



Instituto Geológico
y Minero de España



CONSEJO INSULAR
DE AGUAS
DE GRAN CANARIA

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS SOBREENPLOADAS O EN RIESGO DE SOBREENPLOACIÓN EN LA ZONA BAJA DEL ESTE DE GRAN CANARIA

CONVENIO ESPECÍFICO 1998-2003

CAPÍTULO IV. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

IV. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Metodología
 - 1.3. Datos de base
 - 1.3.1. Datos pluviométricos
 - 1.3.2. Mapas básicos
2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO
 - 2.1. Precipitaciones anuales
 - 2.1.1. Precipitaciones anuales medias
 - 2.1.2. Precipitaciones en años secos, medios y húmedos
 - 2.1.3. Isoyetas medias anuales
 - 2.1.4. Volúmenes de precipitación anual media
 - 2.1.5. Series de precipitaciones anuales para períodos iguales o superiores a 50 años
 - 2.1.6. Relación altura – precipitación
 - 2.2. Precipitaciones mensuales y estacionales
 - 2.3. Precipitaciones diarias
3. CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA PRODUCIDA POR LLUVIAS AISLADAS
 - 3.1. Metodología de cálculo
 - 3.2. Cálculo de la escorrentía, infiltración y E.T.R.
 - 3.2.1. Observatorios pluviométricos asignados a las subcuencas
 - 3.2.2. Determinación del Número de Curva
 - 3.2.3. Cálculo de los valores de la retención en las diferentes subcuencas
 - 3.2.4. Cálculo de la escorrentía en las diferentes subcuencas
 - 3.2.5. Cálculo de la infiltración en las diferentes subcuencas
 - 3.2.6. Cálculo de la E.T.R. en las diferentes subcuencas
 - 3.2.7. Balance hídrico
4. CÁLCULO DE LA E.T.R. POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE
5. APLICACIÓN DEL CÓDIGO VISUAL BALAN PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECARGA EN EL SECTOR SURORIENTAL DE LA ISLA DE GRAN CANARIA
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

CUADROS

- IV.1. Observatorios considerados
- IV.2. Superficie de sectores y subcuencas
- IV.3. Precipitaciones anuales medias y cotas de los observatorios
- IV.4. Años secos, medios y húmedos
- IV.5. Volúmenes de precipitación media anual en las subcuencas
- IV.6a. Caracterización de períodos húmedos y secos en observatorios de la isla de Gran Canaria
- IV.6b. Caracterización de períodos húmedos y secos en la zona Este de Gran Canaria
- IV.7. Serie de precipitaciones anuales en la zona del estudio. Período 1950-1999 (hm³)
- IV.8. Observatorios seleccionados para el estudio de las relaciones altura-precipitación
- IV.9. Altitud-precipitación en los observatorios de la Zona Norte
- IV.10. Altitud-precipitación en los observatorios de la Zona Sur
- IV.11. Precipitaciones mensuales medias
- IV.12 a. Número de meses con precipitaciones mayores de 100 mm/mes
- IV.12 b. Distribución estacional de la precipitación anual media
- IV.13. Número de días de lluvia según intervalos de precipitación
- IV.14. Porcentaje de días con precipitaciones ≥ 15 mm
- IV.15. Número de curva de la condición (N_B) para distintos complejos hidrológicos "suelo-uso del suelo".
- IV.16. Observatorios asignados a cada subcuenca
- IV.17. Condiciones hidrológicas de infiltración N_B correspondientes a los grupos hidrológicos de suelos
- IV.18. Cálculo ponderado del Número de Curva
- IV.19. Valores de la retención por subcuencas (mm)
- IV.20. Escorrentías por subcuencas
- IV.21. Infiltración por subcuencas
- IV.22. E.T.R. por subcuencas
- IV.23. Balance hídrico por sectores
- IV.24. Comparación de los valores obtenidos para la E.T.R.

FIGURAS

- IV.1. Polígonos de Thiessen

GRÁFICOS

- IV.1. Precipitaciones anuales sobre la Zona del Estudio (hm³)
- IV.2. Desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales en el observatorio nº 1
- IV.3. Desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales en el observatorio nº 4
- IV.4. Desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales en el observatorio nº 8

- IV.5. Desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales en el observatorio nº 11
- IV.6. Desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales sobre la zona del Estudio (hm^3)
- IV.7. Relación precipitación/altura (Zona Norte)
- IV.8. Relación precipitación/altura (Zona Sur)
- IV.9. Descomposición de una lluvia aislada
- IV.10. Relación entre las condiciones N_A , N_B y N_C
- IV.11. Balance hídrico por sectores

PLANOS

- IV.1. División en sectores y subcuencas hidrográficas
- IV.2. Mapa de permeabilidad
- IV.3. Cubierta vegetal y usos del suelo
- IV.4. Isoyetas medias anuales

ANEJOS

- Anejo IV.1. Precipitaciones diarias
- Anejo IV.2. Precipitaciones anuales
- Anejo IV.3. Años secos, medios y húmedos. Ajuste log-normal
- Anejo IV.4. Precipitaciones mensuales
- Anejo IV.5. Cálculo de la escorrentía y de la infiltración
- Anejo IV.6. Valores anuales de escorrentía e infiltración por subcuencas
- Anejo IV.7. Cálculo de la E.T.R. según el método de Thorntwaite
- Anejo IV.8. Aplicación del código Visual Balan para la evaluación de la recarga en el sector suroriental de la isla de Gran Canaria
- Anejo IV.9. Climatología e hidrología superficial. Tomo de planos

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

El objetivo principal del presente capítulo es la elaboración del balance hídrico de la Zona Este de Gran Canaria, lo que equivale a plantear, como objetivos parciales, la evaluación individualizada de cada uno de los componentes principales, del ciclo hidrológico natural, es decir: precipitación, evapotranspiración real, escorrentía superficial y escorrentía subterránea. Dicho de otra manera, es el capítulo que debería definir los potenciales recursos hídricos superficiales (escorrentía superficial) y los potenciales recursos hídricos subterráneos (escorrentía subterránea) en la zona estudiada, lo que tiene mucho que ver con el objeto último del presente informe que es la sobreexplotación de los acuíferos.

A partir de los antecedentes y de los estudios existentes a nivel de isla, se conoce de antemano la escasa relevancia de la escorrentía superficial, especialmente en su parte oriental, a tenor del escaso número de embalses existentes y de sus reducidas dimensiones. Mayor importancia práctica tiene la escorrentía subterránea o infiltración profunda del agua de lluvia, que es la recarga natural del acuífero.

La principal dificultad práctica que se plantea para la determinación del balance hidrológico natural de la zona estudiada es que, a excepción de la precipitación no existen medidas directas de los otros tres componentes del balance (evapotranspiración, escorrentía superficial, escorrentía subterránea) lo que obliga a realizar estimaciones aplicando métodos empíricos de incierta fiabilidad.

1.2. Metodología

Comienza este capítulo con un estudio pluviométrico consistente en el análisis de las precipitaciones anuales, mensuales y diarias, en donde se elabora el Mapa de Isoyetas anuales medias y se calculan los volúmenes de precipitaciones anuales medias caídos en cada una de las 18 subcuencas en que se ha dividido la zona. Se incluye asimismo en este capítulo la determinación de los intervalos representativos de años secos, medios y húmedos. Como datos de base se han considerado las pluviometrías registradas en 30 observatorios a lo largo del periodo 1969-70 a 1998-99.

Una parte fundamental del presente informe está constituida por el cálculo de la escorrentía producida por lluvias aisladas, cálculo que se ha llevado a cabo mediante el método analítico empleado por el U. S. Soil Conservation Service en pequeñas cuencas, que se basa fundamentalmente en la determinación del Número de Curva. Mediante este método se determinan la escorrentía directa, la retención de agua por el terreno y la infiltración. El valor de E.T.R. se calcula por diferencia entre la precipitación y la escorrentía total.

Finalmente, se incluye como anejo la aplicación del programa BALAN para el cálculo de la evapotranspiración y la recarga del acuífero por infiltración del agua

de lluvia, en pequeñas áreas, a partir del ajuste de la evolución de niveles piezométricos medidos en puntos representativos.

Se cierra el presente informe con algunas consideraciones sobre la validez del método de cálculo de la E.T.R. de Thornthwaite en su aplicación al caso concreto de esta zona.

1.3. Datos de base

Los datos de base precisos para la realización de este trabajo están constituidos por las pluviometrías diarias así como por un conjunto de mapas tales como el topográfico, el de permeabilidad y el de cubierta vegetal. A continuación se describe el contenido de cada uno de estos tipos de datos.

1.3.1. Datos pluviométricos

En el presente estudio se ha tomado un conjunto de 30 observatorios con datos en el período 1969-70 a 1998-99. Dado que la superficie de la zona es de unos 420 km², resulta una densidad de 1 observatorio por cada 15 km², relación que, aun considerando la topografía de la zona, puede considerarse casi óptima.

En el Cuadro IV.1 se muestra el nombre y el número asignado a los diferentes observatorios, así como las cotas de los mismos y sus coordenadas. Los datos correspondientes a las precipitaciones diarias figuran en el Anejo IV.1.

1.3.2. Mapas básicos

Se describe a continuación el contenido de los mapas de base que se integran en el presente estudio.

Mapa topográfico

Viene representado a escala 1:50.000, con equidistancia de curvas de nivel de 100 metros. Corresponde al Plano IV.1. En el anejo IV.9 Tomo de planos.

Con objeto de realizar este estudio del modo más detallado posible se ha dividido la zona en cinco sectores, numerados del I al V en el sentido Norte-Sur. Cada uno de estos sectores se ha dividido a su vez en subcuencas, cuyo número es de 18. En el Cuadro IV.2 se indica la superficie de cada una de éstas, así como la extensión de aquellas partes del área de estudio no comprendidas en las subcuencas consideradas, a la que se les denomina "resto" y que se ubican en la costa.

- El Sector I corresponde a una parte el Sector Norte 4 del Plan Hidrológicos. Incluye las subcuencas 1 y 2 y al interfluvio entre las subcuencas 1 y 3.
- El sector II coincide con el Sector Norte 5 del Plan Hidrológico.
- El sector III coincide con el Sector Norte 6 del Plan Hidrológico.
- El sector IV coincide con el Sector Sur 1 del Plan Hidrológico.
- El sector V coincide con el Sector Sur 2 del Plan Hidrológico.

CUADRO IV.1

OBSERVATORIOS CONSIDERADOS

ESTACIÓN	NOMBRE	COTA	COORDENADAS	
			X	Y
001	Lomo Aljorradero	1075	445.814	3.097.364
009	Cuevas del Pinar	1215	440.989	3.089.234
014	Gando	20	461.544	3.088.220
015	Tenteniguada	745	448.979	3.096.104
018	Telde Narea	135	459.413	3.097.279
023	San Bartolomé	887	443.684	3.089.064
029	Santa Brígida	450	451.809	3.101.869
030	Valleseco	960	443.549	3.103.129
033	Cuevas Blancas	1690	446.324	3.093.409
039	Madroñal	595	450.049	3.099.879
042	Doctoral	95	455.429	3.078.745
048	San Roque	271	454.384	3.097.824
054	Santa Lucía	715	447.084	3.087.659
065	Piletas	105	455.804	3.083.500
066	Tafira – Vivero	337	455.363	3.104.849
068	Lagunetas	1110	442.994	3.097.939
070	Utiaca	850	445.399	3.099.534
081	Agüimes - Cadenas Virgen	422	454.259	3.087.009
083	Fataga	605	444.379	3.084.859
089	Culata de Tejeda	1195	440.964	3.095.199
101	Cuatro Puertas	250	458.454	3.092.819
115	La Pasadilla	700	453.824	3.091.159
117	Hoya de la Perra	1425	448.724	3.091.599
131	Juan Grande	42	453.729	3.076.240
132	Barranco Las Palmas	175	450.679	3.079.285
139	Hacienda Mocanes	580	451.449	3.095.274
142	Hornos – Presa	1625	442.004	3.093.499
149	La Matanza	175	456.363	3.100.279
166	Cueva Grande	1335	443.844	3.096.294
194	Arinaga – Faro	13	461.344	3.081.270

Mapa de permeabilidad

Corresponde al Plano IV.2 y en él se distinguen cuatro grados de permeabilidad, desde los permeables a los de muy baja permeabilidad. En este mapa se muestra asimismo la división en sectores y subcuencas. Procede del Capítulo III. Geología.

CUADRO IV.2.

SUPERFICIE DE SECTORES Y SUBCUENCAS

SECTOR	SUBCUENCA	SUPERFICIE (km ²)
I	1	22,9
	2	3,3
	RESTO	6,7
	TOTAL SECTOR	32,9
II	3	74,5
	4	9,7
	5	4,3
	6	7,3
	RESTO	17,7
	TOTAL SECTOR	113,5
III	7	5,8
	8	3,4
	9	14
	10	2,5
	11	4,3
	12	31,1
	RESTO	11,2
	TOTAL SECTOR	72,3
IV	13	7
	14	14,4
	15	37,3
	16	23,1
	17	39,3
	RESTO	42,6
	TOTAL SECTOR	163,7
V	18	25,6
	RESTO	10,5
	TOTAL SECTOR	36,1
TOTAL ZONA ESTUDIADA		418,5

Mapa de cubierta vegetal y usos del suelo

Se ha tomado del Mapa de Cultivos y Aprovechamiento del M.A.P.A. del año 1988. La relativa antigüedad del mismo no implica necesariamente pérdida de representatividad, ya que su fecha se centra casi de un modo perfecto en el periodo de datos pluviométricos (1969-70 a 1998-99). Corresponde al Plano IV.3.

No se trata exactamente de un mapa de cultivo propiamente dicho, ya que los cultivos alineados no figuran individualizados sino agrupados en función de los tipos de labores realizadas, que son los aspectos que realmente interesan en el presente estudio.

En el aspecto correspondiente a la cubierta vegetal, se presentan dentro de la zona los siguientes tipos:

- Cultivos alineados.
- Pastizales (pastos naturales).
- Montes con pastos.
- Bosques (forestales).

De forma complementaria, se reflejan también en este mapa otros conceptos que constituyen una parte de la cubierta del suelo, como son los caseríos y los terrenos improductivos.

2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

Se analizan aquí las precipitaciones anuales, mensuales y diarias registradas en 30 observatorios.

