Antes de junta con Estero Yerba Loca

Cuadro 6: Precipitaciones Estación Río San Francisco Antes Junta Estero Yerba Loca

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	-	-	-	4.8	154.4	66.0	39.0	75.0	36.4	3.4	1.6	0.8
2014	3.0	12.2	2.2	1.6	29.8	118.0	14.4	64.4	28.8	4.4	24.6	0.4
2015	0.0	21.2	0.0	0.0	4.0	4.0	0.0	94.0	354.6	315.0	138.6	107.6
2016	10.9	0.0	0.0	119.9	167.4	104.0	56.5	52.2	52.2	0.0	56.7	64.0
2017	0.0	0.1	1.3	17.4	108.4	142.2	50.0	15.5	15.5	0.0	0.0	0.0
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.3	20.3	1.3	11.0	9.7	0.0	0.0
2019	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	26.7	10.3	0.5	0.0	11.6	0.1	0.0
2020	0.0	0.0	0.0	5.4	8.8	109.2	44.4	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0

2.3.5. Estacion Estero Yerba Loca En Piedra Carvajal

La toma de datos de esta estación no fue regular, por lo tanto, no se considerará para efectos de cálculo.

Cuadro 7: Precipitaciones Estación Estero Yerba Loca en Piedra Carvajal

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.30	6.00	6.10	0.00
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	1.90	0.00
2015	0.00	11.00	32.90	0.0	0.0	0.0	0.0	11.90	0.0	0.0	2.80	0.0
2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.00	0.00	11.80	17.90	25.10	1.40	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	18.50	1.40	8.60	0.40	9.90	4.40	76.60	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	1.70	2.10	0.80	2.70	2.30	3.50	2.40	0.00	1.80	0.00	7.00	0.00
2020	0.30	0.00	3.40	1.50	8.10	2.70	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2021	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2022	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2023	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.3.6. Precipitaciones promedio mensuales según las 5 zonas

Cuadro 8: Precipitaciones Promedio Mensuales según las 5 zonas

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0.00	0.00	0.00	122.10	84.70	24.40	0.00	0.00	0.00	-	-	-
2000	9.80	0.00	37.60	30.40	308.50	76.90	14.60	123.50	10.60	15.30	0.00	0.00
2001	0.00	0.00	15.70	27.10	68.40	10.50	186.20	78.80	48.90	21.10	0.70	0.00
2002	1.30	0.00	32.20	38.30	158.70	193.10	96.20	114.80	45.00	16.40	3.80	1.70
2003	11.30	0.00	0.30	30.80	23.20	76.70	7.50	18.20	0.00	12.10	0.00	0.00
2004	1.50	20.10	40.90	20.50	55.70	88.60	73.10	68.20	20.50	98.90	0.00	0.00
2005	8.50	0.00	16.60	7.30	76.60	148.70	41.00	227.70	53.10	64.00	11.90	0.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.80	5.00	74.10	219.90	46.90	10.00	58.90	2.20	0.00
2007	0.00	41.70	9.10	6.40	89.00	60.00	53.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.00	16.00	5.80	163.80	62.40	31.90	164.50	9.50	0.30	0.00	0.00	0.00
2009	0.00	3.00	0.50	0.00	10.80	106.40	41.60	115.40	101.50	20.60	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.80	59.30	90.80	44.80	3.40	39.30	20.50	69.80	0.80
2011	0.00	3.70	0.00	0.00	24.55	56.70	48.10	13.30	17.20	2.40	0.00	0.00
2012	0.00	0.00	19.15	39.80	73.80	8.40	61.40	5.00	54.00	5.80	38.00	0.00
2013	1.10	1.60	0.00	0.50	73.80	45.30	24.00	54.70	17.20	0.20	0.00	0.00
2014	1.70	0.10	0.00	0.70	15.00	95.80	25.20	50.80	33.40	0.40	9.20	0.00
2015	0.00	3.20	22.07	0.07	2.00	11.87	42.00	68.90	57.40	162.00	0.00	0.00
2016	0.00	0.00	35.87	81.50	48.00	52.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00
2017	0.00	0.00	0.00	7.20	56.60	1.80	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	0.70	0.00	0.50	29.40	10.80	30.40	3.67	0.00	0.00	0.00
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	23.50	22.00	4.50	0.07	0.00	0.00	0.00
2020	0.00	0.00	0.00	1.80	5.90	58.60	70.00	15.80	0.20	0.00	0.00	0.00
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los datos de precipitaciones promedio mensuales son aplicables en diferentes zonas según los períodos especificados: Zona 1 cubre desde abril de 1993 hasta septiembre de 2022; Zona 2, desde enero de 2010 hasta agosto de 2020; y Zona 4, desde abril de 2013 hasta agosto de 2019. No hay datos aplicables para las zonas 3 y 5 en los períodos considerados. Estos datos permiten analizar las variaciones y patrones de precipitación en las áreas y tiempos indicados.

