

### 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS PRECIPITACIONES EN EL MAR CASPIO

#### 3.1. ANÁLISIS Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

##### 3.1.1. Introducción

Una vez analizado el balance de masas que afecta al mar Caspio realizaremos un estudio estadístico de la variación en las últimas décadas del factor precipitación. La intención de dicho análisis consistirá en determinar posibles variaciones estadísticamente significativas en el régimen de precipitaciones que afecta al mar Caspio. El estudio se realizará para diferentes periodos de tiempo y se examinará si las alteraciones en el régimen de precipitaciones se produjeron en las fechas de aparición y mayor expansión de los campos de regadío de las cuencas del mar Aral.

El estudio estadístico se ha realizado según la siguiente metodología:

- 1- Análisis de la varianza de las precipitaciones. Se estudia si existe una diferencia significativa en los datos de precipitación respecto al tiempo.
- 2- Análisis de la varianza para el estadístico precipitación mensual/precipitación anual, con ello se pretende verificar si el porcentaje de agua caído en unos meses determinados respecto a la precipitación total, aumenta desde la aparición de los campos de regadío.
- 3- Estudio de frecuencia de lluvias mínimas.

##### 3.1.2. Planteamiento y desarrollo del problema estadístico

###### *Análisis de la varianza con un factor único*

Dada una variable dependiente cuantitativa y una variable independiente cualitativa – llamada *factor* – el análisis de la varianza con un factor consiste en analizar el comportamiento de la variable dependiente en las K subpoblaciones o grupos establecidos por los valores de la independiente.

Como ya hemos dicho, para el caso de esta tesina, se parte de la hipótesis de que la precipitación de una zona – el mar Caspio – está relacionada con la presencia de campos de regadío en la cuenca del mar Aral. En este apartado se compararán los datos de precipitación en diferentes periodos, aplicando el análisis de varianza con un factor.

###### *Formulación del problema*

Dadas K subpoblaciones, establecidas por los K valores de una variable independiente o factor Y, y que, sobre cada individuo de cada muestra, se mide una variable en escala de intervalo o de razón X, tal que su distribución en cada una de las subpoblaciones es Normal y con la misma varianza en todas ellas. El análisis de la varianza con un factor se utiliza para contrastar la hipótesis nula de que las muestras proceden de K subpoblaciones en las que la media de X, denominada variable dependiente, es la misma:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

*Experimentos con número constante de observaciones.*

En un experimento de un factor, las medidas (u observaciones) se obtienen para  $a$  grupos independientes de muestras, donde el número de medidas en cada grupo es  $b$ . Se habla de  $a$  *tratamientos o grupos*, cada uno de los cuales tiene  $b$  *repeticiones o medidas*.

Los resultados de un experimento de un factor se pueden presentar en una tabla con  $a$  filas y  $b$  columnas (tabla 8) Aquí  $X_{ij}$  denota la medida en la  $j$ -ésima fila y en la  $k$ -ésima columna, donde  $j= 1,2,\dots,a$  y donde  $k=1,2,\dots,b$ . Así,  $X_{12}$ , por ejemplo, se refiere a la segunda medida para el primer tratamiento.

Tabla 8. Experimentos de un factor.

Tratamiento 1	$X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1b}$
Tratamiento 2	$X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2b}$
...	...
Tratamiento a	$X_{a1}, X_{a2}, \dots, X_{ab}$

Si se denota por  $\bar{X}_j$  la media de las medidas en la fila  $j$ -ésima, se obtiene:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b X_{jk} ; j=1, 2, \dots, a \quad (1)$$

El punto en  $\bar{X}_j$  se usa para anunciar que el índice  $k$  se ha sumado. Los valores  $\bar{X}_j$  se denominan *medias de grupo, medias de tratamiento, o medias de fila*. La *media global* es la media de todas las medias en todos los grupos y se denota por  $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{1}{ab} \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b X_{jk} \quad (2)$$

*Variación total, variación dentro de los tratamientos y variación entre los tratamientos*

El análisis de la varianza se en que la variabilidad total de la muestra puede descomponerse en la variabilidad debida a las diferencias entre grupos y la debida a las diferencias dentro de los grupos (o intra-grupos):

$$V_{total} = V_{entre} + V_{intra}$$

donde:

$V_{total}$  : mide las desviaciones de cada puntuación a la media total sin distinguir grupos.

$V_{entre}$  : mide las desviaciones de las medias de las puntuaciones en cada grupo a la media total sin distinguir grupos.

$V_{inttra}$  : mide las desviaciones de cada puntuación a la media del grupo correspondiente.

Se define la *variación total*, denotada por  $V$ , como la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada media respecto de la media global  $\bar{X}$

$$\text{Variación total} = V = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 \quad (3)$$

Escribiendo la identidad:

$$X_{jk} - \bar{X} = (X_{jk} - \bar{X}_j) + (\bar{X}_j - \bar{X}) \quad (4)$$

elevando al cuadrado y sumando en  $j$  y  $k$  se tiene

$$\sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 + \sum_{j,k} (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad (5)$$

o, lo que es lo mismo

$$\sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 + b \sum_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad (6)$$

Al primer término de la derecha de (5) y (6) se la denomina la *variación dentro de los tratamientos* (puesto que implica a los cuadrados de las desviaciones de  $X_{jk}$  respecto de las medias de los tratamientos  $\bar{X}_j$ ) y se le denomina  $V_w$ . Por lo tanto

$$V_w = \sum (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \quad (7)$$

La segunda suma del lado derecho de (5) y (6) se conoce como la *variación entre tratamientos* (ya que involucra a los cuadrados de las desviaciones de las diversas medias de tratamientos  $\bar{X}_j$  respecto de la media global  $\bar{X}$ ) y se denota por  $V_B$ . Así pues

$$V_B = \sum_{j,k} (X_j - \bar{X})^2 = b \sum_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 = \sum \bar{X}_j^2 - b\bar{X}^2 \quad (8)$$