Dentro de las precipitaciones anuales (epígrafe 2.1.) se consideran las precipitaciones anuales medias y las correspondientes a años secos, medios y húmedos. Se traza el mapa de isoyetas anuales medias, se evalúan los volúmenes de precipitación por subcuencas y se calcula la relación entre alturas y precipitaciones.

Bajo el epígrafe 2.2 sobre precipitaciones mensuales se estudian los valores medios así como la distribución estacional de las lluvias.

En el aspecto referente a las precipitaciones diarias (epígrafe 2.3.) se analiza su cuantía y distribución.

2.1. Precipitaciones anuales

2.1.1. Precipitaciones anuales medias

En función de las precipitaciones diarias (Anejo IV.1) se han calculado las precipitaciones anuales que para el período 1969-70 a 1998-99, se reflejan en el Anejo IV.2. Estos valores se resumen en el Cuadro IV.3.

De su observación se deduce que oscilan entre 65,6 mm correspondientes al observatorio de Arinaga-Faro (194) y los 701,6 mm correspondientes al de Valleseco (030). En la zona costera se presentan los valores más bajos, no superándose los 200 mm, mientras que los más elevados corresponden al entorno del embalse de Cuevas Blancas.

CUADRO IV.3

PRECIPITACIONES ANUALES MEDIAS Y COTAS DE LOS OBSERVATORIOS

ESTACIÓN	NOMBRE	PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA (mm)	COTA (m s.n.m.)
001	Lomo Aljorradero	531,5	1.075
009	Cuevas del Pinar	438,4	1.215
014	Gando	124,6	20
015	Tenteniguada	465,5	745
018	Telde Narea	156,8	135
023	San Bartolomé	355,9	887
029	Santa Brígida	367,5	450
030	Valleseco	701,6	960
033	Cuevas Blancas	692,2	1.690
039	Madroñal	433,4	595
042	Doctoral	103,6	95
048	San Roque	246,8	271
054	Santa Lucía	249,8	715
065	Piletas	128,7	105
066	Tafira – Vivero	296,6	337
068	Lagunetas	577,8	1.110
070	Utiaca	582,3	850
081	Agüimes - Cadenas Virgen	210,5	422
083	Fataga	243,7	605
089	Culata de Tejeda	491,2	1.195
101	Cuatro Puertas	172,5	250
115	La Pasadilla	323,2	700
117	Hoya de la Perra	447,3	1.425
131	Juan Grande	108,0	42
132	Barranco Las Palmas	139,6	175
139	Hacienda Mocanes	346,2	580
142	Hornos – Presa	633,7	1.625
149	La Matanza	212,4	175
166	Cueva Grande	686,2	1.335
194	Arinaga – Faro	65,6	13

2.1.2. Precipitaciones en años secos, medios y húmedos

Su cálculo se ha llevado a cabo mediante el ajuste de los valores anuales de precipitación a la ley estadística log-normal. En el Anejo IV.3 se muestra el proceso de cálculo así como los parámetros de la citada ley estadística correspondiente a cada observatorio.

Los límites correspondientes a los años secos, medios y húmedos se han establecido en función de intervalos de probabilidad, siendo estos intervalos los siguientes:

- Años muy secos: < 15 %
- Años secos: 15-35 %
- Años medios: 35-65 %
- Años húmedos: 65-85 %
- Años muy húmedos: > 85 %

En el Cuadro IV.4 se exponen los valores límites correspondientes a años secos, medios y húmedos en cada observatorio.

2.1.3. Isoyetas medias anuales

La distribución espacial de las precipitaciones se muestra en el Plano IV.4.

De su observación se deduce que la línea isoyeta máxima, representativa de los 600 mm, se extiende por el entorno del embalse de Cuevas Blancas. Desde esta línea disminuyen sensiblemente las precipitaciones en dirección a la costa en donde llegan a presentarse valores inferiores a 100 mm.

El "gradiente pluviométrico" no es uniforme en toda el área del estudio, ya que cabe distinguir dos zonas: la situada al Norte, de menor gradiente, y la ubicada en el Sur. Como línea separadora puede considerarse la divisoria norte de la cuenca representativa del Sector III.

Como isoyeta anual media de la zona de estudio para el período 1969-70 a 1998-99 puede considerarse representativa la de 250 mm.

2.1.4. Volúmenes de precipitación anual media

Una vez delimitada las subcuencas y trazado el mapa de isoyetas anuales medias se procede al cálculo de volúmenes de precipitación anual media caída en cada una de las 18 subcuencas consideradas.

Este cálculo se ha llevado a cabo considerando las isoyetas de cada subcuenca y planimetrando su superficie representativa

CUADRO IV.4.
AÑOS SECOS, MEDIOS Y HÚMEDOS

OBSERVATORIO	LÍMITES CORRESPONDIENTES A AÑOS				
	MUY SECOS	SECOS	MEDIOS	HÚMEDOS	MUY HÚMEDOS
Lomo Aljorradero (001)	< 342,2	342,2- 433,8	433,8- 574,6	574,6- 728,5	> 728,5
Cuevas del Pinar (009)	< 202,9	202,9- 299,2	299,2- 474,0	474,0- 698,9	> 698,9
Gando (014)	< 67,8	67,8- 94,5	94,5- 140	140- 195	> 195
Tenteniguada (015)	< 309,6	309,6- 386,3	386,3- 502,1	502,1- 626,5	> 626,5
Telde Narea (018)	< 80,1	80,1- 113,1	113,1- 170,1	170,1- 240,1	> 240,1
San Bartolomé (023)	< 153,7	153,7- 232	232- 377,9	377,9- 570,4	> 570,4
Santa Brígida (029)	< 256,7	256,7- 312,7	312,7- 395,2	395,2- 481,4	> 481,4
Valleseco (030)	< 514,9	514,9- 612,2	612,2- 751,5	751,5- 893,5	> 893,5
Cuevas Blancas (033)	< 428,9	428,9- 553,7	553,7- 794,2	794,2- 967,1	> 967,1
Madroñal (039)	< 290,7	290,7- 361,6	361,6- 468,4	468,4- 582,7	> 582,7
Doctoral (042)	< 46,2	46,2- 68,8	68,8- 110,2	110,2- 164	> 164
San Roque (048)	< 119,1	119,1- 175,2	175,2- 276,6	276,6- 406,7	> 406,7
Santa Lucía (054)	< 105,3	105,3- 161	161- 266	266- 406,4	> 406,4
Piletas (065)	< 63,4	63,4- 90,8	90,8- 139	139- 199,2	> 199,2
Tafira - Vivero (066)	< 190	190- 241,9	241,9- 322	322- 409,9	> 409,9
Lagunetas (068)	< 361,8	361,8- 464,5	464,5- 624,5	624,5- 801,8	> 801,8
Utiaca (070)	< 425	425- 506,7	506,7- 624,1	624,1- 744	> 744
Agüimes – Cadenas Virgen (081)	< 126,7	126,7- 166,4	166,4- 229,8	229,8- 301,8	> 301,8
Fataga (083)	< 103	103- 157,5	157,5- 260,8	260,8- 399	> 399
Culata de Tejeda (089)	< 259,9	259,9- 360,7	360,7- 531,8	531,8- 738,2	> 738,2
Cuatro Puertas (101)	< 102,3	102,3- 135,1	135,1- 187,7	187,7- 247,9	> 247,9
La Pasadilla (115)	< 222,8	222,8- 273,2	273,2- 348	348- 426,9	> 426,9
Hoya de la Perra (117)	< 294,1	294,1- 368,8	368,8- 482,4	482,4- 605	> 605
Juan Grande (131)	< 26,7	26,7- 50,7	50,7- 108,1	108,1- 205	> 205
Barranco Las Palmas (132)	< 59,6	59,6- 90,7	90,7- 149,1	149,1- 226,8	> 226,8
Hacienda Mocanes (139)	< 218,1	218,1- 279,4	279,4- 374,7	374,7- 479,1	> 479,1
Hornos - Presa (142)	< 352,5	352,5- 478,4	478,4- 687	687- 932,3	> 932,3
La Matanza (149)	< 130,1	130,1- 168,9	168,9- 230,1	230,1- 298,8	> 298,8
Cueva Grande (166)	< 444,3	444,3- 561,7	561,7- 741,5	741,5- 937,4	> 937,4
Arinaga - Faro (194)					

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro IV.5. Resumiendo las cifras expuestas en dicho cuadro por sectores, se tienen los siguientes volúmenes de precipitación anual media para el período 1969-70 a 1998-99.

- Sector I = 9,33 hm³.
- Sector II = 33,62 hm³.
- Sector III = 17,65 hm³.
- Sector IV = 36,46 hm³.
- Sector V = 4,62 hm³.
- TOTAL = 101,68 hm³**

Supone un total de 101,68 hm³ para toda la zona de estudio, lo que equivale a una línea isoyeta representativa de 243 mm.

CUADRO IV.5

VOLÚMENES DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN LAS SUBCUENCAS

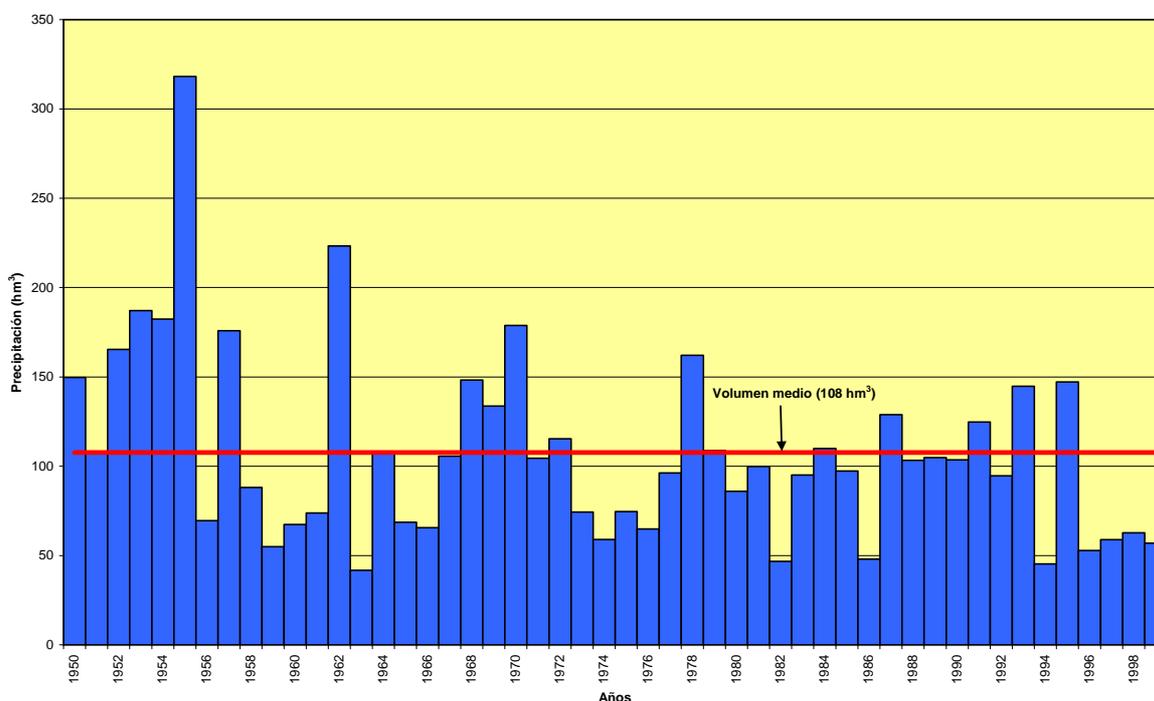
SECTOR	SUBCUENCA	SUP (km ²)	VOLUMEN (hm ³)	ISOYETA (mm)
I	1	22,9	7,32	320
	2	3,3	0,84	255
	RESTO	6,7	1,17	175
	TOTAL	32,9	9,33	284
II	3	74,5	27,00	362
	4	9,7	2,00	206
	5	4,3	0,72	167
	6	7,3	1,69	232
	RESTO	17,7	2,21	125
	TOTAL	113,5	33,62	296
III	7	5,8	1,00	172
	8	3,4	0,63	185
	9	14,0	3,56	254
	10	2,5	0,42	168
	11	4,3	0,73	170
	12	31,1	9,91	319
	RESTO	11,2	1,40	125
	TOTAL	72,3	17,65	244
IV	13	7,0	1,13	161
	14	14,4	3,13	219
	15	37,3	7,70	206
	16	23,1	4,64	201
	17	39,3	16,45	419
	RESTO	42,6	3,41	80
	TOTAL	163,7	36,46	223
V	18	25,6	3,57	139
	RESTO	10,5	1,05	100
	TOTAL	36,1	4,62	128
TOTAL ZONA DE ESTUDIO		418,5	101,68	243

2.1.5. Series de precipitaciones anuales para períodos iguales o superiores a 50 años.

En los epígrafes que anteceden (2.1.1. a 2.1.4.) se han considerado las precipitaciones anuales relativas al período de 30 años que se extiende desde 1969-70 a 1998-99 ya que, siguiendo la opinión más generalizada de los expertos, en climas templados, son suficientes períodos de esa longitud para definir las características estadísticas de las series pluviométricas de una cuenca o región. No obstante, dadas las singulares peculiaridades del clima canario, y puesto que en buen número de los observatorios insulares la longitud de los registros es considerablemente más larga (50 años o más). La cuestión que aquí se plantea es determinar si, a partir de los datos disponibles, se puede deducir la existencia de ciclos pluviométricos con alternancias de períodos más húmedos o más secos que la media y que por su duración y por su intensidad pudieran afectar significativamente a la recarga de los acuíferos y, por consiguiente, a la estrategia de explotación de las aguas subterráneas. Para ello se han analizado, en primer lugar, las precipitaciones individualmente registradas en los observatorios con series más largas. Después, se han analizado las precipitaciones anuales globales sobre la totalidad del área estudiada, Gráfico IV.1.

GRÁFICO IV.1

PRECIPITACIONES ANUALES SOBRE LA ZONA DEL ESTUDIO (hm³)



En los Gráficos IV.2 a IV.5 se representan las desviaciones con respecto a la media de las precipitaciones en los observatorios 1, 4, 8 y 11 cuyas series pluviométricas oscilan entre 66 y 73 años. Los tramos ascendentes (descendentes) en esos gráficos representan períodos húmedos (secos) con precipitaciones anuales por encima (por debajo) de la media. Los resultados se resumen en el Cuadro IV.6a en el que se observa que:

- Hay una relativa concordancia de períodos húmedos y secos;
- La precipitación en un período húmedo puede superar en más de un 150% a la precipitación de un período seco;
- La longitud de un ciclo completo incluyendo períodos húmedos y secos, puede ser del orden de 65-70 años.