2.3.7. Precipitaciones promedio anuales según las 5 zonas

Cuadro 9: Precipitaciones Promedio Anuales (Según Zonas)

Periodo	Precipitaciones (mm)
1993-1994	0.00
1994-1995	0.00
1995-1996	0.00
1996-1997	0.00
1997-1998	0.00
1998-1999	0.00
1999-2000	278.60
2000-2001	595.50
2001-2002	475.20
2002-2003	679.60
2003-2004	231.00
2004-2005	450.60
2005-2006	630.30
2006-2007	468.60
2007-2008	230.70
2008-2009	435.90
2009-2010	396.30
2010-2011	333.20
2011-2012	181.40
2012-2013	288.90
2013-2014	217.50
2014-2015	255.77
2015-2016	380.10
2016-2017	213.90
2017-2018	91.30
2018-2019	74.77
2019-2020	56.87
2020-2021	152.30
2021-2022	0.00
2022-2023	0.00

Entre 1993 y 1998, no se registraron precipitaciones, posiblemente debido a sequías o falta de datos. Desde 1999, las precipitaciones aumentaron notablemente, con picos en 2002-2003 y 2005-2006. Sin embargo, desde 2018 hasta 2023, las precipitaciones han sido muy bajas o inexistentes. Estos patrones sugieren posibles cambios climáticos o sequías prolongadas. Es crucial analizar estos datos junto con otros indicadores climáticos para entender las causas y sus implicaciones para la gestión de los recursos hídricos.

2.4. Balance Hidrológico

El balance hidrológico se describe matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$\frac{dS}{dt} = X - Y$$

donde:

- X representa las entradas de agua al sistema (como la precipitación, P).
- Y representa las salidas de agua del sistema (como la evaporación, E , y el caudal, Q).
- $\frac{dS}{dt}$ es la tasa de variación del almacenamiento de agua en el sistema con respecto al tiempo.

2.4.1. Simplificación de la Ecuación

La ecuación del balance hidrológico puede simplificarse en un contexto de largo plazo o cuando se consideran promedios anuales, donde el cambio en el almacenamiento ($\frac{dS}{dt}$) tiende a cero, resultando en:

$$P = Q + ET$$

donde:

- P es la precipitación anual media (501 mm en este estudio).
- Q es el caudal medio que puede ser calculado en términos mensuales, anuales o diarios.
- ET es la evapotranspiración, que incluye tanto la evaporación del suelo y cuerpos de agua como la transpiración de las plantas.

2.4.2. Cálculo de la Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) teórica se puede calcular utilizando la fórmula de Penman-Monteith o métodos simplificados dependiendo de la disponibilidad de datos. En este estudio, se ha considerado:

$$ET = f(P, T, Q)$$

donde T es la temperatura media, que se puede obtener mediante el análisis de isolíneas y otros datos meteorológicos.