Hace falta disponer de períodos de registro de precipitaciones más largos para definir con mayor precisión los ciclos y los períodos húmedos y secos, pero es evidente que estas fluctuaciones naturales de las lluvias pueden incidir significativamente en el régimen de recarga de los acuíferos.

GRÁFICO IV.2.

DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO A LA MEDIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL OBSERVATORIO N° 1

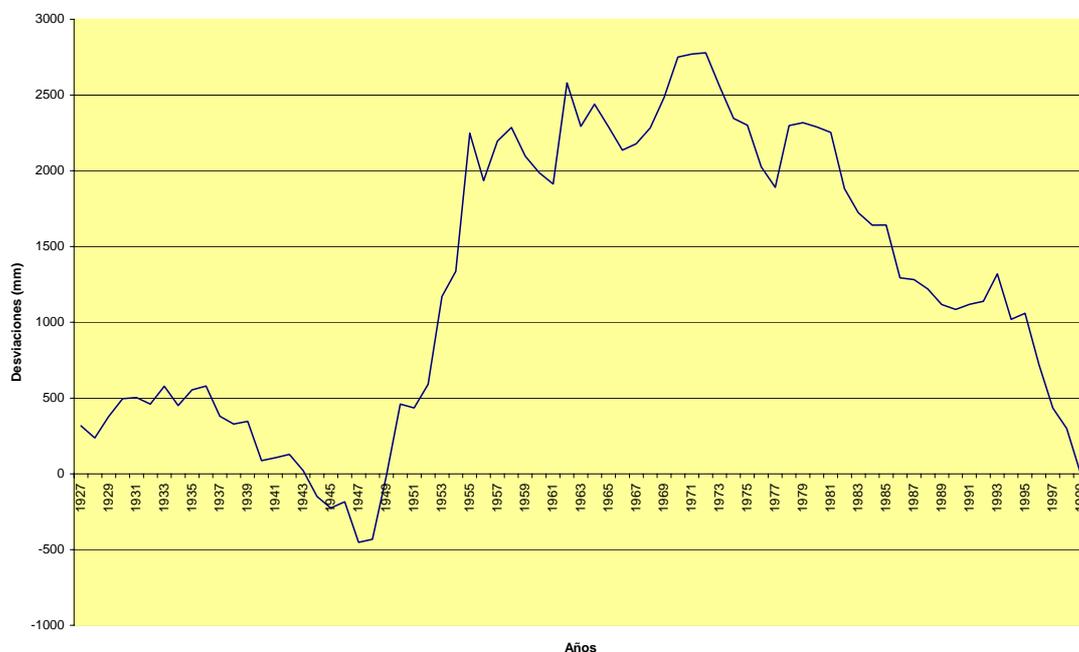


GRÁFICO IV.3.

DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO A LA MEDIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL OBSERVATORIO N° 4

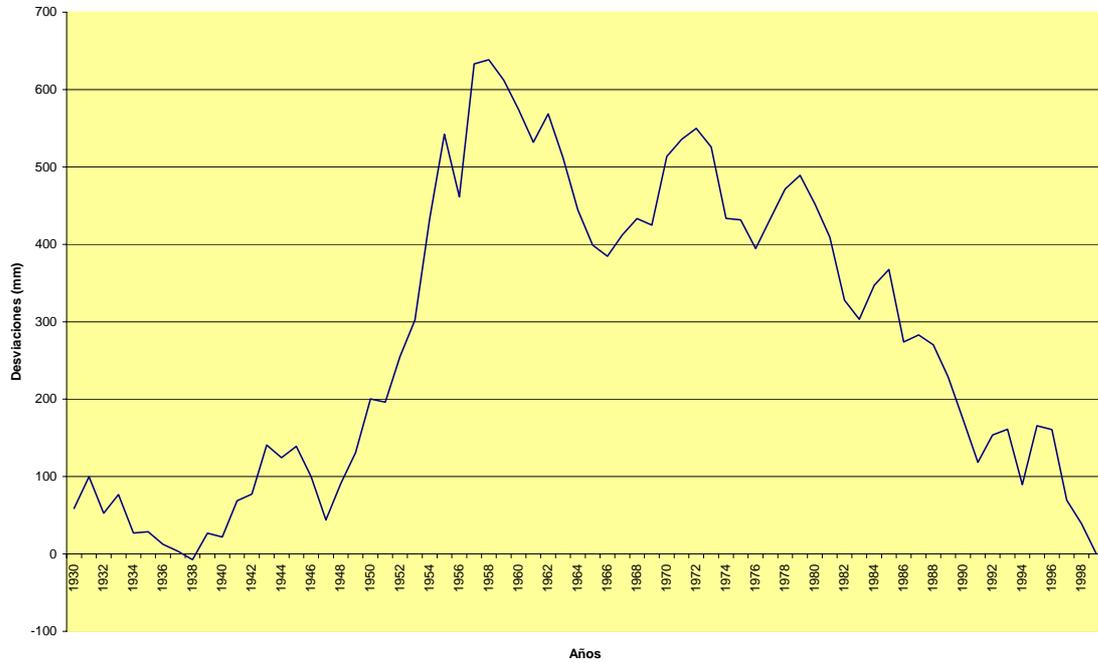


GRÁFICO IV.4.

DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO A LA MEDIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL OBSERVATORIO N° 8

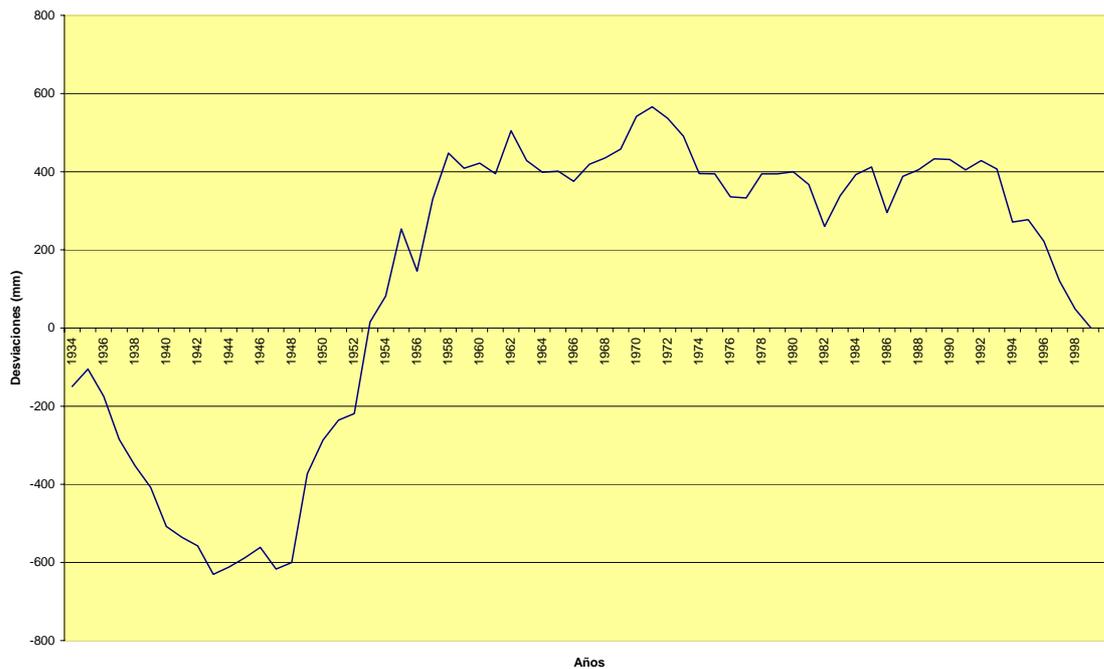
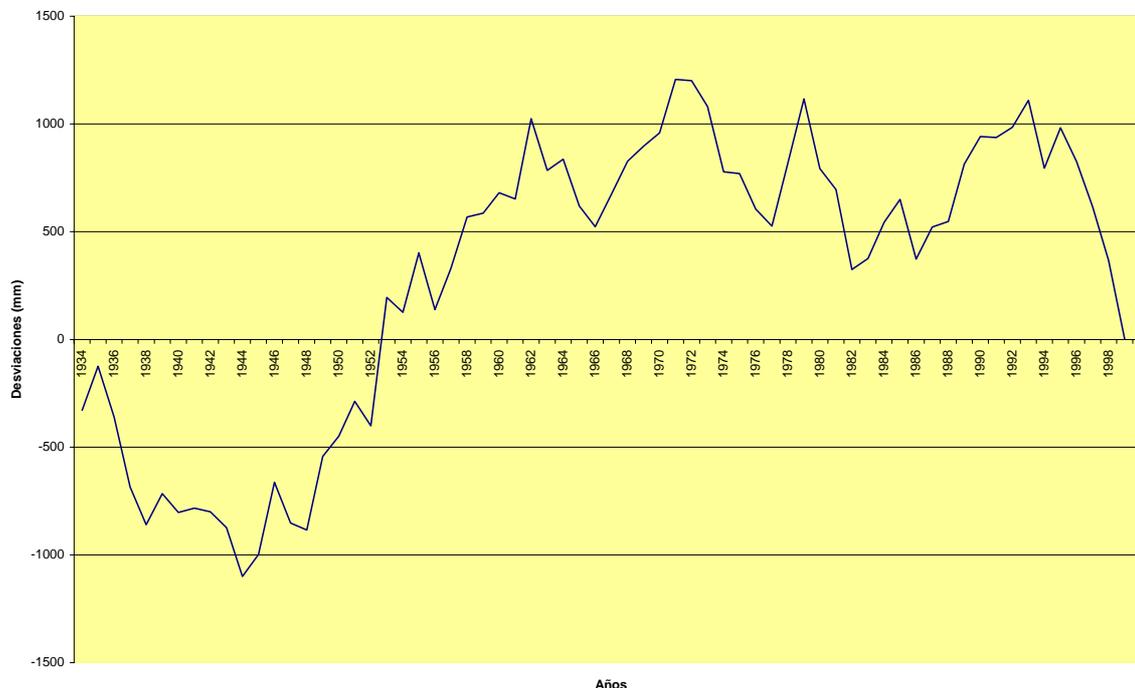


GRÁFICO IV.5.

DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO A LA MEDIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN EL OBSERVATORIO Nº 11



CUADRO IV.6 a

CARACTERIZACIÓN DE PERIODOS HÚMEDOS Y SECOS EN OBSERVATORIOS DE LA ISLA DE GRAN CANARIA

	OBSERVATORIO			
	1	4	8	11
Período de observación	1927-99	1930-99	1934-99	1934-99
Número de años	73	70	66	66
Precipitación media mm/año	598	127	157	596
Porcentaje	100	100	100	100
Período húmedo	1939-58	1939-58	1944-62	1945-62
Número de años	20	20	19	18
Precipitación media mm/año	696	159	217	714
Porcentaje	116	125	138	120
Período seco	1927-99	1930-99	1934-99	1934-99
Número de años	27	27	7	6
Precipitación media mm/año	495	107	96	412
Porcentaje	83	67	61	69

A nivel de precipitaciones globales sobre la zona estudiada se han calculado las series de las precipitaciones en el período 1950-1999, que se detallan en el Cuadro IV.7, obtenidas a partir de los Polígonos de Thiessen (Figura IV.1), expresadas en $hm^3/año$.

CUADRO IV.7

SERIE DE PRECIPITACIONES ANUALES EN LA ZONA DEL ESTUDIO. PERIODO 1950-1999 (hm³)

ESTACIÓN	SUPERFICIE (km²)	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
1	1,4587	1,5588	0,8380	1,0984	1,7165	1,1165	2,2027	0,4154	1,2533	1,0029
14	25,23	9,2822	2,8359	4,7887	5,2504	6,8121	10,3570	3,9839	7,0872	3,1134
15	10,9437	10,8846	5,2322	6,6133	8,2910	7,2130	14,0090	2,8301	7,2415	5,7849
18	30,5396	11,0737	5,6621	7,9709	7,0669	9,3818	10,1240	4,7490	12,3075	4,5016
23	13,7545	5,9255	3,0150	7,9680	10,5773	8,0093	12,7821	2,2984	5,9282	2,7248
29	5,2938	0,1625	2,3356	2,1752	3,7306	2,7946	4,9587	1,3653	3,4637	3,0519
33	11,6356	14,3247	10,3906	19,0522	24,4407	12,6596	28,0431	4,5496	15,1042	11,6473
39	4,6731	3,6969	2,2351	2,3931	3,7875	3,0922	5,5044	1,2930	3,5637	2,7534
42	23,0894	4,6110	2,0365	4,7288	5,1605	6,7768	11,0807	1,7825	3,7013	0,3464
48	18,1313	8,8481	5,7875	5,5301	7,7167	8,5671	13,7562	2,8485	7,8346	0,0000
54	34,6433	12,0594	4,8778	16,5734	19,9026	19,8645	44,8562	4,5175	14,6161	5,8444
65	27,8877	7,7305	4,8860	7,2258	5,7589	8,1042	11,9444	2,9812	8,1851	2,6020
66	2,3772	1,0567	0,8152	0,8430	1,2074	1,1337	1,5856	0,5532	1,3740	0,9136
81	29,9589	12,9603	6,5850	12,9932	8,3586	11,7230	18,9191	5,3597	12,0435	4,5838
86	3,7489	1,5093	0,8600	2,0878	2,7922	1,7118	4,0702	0,6272	1,9667	0,7997
101	29,8205	13,7980	7,2375	9,9064	9,7424	12,4889	16,8636	5,5228	12,4322	4,6938
115	23,077	12,5032	9,9324	10,7055	9,8263	11,4809	18,8725	5,2893	12,7293	8,0193
117	17,8502	16,5882	13,0021	15,3923	16,5793	11,4492	23,5320	4,7946	16,9970	11,4670
131	15,3582	0,0968	1,2164	2,9365	2,8720	4,3848	6,6025	1,2056	1,8968	0,1398
132	32,5455	0,2376	3,9706	7,3260	8,5172	11,1664	21,6265	3,4076	5,5426	0,6380
139	15,2869	0,3485	5,3978	6,6682	8,8833	9,2777	16,5451	3,7316	9,6262	5,8442
142	3,2794	0,1063	1,8994	3,2060	4,5991	2,4366	5,6035	0,6985	2,4202	2,1874
149	20,1661	0,3751	5,9450	5,0194	8,6170	6,9755	10,6639	3,4827	6,9533	4,8399
153	0,8792	0,0031	0,0637	0,1581	0,2563	0,2566	0,3197	0,0349	0,0000	0,0000
194	16,6317		0,1281	2,0158	1,4886	3,5210	3,3663	1,2208	1,5784	0,6137
	418,2604	149,7408	107,1858	165,3760	187,1393	182,3976	318,1890	69,5429	175,8466	88,1131

CUADRO IV.7 (Cont.)

ESTACIÓN	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
1	0,5968	0,7136	0,7628	1,8447	0,4542	1,0862	0,6555	0,6472	0,9347	1,0250
14	1,9730	2,5886	1,5618	4,6323	0,8124	2,8763	1,8544	1,8847	3,0907	3,0075
15	3,0555	4,2133	4,3479	10,0693	2,1198	5,6491	4,8886	3,6278	5,6295	6,8595
18	3,2464	2,9838	4,3794	9,1864	1,7072	5,6560	3,1029	5,0330	3,8206	3,5732
23	3,3988	0,7661	2,7633	13,2704	3,2186	5,8553	3,4001	2,4772	5,1497	10,8537
29	2,0249	2,1673	1,5871	0,0000	0,0466	1,6818	1,8306	1,8862	2,0699	2,1948
33	3,6943	5,8248	7,9669	28,0187	5,2896	15,0682	5,6631	7,7552	11,3250	13,0529
39	1,9033	2,1034	1,7949	3,0249	0,9542	2,0692	1,9814	1,8580	2,2272	2,3940
42	1,2284	0,1963	1,3577	4,3709	0,7735	2,6507	0,0000	0,0924	2,2212	5,3083
48	0,0000	0,6310	3,9055	10,0411	2,0797	3,9925	4,8737	3,9925	4,9336	6,5182
54	4,9437	2,5914	6,2670	23,8381	4,1053	9,4403	5,8859	4,1711	8,6713	20,1728
65	0,7335	1,4335	1,5645	6,7824	0,7391	3,7231	3,3187	4,0410	4,4258	6,7238
66	0,6806	0,6274	0,5128	0,9894	0,3770	0,4921	0,5296	0,6243	0,7529	0,8501
81	1,3003	3,0948	2,1181	11,2436	1,2224	5,6623	0,0000	0,5034	7,0494	9,6738
86	1,2177	0,1687	0,7475	3,2395	1,0756	1,1221	0,7794	0,6936	1,4977	2,2914
101	4,4016	3,5397	3,7992	9,5277	1,2078	5,0755	3,9334	3,9125	3,5666	4,1242
115	4,8231	11,1024	5,9078	21,8125	3,6485	7,8970	5,6954	5,6170	6,7755	8,1070
117	4,9749	10,7994	9,6856	20,2101	3,5058	10,2211	6,6421	7,4793	9,3393	11,9365
131	1,4283	0,6727	0,5253	4,6689	1,0736	1,0336	1,5835	2,1947	2,1533	4,0423
132	1,3832	0,9764	1,7087	9,9199	1,3019	4,8656	4,8884	0,9309	6,1186	7,6938
139	3,1201	4,5968	4,6243	11,6517	2,6003	5,3076	4,8032	3,4931	5,9176	7,4922
142	1,2809	1,2593	1,4331	5,2910	1,3311	2,7882	1,4167	1,6528	2,5642	3,9901
149	3,1883	3,6521	3,8497	7,8426	1,7121	3,2871	0,0000	0,1573	4,2268	4,6463
153	0,0203	0,0249	0,0438	0,1443	0,0167	0,0695	0,0867	0,0396	0,0837	0,2175
194	0,3077	0,7235	0,5505	1,7414	0,3011	0,8349	0,7817	0,8765	1,0229	1,5484
	54,9256	67,4512	73,7654	223,3617	41,6740	108,4054	68,5950	65,6412	105,5675	148,2974

CUADRO IV.7 (Cont.)

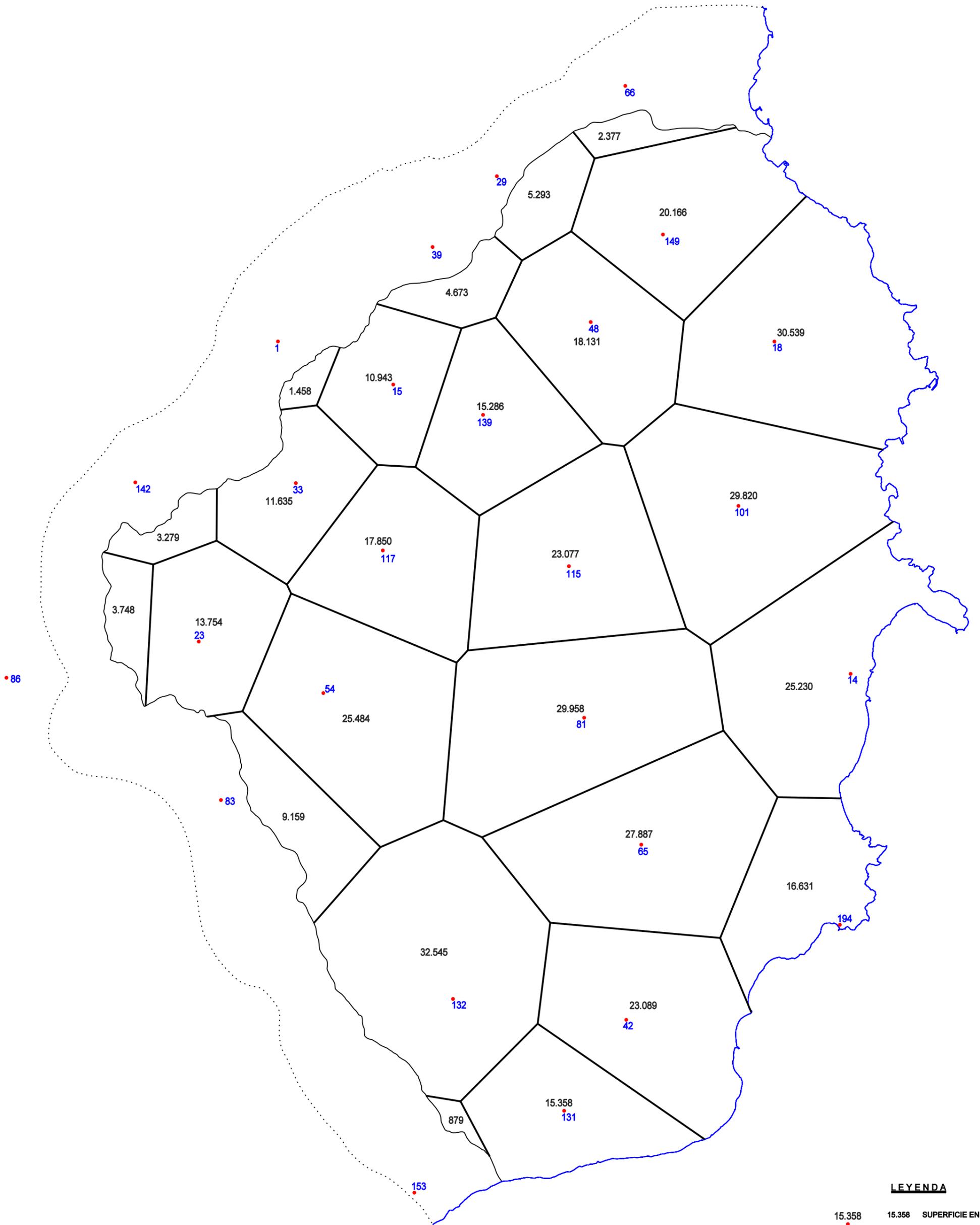
ESTACIÓN	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1	1,1633	1,2625	0,9034	0,8835	0,5492	0,5647	0,8071	0,4719	0,6758	1,4648
14	3,3682	6,7617	3,5474	3,7972	3,2926	1,3423	1,4079	0,6485	2,5685	3,6155
15	6,7829	8,0349	5,2858	5,4773	3,9277	5,0560	5,2409	2,7972	4,0601	9,2069
18	5,8881	8,9237	5,9003	5,8392	3,4755	1,4934	3,0998	5,7782	5,4727	6,4256
23	7,8140	8,6998	4,9338	4,5376	2,8348	1,8926	2,5088	2,1045	3,4400	9,8455
29	2,5638	3,4526	2,1355	2,0900	1,8438	1,6522	1,8491	1,6744	1,7888	2,1721
33	10,6257	11,6985	8,6825	8,2974	5,0766	5,0918	7,1955	3,7188	7,2269	16,1875
39	2,7795	3,5899	2,2800	2,2608	1,8875	1,9314	2,1814	1,7351	2,2178	2,4571
42	1,9534	6,8045	1,7710	2,2767	2,2882	1,0991	1,2630	0,5865	3,1517	3,8883
48	6,5762	7,3341	3,8801	4,7939	3,6408	3,1911	4,1448	4,1702	4,5492	6,3351
54	14,0652	16,9545	8,7059	11,7441	5,6400	3,8108	4,4171	2,9274	7,5696	18,8806
65	4,7214	7,9174	4,6852	6,0656	3,1067	1,7904	2,6354	1,2466	3,5641	5,1286
66	0,8292	1,0790	0,8663	0,8342	0,6732	0,3102	0,6476	0,7210	0,7788	0,7205
81	7,7055	11,4473	7,6965	9,0686	7,2950	5,7551	6,6030	8,3526	6,2405	8,5323
86	1,3406	2,1155	1,0576	0,9346	0,6879	0,4086	0,5642	0,5440	1,1809	1,8936
101	6,9303	9,8975	6,6739	6,6291	3,7932	2,6063	4,1123	5,4662	5,6987	7,5804
115	10,2462	12,4040	6,6208	7,7193	5,6885	4,9224	7,0085	7,9732	9,2101	11,5316
117	11,7598	12,3470	8,4378	9,9676	5,5764	6,0066	7,2472	4,0074	7,8309	15,7457
131	4,4063	5,9099	1,4882	2,4174	1,1442	0,1137	0,5253	0,2980	1,7217	2,8920
132	5,0771	10,8963	5,0544	5,4612	2,8445	2,8966	1,4125	1,4711	5,2594	6,7207
139	7,9553	8,8680	5,3520	5,6516	3,9578	4,7206	4,5081	2,7456	4,9698	9,1768
142	3,2443	3,5096	2,3638	2,0037	1,4006	0,7677	1,5581	1,0488	1,8706	4,4626
149	4,3277	5,8684	4,7129	4,4648	2,8354	1,2866	2,5934	4,1059	4,0131	5,3783
153	0,0895	0,2466	0,0738	0,1385	0,0751	0,0531	0,0346	0,0200	0,1368	0,1563
194	1,5069	2,8357	1,4220	2,0840	0,7850	0,3193	1,0146	0,2661	0,9780	1,7264
	133,7206	178,8590	104,5309	115,4381	74,3204	59,0828	74,5804	64,8790	96,1746	162,1249

CUADRO IV.7 (Cont.)

ESTACIÓN	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1	0,9008	0,8316	0,8192	0,3326	0,6405	0,7514	0,8749	0,3628	0,8569	0,7823
14	3,2749	2,4953	2,8283	1,3372	3,0403	2,8914	4,1075	2,8031	6,2419	3,3909
15	6,3287	5,2125	5,3186	3,4188	5,0221	4,5285	7,5052	2,7688	5,1118	4,1652
18	7,3693	5,9461	3,8603	1,9332	4,2939	3,8755	4,2970	3,0876	4,3794	1,8599
23	3,8293	2,5336	6,4935	1,2132	4,9682	6,9351	3,0453	1,4016	5,7797	5,9447
29	2,3738	2,1890	1,8338	1,4495	1,5913	1,8168	2,5252	1,0990	3,0958	1,7205
33	9,7041	8,0158	9,3085	5,1837	9,4202	9,8985	8,8780	3,5791	7,8773	8,4009
39	2,9160	2,5426	2,0940	1,2356	1,5459	1,7725	2,2529	0,8799	2,7370	1,8005
42	1,6440	1,3323	2,1081	0,6119	3,0455	4,4771	1,6879	0,6142	4,3432	2,5283
48	5,9181	5,8909	2,8720	2,3263	3,4667	3,9581	4,3914	3,7695	6,3333	5,8329
54	7,7151	4,1226	11,7268	1,6629	7,7601	11,4150	5,6573	2,6468	10,0189	11,0894
65	2,7302	2,3538	4,1330	1,1267	3,5306	4,7019	2,6745	0,8952	5,8230	3,2239
66	0,9502	0,6076	0,5487	0,4476	0,5746	0,7453	0,8610	0,3951	1,2445	0,7633
81	7,0883	4,2602	5,7941	2,9839	5,0481	6,4532	6,0038	1,4950	7,6066	6,2105
86	0,9526	0,5020	1,7590	0,3352	1,2885	1,5453	0,5740	0,4697	1,6563	1,6810
101	6,8140	5,5496	5,3946	2,4334	6,6530	5,3498	5,8150	4,5864	6,8588	5,0904
115	10,1239	8,9170	6,7062	5,3654	7,5093	6,9831	10,4078	5,6954	9,7155	7,2924
117	8,2183	7,4971	9,3625	5,2266	8,4289	9,4767	9,9408	4,3144	8,8912	9,4535
131	0,2611	0,7434	1,5420	0,0937	0,8340	2,9196	0,8125	0,4562	2,8428	1,8138
132	4,0064	2,1838	4,4197	1,3637	4,8949	8,5367	1,0838	1,2791	8,7060	5,9949
139	6,4679	5,4345	4,4821	3,2837	4,9209	4,9117	5,6103	2,1142	7,0779	4,5555
142	1,9290	1,3098	2,2736	0,7444	2,2992	2,3982	1,9755	0,7156	2,1139	2,3031
149	5,3420	4,6927	3,2589	2,4583	3,4323	3,3456	5,3561	2,5531	7,8789	5,5981
153	0,0696	0,0430	0,1137	0,0087	0,1274	0,1890	0,0364	0,0214	0,1397	0,1290
194	1,8262	0,7634	0,8033	0,1564	0,8266	0,0000	0,8998	0,0499	1,5967	1,6881
	108,7538	85,9702	99,8546	46,7325	95,1631	109,8762	97,2739	48,0531	128,9270	103,3132

CUADRO IV.7 (Cont.)