2.5. Cálculo de la Evaporación Media Anual y Mensual

Para calcular la evaporación media anual y mensual, es fundamental analizar los promedios de precipitación y caudal. Se puede desglosar de la siguiente manera:

2.5.1. Evaporación Media Anual

Se basa en el promedio de precipitación anual y las condiciones climáticas del área de estudio. Para una precipitación anual media de 501 mm, la evaporación anual puede ser calculada ajustando los modelos de balance hídrico a las características del clima y suelo locales.

2.5.2. Evaporación Media Mensual

La evaporación media mensual se calcula dividiendo el total anual entre los meses del año o utilizando datos mensuales específicos si están disponibles. Esta medida es crucial para el manejo mensual del agua, especialmente en áreas con variabilidad estacional significativa en la precipitación y temperatura.

3. Pregunta 2

3.1. Datos sobre el Cauce y Embalse

A continuación, se presentan los datos utilizados en el análisis:

Cuadro 10: Datos sobre el cauce y embalse a analizar

Parámetro	Valor
Área total	420 km ²
Precipitación media anual	630 mm/año
Escorrentamiento medio anual	280 mm/año
Área embalse	13 km ²
Evaporación media en embalse	990 mm/año

3.2. Supuestos y Ecuaciones Utilizadas

Para el desarrollo del análisis se consideraron los siguientes supuestos y ecuaciones:

- Caudales subterráneos, retención por vegetación y variaciones en almacenamiento se suponen iguales a 0.
- El balance hidrológico se expresa como: Entrada = Salida.

Las ecuaciones utilizadas son:

$$Q_{\text{afuente}} = \text{Escorrentamiento medio anual} \times \text{Área total} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ecológico}} = 0,1 \times Q_{\text{afuente}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{Pp embalse}} = \text{Precipitación media anual} \times \text{Área embalse} \quad (3)$$

$$Q_{\text{Ev embalse}} = \text{Evaporación media en embalse} \times \text{Área embalse} \quad (4)$$

$$Q_{\text{efluente}} = Q_{\text{ecológico}} + Q_{\text{abastecimiento}} \quad (5)$$

Del balance hidrológico, tenemos:

$$P_p + Q_{\text{afuente}} = E_v + E_T + Q_{\text{efluente}} \quad (6)$$

Donde:

$$E_T = P_p - \text{Escorrentamiento medio anual}$$

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$P_p + Q_{\text{afuente}} - E_v - E_T - Q_{\text{ecológico}} = Q_{\text{abastecimiento}} \quad (7)$$

3.3. Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos de los caudales se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro 11: Resultados obtenidos de caudales

Caudal	Valor (m^3/s)
Q_{afluente}	3.73
$Q_{\text{ecológico}}$	0.373
Q_{Pp}	0.259
Q_{Ev}	0.408
E_{T}	$1,11 \times 10^{-8}$
$Q_{\text{abastecimiento}}$	3.36

4. Conclusión

En conclusión, el informe presenta un análisis exhaustivo de la cuenca del Río Mapocho en Los Almen-dros. Se han examinado los parámetros clave de la cuenca, como su tamaño, elevación y precipitación media anual, utilizando datos de estaciones de monitoreo confiables. Los caudales medios mensuales y por temporada se han calculado para evaluar el flujo de agua en diferentes periodos y años, mientras que la información sobre precipitaciones se ha utilizado para entender la variabilidad en la disponibilidad de agua.

El análisis muestra que la cuenca presenta una variabilidad significativa en los caudales y precipi-taciones, lo que influye en la cantidad de agua disponible para abastecimiento. Estos resultados son cruciales para planificar el uso del agua y para el diseño de futuros embalses en la región. La informa-ción detallada obtenida de las estaciones de monitoreo ayuda a asegurar la precisión en la evaluación de recursos hídricos y proporciona una base sólida para la gestión del agua en la cuenca.