ESTACIÓN	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Media
1	0,7222	0,8253	0,9206	0,9029	1,1365	0,4347	0,9314	0,3746	0,4573	0,6770	0,4360	0,8728
14	3,6004	4,4128	3,5070	2,1219	5,5784	3,0175	5,7146	2,2026	1,3599			3,5848
15	4,8415	4,9050	6,9952	5,0385	7,3936	2,3310	6,1733	2,5149	3,0818	4,4103	2,4065	5,4780
18	1,0170	5,0330	6,1171	5,8820	10,0079	2,1867	8,7619	3,8694	2,9380	4,6268	3,9885	5,2631
23	8,0767	6,3340	11,6886	3,4414	5,9681	1,0949	10,4741	3,0631	3,8018	2,1402	2,2681	5,1898
29	2,1122	2,0365	1,7729	1,8952	2,7845	1,0000	2,3113	1,0042	1,0270	1,5252	1,2218	1,9827
33	10,1637	8,3114	11,9324	7,7691	11,3099	3,8956	10,6431	3,6059	4,7648	5,2081	4,2016	9,7949
39	1,9805	1,9931	1,9183	1,8977	2,8174	0,9122	2,2487	1,0673	1,0617	1,8113		2,2334
42	2,6553	2,5537	3,4219	2,4337	3,1217	0,8844	4,8488	1,4062	1,3415	1,6417	1,6740	2,6376
48	4,5981	4,9154	4,7033	4,3479	7,4066	2,6109	7,0785	2,8775	2,0942	0,2829	3,6970	4,7969
54	12,7280	9,9669	18,3714	7,2405	13,3481	2,3731	14,4983	4,0706	5,5153	2,9759	4,1330	9,9390
65	4,0800	4,0995	4,0298	3,4247	6,4421	1,6510	6,0600	1,1602	2,3175	2,3928	2,5573	4,0635
66	0,8491	0,8320	0,8351	0,7486	0,8601	0,2903	0,8430	0,5068	0,2586	0,5339	0,4198	0,7499
81	6,7288	6,6090	6,8426	5,7701	8,5203	3,9816	8,9577	2,5256	3,9696	3,7269	4,4759	6,5829
86	1,5401	1,3016	1,6608	0,9826	1,0913	0,3460	1,9723	0,8079	0,7101	0,5875	0,4686	1,2444
101	3,4622	4,4165	5,3707	4,5298	7,0019	1,6700	6,0119	1,7177	2,4602	3,7336	4,1063	5,8838
115	6,0785	6,9116	7,7931	7,4608	9,2678	3,6554	7,9270	3,7224	3,8724	5,1254	5,5270	8,2025
117	7,8898	7,4828	3,5540	8,8145	11,6634	5,3087	9,1697	4,7785	5,3819	5,9852	5,4907	9,3970
131	2,0672	1,8492	1,9782	1,1626	2,1256	0,4777	3,7152	1,0183	1,0306	1,0828	0,5590	1,8206
132	5,5360	4,4067	5,5556	4,6931	5,6597	1,2042	9,7702	2,7664	4,0487	3,1407	1,9104	4,8095
139	5,9237	5,4391	7,1833	5,7617	8,3818	2,4016	6,9663	2,8648	2,5866	4,5937	3,3264	5,6425
142	3,0148	2,3379	2,9902	2,0624	2,9630	0,8290	2,9816	1,3095	1,9991	1,5689	0,9504	2,1893
149	4,4830	5,3924	4,6019	5,0617	7,6551	2,2001	6,7859	2,9604	2,2445	3,6037	2,0388	4,3193
153	0,1103	0,0787	0,1143	0,0576	0,0758	0,0202	0,2432	0,0423	0,0537	0,0507	0,0269	0,0923
194	0,5239	1,1326	0,9048	1,2141	2,1389	0,5871	2,1538	0,6370	0,5006	1,3971	1,0911	1,1521
	104,7831	103,5768	124,7630	94,7151	144,7194	45,3639	147,2418	52,8741	58,8774	62,8222	56,9752	107,7111



LEYENDA

15.358	15.358	SUPERFICIE EN km ²
131	131	Nº DE OBSERVATORIO

ESCALA GRÁFICA

1.000 m 500 0 1 2 Kilómetros

Fig. IV.1 POLÍGONOS DE THIESSEN

En el Gráfico IV.6 se representa las desviaciones acumuladas con respecto a la media de las precipitaciones anuales sobre la zona del estudio (hm^3). Un somero análisis permite diferenciar los siguientes períodos, Cuadro IV.6b:

CUADRO IV. 6b

**CARACTERIZACIÓN DE PERIODOS HÚMEDOS Y SECOS
EN LA ZONA ESTE DE GRAN CANARIA**

Período	Nº de años	Carácter	$\text{hm}^3/\text{año}$	Porcentaje
1950-99	50	Medio	108	100
1950-79	30	Húmedo	119	110
1970-99	30	Seco	95	88

GRÁFICO IV.6.

**DESVIACIONES ACUMULADAS CON RESPECTO A LA MEDIA DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES SOBRE LA ZONA DEL ESTUDIO (hm^3)**



A la vista de los resultados obtenidos, sintetizados en los Cuadros IV. 6 a y IV. 6 b, es patente que períodos de 30 años son netamente insuficientes para caracterizar estadísticamente la pluviometría en la isla de Gran Canaria.

Se observa que dentro de un período de 50 años se pueden encontrar períodos parciales de 30 años en los que la precipitación media puede variar entre $95 \text{ mm}^3/\text{año}$ y $119 \text{ mm}^3/\text{año}$. Además, todo parece indicar que existen ciclos climáticos

de longitud todavía no bien definida, pero que estimativamente abarcan entre 60 y 70 años, en los que se suceden ciclos húmedos y secos.

2.1.6. Relación altura – precipitación

Para establecer esta relación se han considerado los valores de precipitaciones anuales medias y de las cotas de los observatorios que figuran en el Cuadro IV.3.

Como se indicó anteriormente, el área de estudio puede dividirse, desde el punto de vista pluviométrico, en dos zonas: Norte y Sur. En cada una de estas zonas se han considerado los observatorios relacionados en el Cuadro IV.8.

CUADRO IV. 8

**OBSERVATORIOS SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO
DE LAS RELACIONES ALTURA –PRECIPITACIÓN**

ZONA NORTE	ZONA SUR
Lomo Aljorradero (001)	Cuevas del Pinar (009)
Tenteniguada (015)	Gando (014)
Santa Brígida (029)	Telde Narea (018)
Cuevas Blancas (033)	San Bartolomé (023)
Madroñal (039)	Doctoral (042)
San Roque (048)	Santa Lucía (054)
Tafira- Vivero (066)	Piletas (065)
Hacienda Mocanes (139)	Agüimes- Cadenas Virgen (081)
La Matanza (149)	Fataga (083)
	Cuatro Puertas (101)
	La Pasadilla (115)
	Hoya de la Perra (117)
	Juan Grande (131)
	Barranco Las Palmas (132)

Se han excluido los observatorios números 030, 068, 070, 089, 142 y 166 por encontrarse relativamente alejados de la zona de estudio. Asimismo se ha excluido el observatorio número 194 por estimarse que sus datos carecen de representatividad.

Realizados los ajustes mínimo-cuadráticos resultan las siguientes expresiones:

- Zona Norte: $P = 133,073103 + 0,5058808039 H - 1,055712168 \times 10^{-4} H^2$
- Zona Sur: $P = 99,75396932 + 0,2809456404 H - 1,705435325 \times 10^{-5} H^2$

Donde P y H son la precipitación (mm) y la cota del observatorio (m).

En los Gráficos IV.7 y IV.8 se muestran estos ajustes, cuyos coeficientes de correlación son 0,985 y 0,984 respectivamente. Los valores altitud-precipitación de los observatorios utilizados se muestran en los Cuadros IV.9 y IV.10.

De modo aproximado puede indicarse, que según estas fórmulas, en la zona Norte la precipitación se incrementa en unos 35 mm por cada 200 m de altura, mientras que en la Sur esta relación es de unos 50 mm.

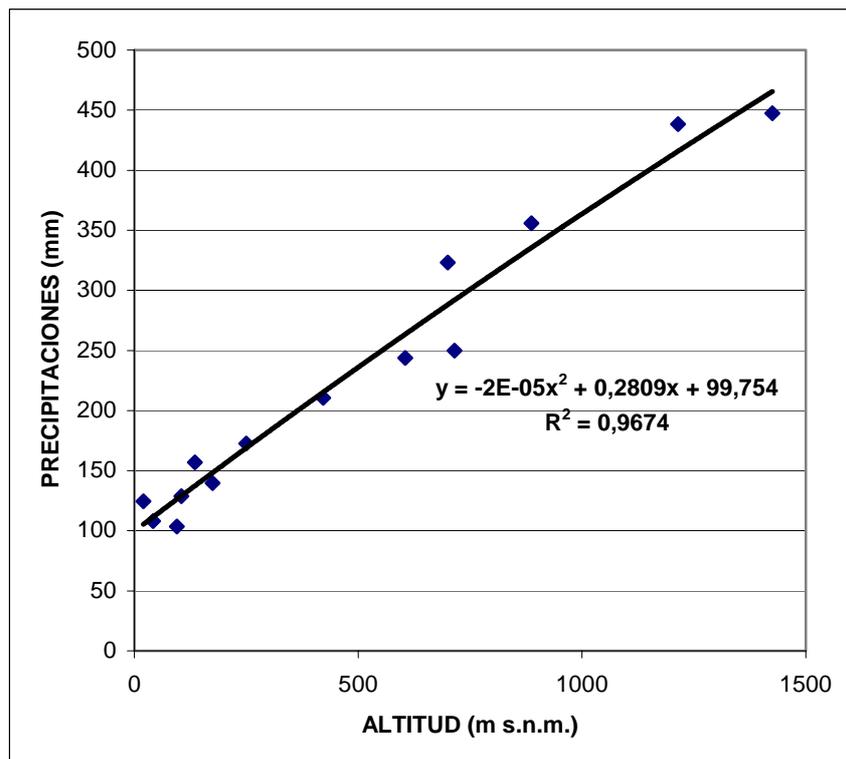
CUADRO IV.9

ALTITUD-PRECIPITACIÓN EN LOS OBSERVATORIOS DE LA ZONA NORTE

OBSERVATORIO	ALTITUD (m s.n.m.)	PRECIPITACIÓN (mm)
"001"	1075	531,5
"015"	745	465,5
"029"	450	367,5
"033"	1690	692,2
"039"	595	433,4
"048"	271	246,8
"066"	337	296,6
"189"	580	346,2
"149"	175	212,4

GRÁFICO IV.7

RELACIÓN PRECIPITACIÓN/ALTURA (ZONA NORTE)



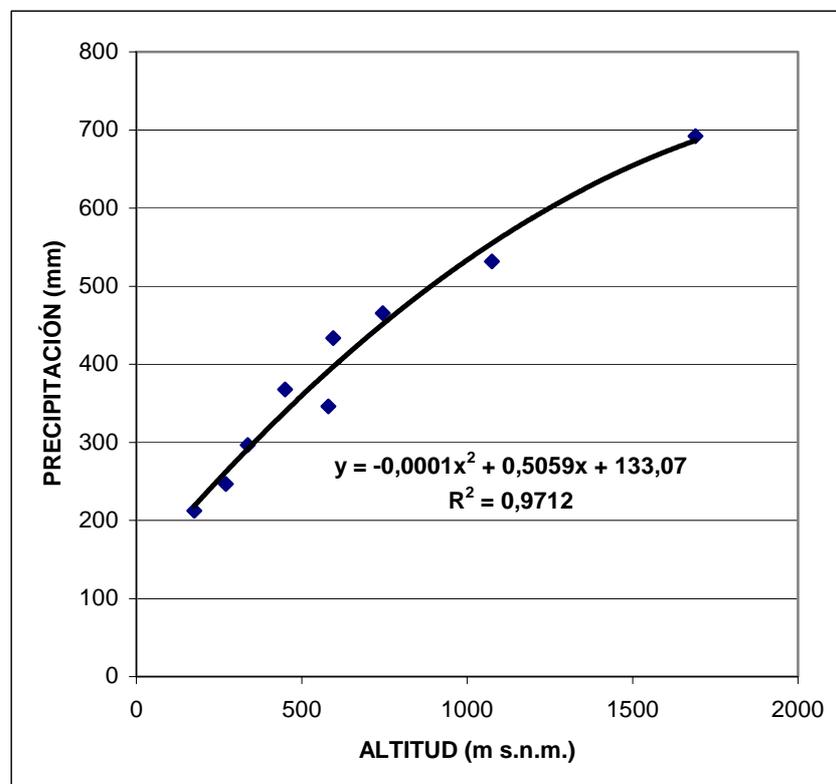
CUADRO IV.10

**ALTITUD-PRECIPITACIÓN EN LOS OBSERVATORIOS
DE LA ZONA SUR**

OBSERVATORIO	ALTITUD (m s.n.m.)	PRECIPITACIÓN (mm)
"009"	1215	438,4
"014"	20	124,6
"018"	135	156,8
"023"	887	355,9
"042"	95	103,6
"054"	715	249,8
"065"	105	128,7
"081"	422	210,5
"083"	605	243,7
"101"	250	172,5
"115"	700	323,2
"117"	1425	447,3
"131"	42	108
"132"	175	139,6

GRÁFICO IV.8

RELACIÓN PRECIPITACIÓN/ALTURA (ZONA SUR)



2.2. Precipitaciones mensuales y estacionales

En el Anejo IV.4 figuran las precipitaciones mensuales de cada observatorio. Considerando los mismos observatorios que se han tomado para el cálculo de las escorrentías producidas por lluvias aisladas, que se indican en el capítulo 4, se deducen para las mismas las precipitaciones mensuales medias que se indican en el Cuadro IV. 11.

En función de los datos expuestos en el Anejo IV.4 se ha elaborado el Cuadro IV.12a que indica el número de meses en que se han registrado precipitaciones mensuales superiores a los 100 mm:

CUADRO IV.11

PRECIPITACIONES MENSUALES MEDIAS

MESES	OBSERVATORIO				MEDIA
	TELDE NAREA (18)	SANTA LUCIA (54)	BARRANCO LAS PALMAS (132)	HACIENDA MOCANES (139)	
Octubre	15,6	11,2	9,3	29,7	16,5
Noviembre	19,3	33,1	17,4	41,5	27,8
Diciembre	35,5	58,9	31,9	73,2	49,9
Enero	23,8	44,7	20,5	59,8	40,4
Febrero	23,8	46,9	30,8	59,9	40,4
Marzo	16,6	37,1	16,9	39,9	27,6
Abril	10,8	10,9	7,0	18,8	11,9
Mayo	2,4	0,7	0,8	6,5	2,6
Junio	0,6	0,2	0,0	1,0	0,5
Julio	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1
Agosto	0,3	0,0	0,0	0,8	0,3
Septiembre	8,4	6,2	4,9	15,0	8,6

CUADRO IV.12 a

NÚMERO DE MESES CON PRECIPITACIONES MAYORES DE 100 mm/mes

OBSERVATORIO	Nº DE MESES CON PRECIPITACIONES (mm) ENTRE:				
	100- 200	200- 300	300- 400	400- 500	TOTAL
TELDE NAREA (18)	5				5
SANTA LUCÍA (54)	11	4		2	17
BARRANCO LAS PALMAS (132)	6				6

Por otra parte, del Cuadro IV.11 se deduce que las precipitaciones estacionales se reparten porcentualmente frente al total anual del siguiente modo, Cuadro IV.12b:

CUADRO IV.12 b

DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA

OBSERVATORIO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
TELDE NAREA (18)	9	6	45	40
SANTA LUCÍA (54)	5	2	41	52
BARRANCO LAS PALMAS (132)	6	4	42	48
HACIENDA MOCANES (139)	8	5	42	45

Es decir, las mayores precipitaciones se registran en el invierno, aunque éstas se presentan únicamente una ligera diferencia con relación a las producidas en el otoño.

2.3. Precipitaciones diarias

Sus valores figuran en el Anejo I. En función de los valores allí reflejados, y para pluviometrías superiores a 15 mm, se establece en el Cuadro IV.13 el número de días correspondiente a cada intervalo de precipitación considerado a lo largo del período del estudio.

Se han tomado como observatorios representativos los mismos que en el cálculo de la escorrentía producida por lluvias aisladas.

CUADRO IV.13

NÚMERO DE DÍAS DE LLUVIA SEGÚN INTERVALOS DE PRECIPITACIÓN

INTERVALO	TELDE NAREA (18)	SANTA LUCIA (54)	BARRANCO LAS PALMAS (132)	MOCANES (139)	MEDIA
15-30	40	59	45	85	57,3
30-40	7	26	9	17	14,8
40-50	3	14	11	13	10,3
50-60	6	9	5	3	5,8
60-70	0	4	0	8	3,0
70-80	1	5	0	5	2,8
80-90	1	2	1	0	1,0
90-100	0	0	2	2	1,0
100-120	0	3	1	3	1,8
120-140	0	1	0	0	0,4
140-160	0	2	0	0	0,6
> 160	0	0	0	2	0,5

De los datos expuestos en el cuadro antes citado pueden reunirse del siguiente modo para el conjunto de los cuatro observatorios considerados (Cuadro IV.14):

CUADRO IV.14

PORCENTAJE DE DÍAS CON PRECIPITACIONES ≥ 15 mm.

INTERVALO (mm)	% DE LOS DÍAS CON PRECIPITACIONES ≥ 15 mm
15- 30	57,8
30- 40	15,0
40- 50	10,4
50- 60	5,9
60- 70	3,0
70- 80	2,8
80- 90	1,0
90- 100	1,0
100- 120	1,8
120- 140	0,3
140- 160	0,5
> 160	0,5

3. CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA PRODUCIDA POR LLUVIAS AISLADAS

Para este cálculo se seguirá el método analítico empleado por el U. S. Soil Conservation Service.

La escorrentía directa se determina a partir de la precipitación total en función de las condiciones de humedad del suelo anteriores a la lluvia y del valor del complejo hidrológico suelo – cubierta, que es un número representativo de los factores que influyen en la infiltración.

Como bibliografía de consulta se ha tomado la publicación titulada "Diseño y construcción de pequeños embalses" integrada en los Manuales Técnicos del I.R.Y.D.A.

3.1. Metodología de cálculo

De forma esquemática la descomposición de una lluvia aislada puede reflejarse del modo que se indica en el Gráfico IV.9, en el que cada letra corresponde al siguiente concepto:

P = lluvia total acumulada

P_e = precipitación eficaz

Q = escorrentía directa

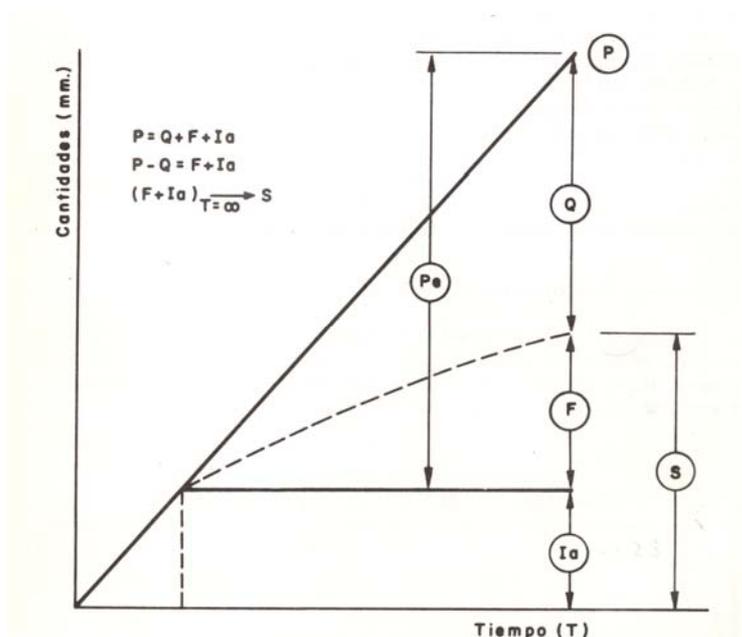
F = infiltración

I_a = deducción inicial, o lluvia caída antes de que se inicie la escorrentía = $0,2 \times S$

S = agua infiltrada en la cuenca más la almacenada y retenida en el suelo.

GRÁFICO IV.9.

DESCOMPOSICIÓN DE UNA LLUVIA AISLADA



Prescindiendo del proceso técnico seguido en la deducción de la fórmula, el valor de la escorrentía directa viene dado por la expresión:

$$Q = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{P + 0,8 \times S}$$

Por otra parte, de la observación del gráfico antes citado, se deduce que:

$$\text{Infiltración} = P - Q - 0,2 \times S$$

El valor de S se determina mediante:

$$S = 254 \times (100/N - 1)$$

Siendo "N" el Número de Curva.

Este Número de Curva, que es un índice del complejo suelo – cubierta, es función de las condiciones precedentes de humedad del suelo. Considerando la precipitación caída en los cinco días anteriores a la lluvia estudiada, se establecen tres condiciones, de acuerdo con la tabla adjunta:

CONDICIÓN	LLUVIA ÚTIL TOTAL 5 DÍAS ANTERIORES	
	PERIODO HUMEDO (OCT - MAR)	PERIODO SECO (ABR - SEP)
N _A	<12,5 mm	< 35,5 mm
N _B	12,5 - 28 mm	35,5 - 53 mm
N _C	> 28 mm	> 53 mm

El Número de Curva de la Condición N_B se determina mediante el Cuadro IV. 15. Los valores correspondientes a las condiciones N_A y N_C se calculan en función de los obtenidos para la condición N_B mediante el Gráfico IV.10.

El Cuadro citado anteriormente se divide en dos partes: la primera se refiere a la cubierta del suelo, y la segunda a los grupos hidrológicos que constituyen el mismo. Bajo el epígrafe "Cubierta del suelo" se recogen los conceptos "Clase", "Laboreo" y "Condiciones hidrológicas para la infiltración".

Dentro del concepto "Clase", en la zona de estudio se presentan los siguientes tipos:

- Barbecho
- Cultivos alineados
- Pastizales
- Montes con pastos
- Bosques
- Caseríos

CUADRO IV.15.

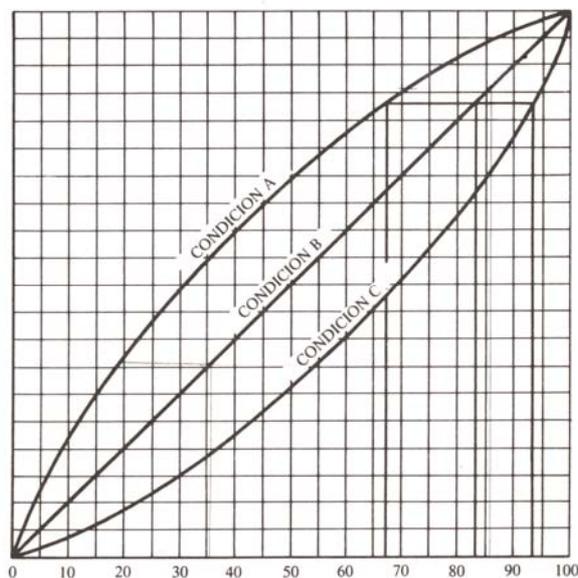
**NÚMERO DE CURVA DE LA CONDICIÓN (N_B) PARA DISTINTOS COMPLEJOS
HIDROLÓGICOS "SUELO – USO DELSUELO"**

(Según el U. S. Soil Conservation Service). Condición B)

Cubierta de suelo			Números N _B Correspondientes a los grupos hidrológicos del suelo			
Clase	Laboreo	Condiciones hidrológicas para la infiltración	I	II	III	IV
Barbecho			77	86	91	94
Cultivos alineados	R	Pobres	72	81	88	91
	R	Buenas	67	78	85	89
	C	Pobres	70	79	84	88
	C	Buenas	65	75	82	86
	C-T	Pobres	66	74	81	82
	C-T	Buenas	62	71	78	81
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobres	65	76	84	88
	R	Buenas	63	75	83	87
	C	Pobres	63	74	82	85
	C	Buenas	61	73	81	84
	C-T	Pobres	61	72	79	82
	C-T	Buenas	59	70	78	81
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	R	Pobres	66	77	85	89
	R	Buenas	58	72	81	85
	C	Pobres	64	75	83	85
	C	Buenas	55	69	78	83
	C-T	Pobres	63	73	80	83
	C-T	Buenas	51	67	76	80
Pastizales (pastos naturales)		Pobres	68	79	86	89
		Regulares	49	69	79	84
		Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
Prados permanentes	C	Buenas	6	35	70	79
Montes con pastos (ganadero-forest.)			30	58	71	78
		Pobres	45	66	77	83
		Regulares	36	60	73	79
Bosques (forestales)		Buenas	25	55	70	77
		Muy pobres	56	75	86	91
		Pobres	46	68	78	84
		Regulares	36	60	70	76
		Buenas	26	52	63	69
		Muy buenas	15	44	54	61
Caseríos			59	74	82	86
Caminos en tierra			72	82	87	89
Caminos en firme			74	84	90	92

GRÁFICO IV. 10.

RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES N_A , N_B Y N_C



La columna “Laboreo” incluye un conjunto de siglas, cuyo significado es el siguiente:

- R: cuando los cultivos no se realizan por curvas de nivel.
- C: cuando los cultivos se realizan por curvas de nivel.
- C-T: cuando además de realizarse los cultivos por curvas de nivel, existen terrazas abiertas con desagüe.

En el caso del presente estudio se considera que la mayor parte de los cultivos incluidos dentro de las cuencas consideradas, es decir, excluyendo los cultivos situados en zona costeras, se realizan por curvas de nivel.

En la columna “Condiciones hidrológicas para la infiltración”, y en el caso de los “Cultivos alineados” se consideran dos tipos: “Pobres” y “Buenas”. Cuanto más denso sea el cultivo, mejor es la condición hidrológica para la infiltración y menor es el valor del número de curva, N. En el presente estudio se incluye a los cultivos alineados en la condición “Pobres”.

Dentro de los pastizales o pastos naturales, se consideran tres tipos de condiciones, no dependientes de la producción de forraje: “Pobres”, “Regulares” y “Buenas”, en función de la extensión que ocupan las plantas dentro de los mismos. En el presente estudio se considera que las plantas presentan menos de un 50 % de la superficie total, y por consiguiente se les asigna la condición de “Pobres”.

En el caso de los montes con pastos, se establecen tres tipos de condiciones: “Pobres”, “Regulares” y “Buenas” en función, principalmente, del grado de pastoreo: cuanto menor sea este, mayor será la condición hidrológica para la infiltración. En el

presente estudio se ha considerado que en el caso de los montes con pastos, estos presentan, en general, buenas condiciones para la infiltración.

En el caso de los bosques, estos están constituidos por pinares, con escaso aprovechamiento maderable, pero que presentan una gran capacidad de retención y de infiltración de agua, por lo que la condición hidrológica para la infiltración se considera como "Muy buena".

Las cuatro últimas columnas se refieren a los Grupos Hidrológicos, graduando de mayor a menor permeabilidad. En la zona de estudio predomina el Grupo II, aunque en ocasiones se presenta el III, y de modo menos representativo, el IV.

3.2. Cálculo de la escorrentía, infiltración y E.T.R.

Se indican en primer lugar el observatorio pluviométrico asignado a cada una de las cuencas, a continuación se determinan los Números de Curva y se establecen las condiciones precedentes de humedad del suelo, seguidamente se calcula el valor de S, y finalmente se determinan la escorrentía, la infiltración y la ETR.

3.2.1. Observatorios pluviométricos asignados a las subcuencas

La distribución de observatorios por cuencas se ha llevado a cabo en función del Mapa de Isoyetas (Plano IV.4), de modo que aunque el observatorio asignado no se encuentra dentro de la cuenca, pueda considerarse representativo de su pluviometría.

En el Cuadro IV.16 se muestra el observatorio pluviométrico asignado a cada cuenca.

CUADRO IV.16.

OBSERVATORIOS ASIGNADOS A CADA SUBCUENCA

SECTOR	SUBCUENCA	OBSERVATORIO ASIGNADO
I	1	HACIENDA MOCANES (139)
	2	HACIENDA MOCANES (139)
II	3	HACIENDA MOCANES (139)
	4	TELDE NAREA (018)
	5	TELDE NAREA (018)
	6	TELDE NAREA (018)
III	7	TELDE NAREA (018)
	8	TELDE NAREA (018)
	9	TELDE NAREA (018)
	10	TELDE NAREA (018)
	11	TELDE NAREA (018)
	12	SANTA LUCIA (054)
IV	13	TELDE NAREA (018)
	14	SANTA LUCIA (054)
	15	TELDE NAREA (018)
	16	SANTA LUCIA (054)
	17	SANTA LUCIA (054)
V	18	BARRANCO LAS PALMAS (132)

3.2.2. Determinación del Número de Curva

En primer lugar se establecen para cada cultivo las condiciones hidrológicas para la infiltración así como los grupos hidrológicos de suelos, seguidamente se determinan los Números de Curva N_B ponderados y finalmente se calculan los Números de Curva (N_A y N_C) en función de las condiciones precedentes de humedad del suelo.

Condiciones hidrológicas de infiltración y grupos hidrológicos de suelos

En función del Cuadro IV.15 y teniendo en cuenta las características de los cultivos y el mapa de permeabilidades del área de estudio, así como lo expuesto en el apartado 3.1, se establecen las Condiciones Hidrológicas de infiltración y los Grupos Hidrológicos de suelo, según se expone en el Cuadro IV.17.

Número de Curva (N_B) de escorrentía para los complejos hidrológicos suelo-cubierta

El Número de Curva N_B , que se deduce de las Condiciones Hidrológicas de infiltración y de los Grupos Hidrológicos de suelos, figura en la segunda columna indicada bajo cada cultivo que se muestra en el Cuadro IV.17.

Teniendo en cuenta las superficies de los cultivos, que se muestran en el cuadro antes citado, se obtienen los valores ponderados en cada cuenca de N_B que se indican en el Cuadro IV.18.

Números de Curva (N_A y N_C) en función de las condiciones precedentes de humedad del suelo

Una vez obtenidos los valores de N_B , y mediante el Gráfico IV.10, se obtienen los valores de N_A y N_C , valores que se muestran en el Cuadro IV.18.

3.2.3. Cálculo de los valores de la retención en las diferentes subcuencas

Como se indicó anteriormente, el valor de S se determina mediante la expresión:

$$S = 254 \times (100/N - 1)$$

En dónde N es el Número de Curva calculado anteriormente para las condiciones N_A , N_B y N_C .

Para la retención ($0,2 \times S$) se obtienen los valores que se indican en el Cuadro IV.19.

CUADRO IV.17

CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE INFILTRACIÓN N_B CORRESPONDIENTES A LOS GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS

SECTOR	SUBCUENCA	CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE INFILTRACIÓN / N _B CORRESPONDIENTE A GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS					
		CULTIVOS ALINEADOS	PASTIZAL	BOSQUES FORESTALES	MONTES CON PASTOS	IMPRODUCTIVO	CASERÍOS
I	1	POBRES / II	BUENAS / IV		BUENAS / II - III		II
	2	POBRES / II			BUENAS / II - III		
II	3	POBRES / II – III	BUENAS / II	MUY BUENAS / II	BUENAS / II - III	II	II
	4	POBRES / II	BUENAS / II		BUENAS / II	II	II
	5	POBRES / II	BUENAS / II			II	II
	6	POBRES / II	BUENAS / II		BUENAS / II	II	II
III	7				BUENAS / II	II	II
	8				BUENAS / II	II	
	9	POBRES / II	BUENAS / II		BUENAS / II	II	II
	10	POBRES / II				II	
	11	POBRES / II	BUENAS / II			II	II
	12	POBRES / II	BUENAS / II	MUY BUENAS / II	BUENAS / II	II	II
IV	13		BUENAS / II		BUENAS / II	II	
	14		BUENAS / II		BUENAS / II - III	II - III	
	15	POBRES / II	BUENAS / II		BUENAS / II - III	II - III	II
	16		BUENAS / II		BUENAS / II - III -IV	II	
	17	POBRES / II	BUENAS / II	MUY BUENAS / II	BUENAS / II - III		III
V	18	POBRES / II			BUENAS / IV	II - III	

CUADRO IV.18

CÁLCULO PONDERADO DEL NÚMERO DE CURVA

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE / N° DE CURVA (N _B)												N		
		CULTIVOS ALINEADOS		PASTIZAL		BOSQUE FORESTAL		MONTES CON PASTOS		IMPRODUCTIVO		CASERÍOS				
		SUP (km ²)	N _B	SUP (km ²)	N _B	SUP (km ²)	N _B	SUP (km ²)	N _B	SUP (km ²)	N _B	SUP (km ²)	N _B	N _B	N _A	N _C
I	1	7,2	79	2,4	80			11,1	63			2,2	74	71	52	86
	2	0,8	79					2,5	63					67	46	83
II	3	26,8	82	1,8	61	3,2	44	40,3	63	0,5	86	1,9	74	69	50	84
	4	7,4	79	0,5	61			1,0	55	0,1	86	0,7	74	75	56	88
	5	2,7	79	0,3	61					1,1	86	0,2	74	79	62	91
	6	0,4	79	1,7	61			3,4	55	1,6	86	0,2	74	65	45	82
III	7							2,5	55	2,9	86	0,4	74	72	52	87
	8							0,9	55	2,5	86			78	60	90
	9	1,0	79	4,2	61			6,5	55	1,6	86	0,7	74	63	43	80
	10	0,6	79							1,9	86			84	67	93
	11	0,3	79	0,6	61					2,7	86	0,7	74	80	63	92
	12	1,8	79	5,1	61	3,1	44	16,3	55	2,2	86	2,6	74	60	40	78
IV	13			1,7	61			1,1	55	4,2	86			75	56	88
	14			2	61			9,8	63	2,6	89			67	46	83
	15	1,8	79	1,1	61			25,3	63	4,9	89	4,2	74	68	47	83
	16			0,7	61			21,5	67	0,9	86			68	47	83
	17	8,9	79	0,5	61	6,1	44	23,4	63			0,4	82	63	43	81
V	18	1,1	79					16,5	77	8,0	89			80	63	92

CUADRO IV.19.

VALORES DE LA RETENCIÓN POR SUBCUENCAS (mm)

SECTOR	SUBCUENCA	0,2 x S		
		CONDICIÓN A	CONDICIÓN B	CONDICIÓN C
I	1	20,7	46,9	8,3
	2	25,0	59,6	10,4
II	3	22,8	50,8	9,7
	4	16,9	59,9	6,9
	5	13,5	31,1	5,0
	6	27,4	62,1	11,2
III	7	19,8	46,9	7,6
	8	14,3	33,9	5,6
	9	29,8	67,3	12,7
	10	9,7	25,0	3,8
	11	12,7	29,8	4,4
	12	33,9	76,2	14,3
IV	13	16,9	39,9	6,9
	14	25,0	59,6	10,4
	15	23,9	57,3	10,4
	16	23,9	57,3	10,4
	17	29,8	67,3	11,9
V	18	12,7	29,8	4,4

3.2.4. Cálculo de la escorrentía en las diferentes subcuencas

Se lleva a cabo según la metodología descrita en el apartado 3.1 (Anejo IV.5) y sus valores anuales en las diferentes subcuencas se reflejan en el Anejo IV.6. Como valores anuales medios se obtienen los indicados en el Cuadro IV.20.

Para las zonas consideradas como “resto” se considera como coeficiente de escorrentía, el valor medio de este concepto del sector a que pertenecen. Por consiguiente, en estas zonas denominadas “resto”, y en función de las cifras reflejadas en el Cuadro IV.20, puede establecerse la siguiente tabla:

ZONAS "RESTO"	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	ESC (%)	ESC (mm)	ESC (hm ³)
SECTOR I	6,7	320	1,17	17,5	30,6	0,20
SECTOR II	17,7	125	2,21	13,4	16,7	0,30
SECTOR III	11,2	125	1,40	10,4	13,0	0,15
SECTOR IV	42,6	80	3,41	12,8	10,2	0,44
SECTOR V	10,5	128	1,05	19,4	19,4	0,20

En función de lo anteriormente expuesto, se deducen los siguientes valores de escorrentía en cada sector y en la totalidad de la zona de estudio:

ZONAS "RESTO"	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	ESC (%)	ESC (mm)	ESC (hm ³)
SECTOR I	32,9	284	9,33	17,5	49,6	1,63
SECTOR II	113,5	296	33,62	13,4	39,7	4,51
SECTOR III	72,5	244	17,65	10,4	25,4	1,84
SECTOR IV	163,7	223	36,46	12,8	28,4	4,19
SECTOR V	36,1	128	4,62	19,4	24,8	0,90
TOTAL	418,7	243	101,68	13,3	32,4	13,07

Por consiguiente, en un año medio, en la zona de estudio, la escorrentía supone 13,07 hm³. Considerando una precipitación anual media de 101,68 hm³, dicha escorrentía representa el 12,9 % de la pluviometría.

Traducidos los volúmenes (hm³) a mm de altura, la lluvia es de 243 mm, frente a los 32,4 mm de la escorrentía.

CUADRO IV.20

ESCORRENTÍAS POR SUBCUENCAS

SECTOR	SUBCUENCA	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN		ESCORRENTÍAS		% PRECIP
			mm	hm ³	Mm	hm ³	
I	1	22,9	320	7,32	55,7	1,28	17,4
	2	3,3	255	0,84	45,2	0,15	17,8
	TOTAL SUBCUENCA	26,2	311	8,16	54,6	1,43	17,5
II	3	74,5	362	27,00	52,7	3,93	14,6
	4	9,7	206	2,00	14,8	0,14	7,0
	5	4,3	167	0,72	19,0	0,08	11,1
	6	7,3	232	1,69	7,7	0,06	3,3
	TOTAL SUBCUENCA	95,8	328	31,41	43,9	4,21	13,4
III	7	5,8	172	1,00	12,2	0,07	7,0
	8	3,4	185	0,63	17,8	0,06	9,6
	9	14,0	254	3,56	6,8	0,10	2,7
	10	2,5	168	0,42	25,6	0,06	15,2
	11	4,3	170	0,73	20,2	0,09	11,9
	12	31,1	319	9,91	42,0	1,31	13,2
TOTAL SUBCUENCA	61,1	266	16,25	27,7	1,69	10,4	
IV	13	7,0	161	1,13	14,8	0,10	9,2
	14	14,4	219	3,13	49,1	0,71	22,6
	15	37,3	206	7,70	9,4	0,35	4,6
	16	23,1	201	4,64	50,6	1,17	25,2
	17	39,3	419	16,45	48,0	1,89	11,5
	TOTAL SUBCUENCA	121,1	273	33,05	34,8	4,22	12,8
V	18	25,6	139	3,57	27,0	0,69	19,4
	TOTAL SUBCUENCA	25,6	139	3,57	27,0	0,69	19,4
TOTAL SUBCUENCAS		329,8	280	92,44	37,1	12,24	13,2

3.2.5. Cálculo de la infiltración en las diferentes subcuencas

Siguiendo la metodología indicada en el apartado 4.1. se ha elaborado el Anejo IV.6, del que se deduce el Cuadro IV.21.

CUADRO IV.21
INFILTRACIÓN POR SUBCUENCAS

SECTOR	SUBCUENCA	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN		INFILTRACIÓN		% PRECIP
			mm	hm ³	mm	hm ³	
I	1	22,9	320	7,32	68,5	1,57	21,4
	2	3,3	255	0,84	65,3	0,22	25,7
	TOTAL SUBCUENCA	26,2	311	8,16	68,3	1,79	21,9
II	3	74,5	362	27,00	66,5	4,95	18,3
	4	9,7	206	2,00	29,9	0,29	14,5
	5	4,3	167	0,72	28,4	0,12	17,0
	6	7,3	232	1,69	19,8	0,14	8,6
	TOTAL SUBCUENCA	95,8	328	31,41	57,4	5,50	17,5
III	7	5,8	172	1,00	24,9	0,14	14,4
	8	3,4	185	0,63	28,2	0,10	15,2
	9	14,0	254	3,56	18,1	0,25	7,1
	10	2,5	168	0,42	28,2	0,10	16,8
	11	4,3	170	0,73	28,6	0,12	16,8
	12	31,1	319	9,91	52,9	1,65	16,6
	TOTAL SUBCUENCA	61,1	266	16,25	38,6	2,36	14,5
IV	13	7,0	161	1,13	26,9	0,19	16,7
	14	14,4	219	3,13	57,6	0,83	26,5
	15	37,3	206	7,70	21,8	0,81	10,6
	16	23,1	201	4,64	58,3	1,35	29,0
	17	39,3	419	16,45	58,3	2,29	13,9
	TOTAL SUBCUENCA	121,1	273	33,05	45,2	5,47	16,6
V	18	25,6	139	3,57	34,6	0,89	24,8
	TOTAL SUBCUENCA	25,6	139	3,57	34,6	0,89	24,8
TOTAL SUBCUENCAS		329,8	280	92,44	48,5	16,01	17,3

Procediendo de modo análogo al descrito en el apartado anterior para las zonas denominadas "resto", se establece la siguiente tabla:

ZONAS "RESTO"	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	INFILT (%)	INFILT (mm)	INFILT (hm ³)
SECTOR I	6,7	320	1,17	21,9	38,2	0,26
SECTOR II	17,7	125	2,21	17,5	21,9	0,39
SECTOR III	11,2	125	1,40	14,5	18,1	0,20
SECTOR IV	42,6	80	3,41	16,6	13,3	0,57
SECTOR V	10,5	128	1,05	24,8	24,8	0,26

Por tanto se deducen los siguientes valores de infiltración anuales medios para los diferentes sectores y para la totalidad de la zona de estudio:

SECTOR	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	INFILT (%)	INFILT (mm)	INFILT (hm ³)
SECTOR I	32,9	284	9,33	21,9	62,1	2,05
SECTOR II	113,5	296	33,62	17,5	51,8	5,88
SECTOR III	72,5	244	17,65	14,5	35,4	2,56
SECTOR IV	163,7	223	36,46	16,6	37,0	6,05
SECTOR V	36,1	128	4,62	24,8	31,7	1,15
TOTAL	418,7	243	101,68	17,3	42,3	17,69

En resumen, para un año medio, en la zona de estudio la infiltración supone 17,69 hm³. Considerando que la precipitación anual media es de 101,68 hm³, dicha infiltración representa el 17,4% de la pluviometría.

Por consiguiente, la lluvia es de 243 mm, frente a los 42,3 mm de la infiltración.

3.2.6. Cálculo de la E.T.R. en las diferentes subcuencas

Su cálculo que se lleva a cabo por diferencia entre precipitación, por una parte, y escorrentía + infiltración por otra, se muestra en el Cuadro IV.22.

Para las zonas “resto”, se pueden considerar los siguientes valores:

ZONAS "RESTO"	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	E.T.R. (%)	E.T.R. (mm)	E.T.R. (hm ³)
SECTOR I	6,7	320	1,17	60,5	105,6	0,71
SECTOR II	17,7	125	2,21	69,1	86,3	1,53
SECTOR III	11,2	125	1,40	75,1	93,9	1,05
SECTOR IV	42,6	80	3,41	71,6	57,3	2,44
SECTOR V	10,5	128	1,05	55,7	55,7	0,58

Por consiguiente, la E.T.R. representa los siguientes valores en cada sector y en la zona de estudio:

ZONAS "RESTO"	SUP (km ²)	PRECIP (mm)	PRECIP (hm ³)	E.T.R. (%)	E.T.R. (mm)	E.T.R. (hm ³)
SECTOR I	32,9	284	9,33	60,6	171,6	5,65
SECTOR II	113,5	296	33,62	69,1	204,7	23,23
SECTOR III	72,5	244	17,65	75,1	183,3	13,25
SECTOR IV	163,7	223	36,46	71,6	159,5	26,11
SECTOR V	36,1	128	4,62	55,7	71,3	2,57
TOTAL	418,7	243	101,68	69,6	169,1	70,81

Por tanto, la E.T.R. representa 70,81 hm³ en la zona de estudio en un año medio, lo que supone un 69,6% de la pluviometría.

CUADRO IV.22

E.T.R. POR SUBCUENCAS

SECTOR	SUBCUENCA	SUPERFICIE (km ²)	PRECIPITACIÓN		E.T.R.		% PRECIP
			mm	hm ³	mm	hm ³	
I	1	22,9	320	7,32	195,2	4,47	61,10
	2	3,3	255	0,84	142,4	0,47	56,00
	TOTAL SUBCUENCA	26,2	311	8,16	190,0	4,94	60,50
II	3	74,5	362	27,00	243,2	18,12	67,10
	4	9,7	206	2,00	161,9	1,57	0,79
	5	4,3	167	0,72	120,9	0,52	72,20
	6	7,3	232	1,69	204,1	1,49	88,20
	TOTAL SUBCUENCA	95,8	328	31,41	226,5	21,70	69,10
III	7	5,8	172	1,00	136,2	0,79	79,00
	8	3,4	185	0,63	138,2	0,47	74,60
	9	14,0	254	3,56	229,3	3,21	90,20
	10	2,5	168	0,42	104,0	0,26	61,90
	11	4,3	170	0,73	120,9	0,52	71,20
	12	31,1	319	9,91	223,5	6,95	70,10
	TOTAL SUBCUENCA	61,1	266	16,25	199,7	12,20	75,10
IV	13	7,0	161	1,13	120,0	0,84	74,30
	14	14,4	219	3,13	110,4	1,59	50,80
	15	37,3	206	7,70	175,3	6,54	84,90
	16	23,1	201	4,64	73,6	1,70	36,60
	17	39,3	419	16,45	330,5	12,99	79,00
	TOTAL SUBCUENCA	121,1	273	33,05	195,4	23,66	71,60
V	18	25,6	139	3,57	77,7	1,99	55,70
	TOTAL SUBCUENCA	25,6	139	3,57	77,7	1,99	55,70

3.2.7. Balance hídrico

Lo anteriormente expuesto se resume en la siguiente tabla, Cuadro IV.23, en donde se indican los volúmenes anuales medios y el porcentaje que representan la escorrentía, infiltración y E.T.R. con relación a la pluviometría.

CUADRO IV.23

BALANCE HÍDRICO POR SECTORES

SECTOR	PRECIP (Hm ³)	ESCORRENTÍA		INFILTRACIÓN		E.T.R.	
		%	hm ³	%	hm ³	%	hm ³
I	9,33	17,5	1,63	21,9	2,05	60,6	5,65
II	33,62	13,4	4,51	17,5	5,88	69,1	23,23
III	17,65	10,4	1,84	14,5	2,56	75,1	13,25
IV	36,46	12,8	4,19	16,6	6,05	71,6	26,11
V	4,62	19,4	0,90	24,8	1,15	55,7	2,57
TOTAL	101,68	13,3	13,07	17,3	17,69	69,6	70,81

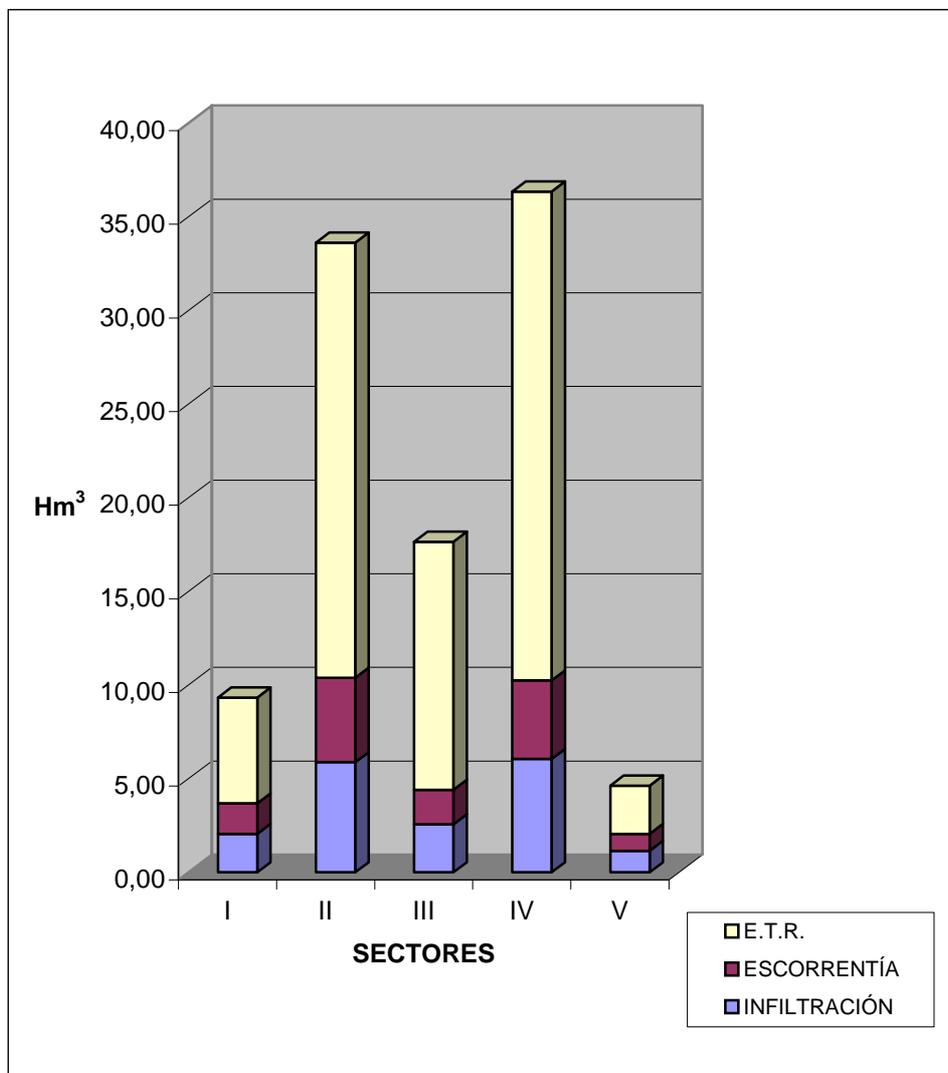
Eliminando decimales, queda finalmente el siguiente balance hídrico en la zona de estudio, para el período 1969-70 a 1998-99:

- Precipitación = 102 hm³
- Escorrentía = 13 hm³ (13 % de la precipitación)
- Infiltración = 18 hm³ (17 % de la precipitación)
- E.T.R. = 71 hm³ (70 % de la precipitación)

En el Gráfico IV.11 se muestra, por sectores, el balance hídrico en forma de diagrama de barras.

GRÁFICO IV.11

BALANCE HÍDRICO POR SECTORES



4. CÁLCULO DE LA E.T.R. POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

Como apartado final del presente estudio se indican algunas consideraciones sobre la representatividad del método de cálculo de la E.T.R. según Thornthwaite.

No se pretende aquí un análisis exhaustivo de este aspecto, ya que el número de observatorios con registros termométricos suficientemente largos y representativos en la zona de estudio es muy escaso (4 en total). Únicamente se trata de contrastar, dentro de esta limitación, los resultados obtenidos por la E.T.R. según la metodología descrita a lo largo del presente informe con los deducidos por el método de Thornthwaite.

Los datos previos para el cálculo de la E.T.R. están integrados por las precipitaciones y los valores de E.T.P. mensuales medias. Los primeros se han tomado de los obtenidos en este informe, mientras los segundos se han tomado de la publicación titulada “Caracterización agroclimática de la provincia de Las Palmas” del MAP. Los observatorios considerados han sido los siguientes:

- Gando “Aeropuerto” (014)
- San Bartolomé (023)
- Santa Brígida (029)
- Agüimes “Cadenas Virgen” (081)

A efectos de cálculo de E.T.R. estos observatorios se han considerado representativos de las siguientes subcuencas:

OBSERVATORIO	SUBCUENCAS REPRESENTADAS
Gando “Aeropuerto” (014)	7 – 8 – 9 – 10 -11
San Bartolomé (023)	17
Santa Brígida (029)	1 - 2
Agüimes “Cadenas Virgen” (081)	13

En el Anejo IV.7 figura el proceso de cálculo de la E.T.R. en cada uno de los observatorios. Se han considerado como valores de retención del terreno los obtenidos a lo largo del presente estudio.

De este Anejo se deduce que las E.T.R. representan los siguientes valores porcentuales frente a las precipitaciones anuales medias.

OBSERVATORIO	SUBCUENCAS REPRESENTADAS	% DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA
Gando “Aeropuerto” (014)	7-8-9-10-11	100/100/100/100/100
San Bartolomé (023)	17	69
Santa Brígida (029)	1-2	83/84
Agüimes “Cadenas Virgen” (081)	13	100

En el Cuadro IV.24 figuran los valores porcentuales de la E.T.R. frente a la precipitación anual media obtenida a lo largo del presente informe y los deducidos del método de Thornthwaite. De su observación se deduce que de los valores obtenidos por el método de Thornthwaite son sensiblemente superiores a los obtenidos en el presente estudio, salvo en el caso de la subcuenca 17. Por otra parte, consideramos que en nuestro caso particular el método de Thornthwaite proporciona valores excesivamente elevados, ya que en la mayor parte de los observatorios considerados se deducen para la E.T.R. cifras que suponen el 100% de la precipitación anual media.

CUADRO IV.24

COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA LA E.T.R.

SUBCUENCA	E.T.R. (% DE LA PRECIPITACIÓN)	
	VALORES DEDUCIDOS DEL ESTUDIO	VALORES SEGÚN THORNTHWAITÉ
1	61	83
2	56	84
7	79	100
8	75	100
9	90	100
10	62	100
11	71	100
13	74	100
17	79	69

5. APLICACIÓN DEL CÓDIGO VISUAL BALAN PARA LA EVALUACIÓN DE LA RECARGA EN EL SECTOR SURORIENTAL DE LA ISLA DE GRAN CANARIA

En el Anejo IV.8. se incluye la aplicación del código Visual Balan para la evaluación de la recarga por infiltración de lluvia en la zona suroriental de la isla de Gran Canaria.

Tras su realización, las condiciones hidrogeológicas particulares de los dos puntos en los que se aplica el mencionado programa no son los más idóneos para su aplicación.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

De lo expuesto en el presente estudio hidrológico y climático de la zona Este de Gran Canaria, se deducen las siguientes conclusiones:

Pluviometría

Siguiendo el criterio generalmente aceptado por los expertos se han utilizado las series pluviométricas del período 1970-99, de 30 años de longitud, para evaluar la precipitación media en la zona del estudio ($418,5 \text{ km}^2$) que resulta ser de $102 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Sin embargo, utilizando las series del período 1950-99 se pueden definir períodos de 30 años de longitud en los que la precipitación media puede variar entre 95 y $119 \text{ hm}^3/\text{año}$:

<u>Período</u>	<u>nº de años</u>	<u>Precipitación media $\text{hm}^3/\text{año}$</u>
1950-79	30	119
1970-99	30	95
1950-99	50	108

En consecuencia, es preciso extender el estudio pluviométrico a períodos más largos (en principio un mínimo de 60 años) para definir con mayor precisión el régimen pluviométrico anual y la posible existencia de ciclos en los que alternan períodos secos y húmedos.

Otros aspectos pluviométricos de interés son:

- De modo aproximado puede indicarse que en la zona Norte la precipitación se incrementa en 35 mm por cada 200 m de altura, mientras que en la zona Sur esta cifra es de unos 50 mm.
- Las máximas precipitaciones estacionales se presentan en invierno y, con muy poca diferencia en otoño.
- En cuanto a las precipitaciones diarias, cabe destacar que más de la mitad de estas están comprendidas entre 15 y 30 mm, un 25% se presentan en el intervalo 30-50 mm, y que algo más del 10% están incluidos entre 60 y 160 mm.

Balance hídrico

El balance hídrico en la totalidad de la zona de estudio relativo al período 1970-99, puede resumirse del siguiente modo (eliminando decimales):

- Precipitación = 102 hm^3
- Escorrentía = 13 hm^3 (13 % de la precipitación)
- Infiltración = 18 hm^3 (17 % de la Infiltración)
- E.T.R. = 71 hm^3 (70 % de la precipitación)

El valor de la infiltración es coherente con el valor obtenido con el modelo matemático de simulación del flujo subterráneo.

La E.T.R. calculada es algo mayor que la obtenida en el Plan Hidrológico (70% frente a 65%) y la escorrentía directa, algo menor (13% frente al 16%).

Finalmente, en el aspecto referente al cálculo de la E.T.R. por el método de Thornthwaite, consideramos que en el caso del presente estudio, este método carece de representatividad por considerar que arroja valores de E.T.R. excesivamente elevados.