Las ecuaciones (5) y (6) se pueden expresar, por tanto, de la siguiente manera

$$V = V_w + V_B \quad (9)$$

*Métodos abreviados para calcular variaciones*

Para minimizar la tarea de calcular las variaciones precedentes es conveniente formalizar las expresiones (7) (8) (9) de la manera siguiente:

$$V = \sum_{j,k} (X_{jk}^2) - \frac{T^2}{ab} \quad (10)$$

$$V_B = \frac{1}{b} \sum_j T_j^2 - \frac{T^2}{ab} \quad (11)$$

$$V_W = V - V_B \quad (12)$$

donde T es el total de los valores de  $X_{jk}$  y  $T_j$  es el total de los valores en el tratamiento j-ésimo:

$$T = \sum_{j,k} X_{j,k} ; T_j = \sum_k X_{j,k} \quad (13)$$

En la práctica es conveniente restar alguna cantidad fija de todos los datos de la tabla para simplificar los cálculos. Tal operación no tiene efecto alguno sobre el resultado final.

#### *Modelos matemáticos para el análisis de la varianza*

Se puede considerar cada fila de la tabla 8 como una muestra aleatoria de tamaño de la población para un tratamiento particular. Los  $X_{jk}$  diferirán de la media poblacional  $\mu_j$  para el tratamiento j-ésimo por un *error de azar* o *error aleatorio*, que denotamos por  $\varepsilon_{jk}$ . Por lo tanto,

$$X_{jk} = \mu_j + \varepsilon_{jk} \quad (14)$$

Estos errores se suponen normalmente distribuidos con media 0 y varianza  $\sigma^2$ . Si  $\mu$  es la media de la población para todos los tratamientos y hacemos  $\alpha_j = \mu_j - \mu$  de manera que  $\mu_j = \mu + \alpha_j$ , entonces la ecuación (14) se convierte en

$$X_{jk} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{jk} \quad (15)$$

donde  $\sum_j \alpha_j = 0$ . De la ecuación (15) de la hipótesis de que los  $\varepsilon_{jk}$  están normalmente distribuidos con media 0 y varianza  $\sigma^2$ , se concluye que los  $X_{jk}$  se pueden considerar como variables aleatorias normalmente distribuidas con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ .

La hipótesis nula de que todas las medias de los tratamientos son iguales viene dada por:

$$H_0 : \alpha_j = 0 ; j=1,2,\dots,a$$

o, de manera equivalente, por:

$$H_0 = \mu_j = \mu ; j=1,2,\dots,a$$

Si  $H_0$  es verdadera, las poblaciones de los tratamientos tendrán todas la misma distribución normal (es decir, con igual media y varianza). En tales casos sólo hay una población de tratamiento (o sea, todos los tratamientos son estadísticamente idénticos) o, dicho de otro modo, no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

#### *Valores esperados de las variaciones*

Se puede demostrar que los valores esperados de  $V_w, V_B$  y  $V$  vienen dados por las siguientes expresiones:

$$E(V_w) = a(b-1)\sigma^2 \quad \mathbf{(16)}$$

$$E(V_B) = (a-1)\sigma^2 + b\sum_j \alpha_j^2 \quad \mathbf{(17)}$$

$$E(V) = (ab-1)\sigma^2 + b\sum_j \alpha_j^2 \quad \mathbf{(18)}$$

De la ecuación (16) se deduce

$$E\left(\frac{V_w}{a(b-1)}\right) = \sigma^2 \quad \mathbf{(19)}$$

y, por lo tanto:

$$S_w^2 = \frac{V_w}{a(b-1)} \quad \mathbf{(20)}$$

Esta última expresión es siempre una estimación óptima (no sesgada) de  $\sigma^2$  independientemente de que  $H_0$  sea verdadera o no. Por otro lado, vemos de (16) y (17) que sólo si  $H_0$  es verdadera (o sea,  $\alpha_j = 0$ ) tendremos

$$E\left(\frac{V_w}{(a-1)}\right) = \sigma^2$$

$$E\left(\frac{V}{(ab-1)}\right) = \sigma^2$$

así que sólo en tal circunstancia proporcionan

$$S_B^2 = \frac{V_B}{(a-1)}$$

$$S^2 = \frac{V}{(ab-1)}$$

que son estimaciones sin sesgo de  $\sigma^2$ . Si  $H_0$  es falsa, sin embargo, tenemos de la ecuación (16) la siguiente expresión:

$$E(S_B^2) = \sigma^2 + \frac{b}{a-1} \sum_j \alpha_j^2 \quad (23)$$

### *Distribución de variaciones*

Usando la propiedad aditiva de ji-cuadrado se pueden demostrar los siguientes teoremas fundamentales sobre las distribuciones de las variaciones  $V_W, V_B, V$  [1]

**TEOREMA 1:**  $\frac{V_W}{\sigma^2}$  tiene distribución ji-cuadrado con  $a(b-1)$  grados de libertad

**TEOREMA 2:** Bajo la hipótesis nula  $H_0$ ,  $\frac{V_B}{\sigma^2}$  y  $\frac{V}{\sigma^2}$  tiene distribución ji-cuadrado con  $a-1$  grados de libertad y  $ab-1$  grados de libertad respectivamente

Es importante recalcar que el Teorema 1 es válido independientemente de que se suponga  $H_0$  o no, mientras que el Teorema 2 es válido cuando se supone  $H_0$ .

### *El contraste F para la hipótesis nula de igualdad de medias*

Si la hipótesis nula  $H_0$  es falsa (o sea, si las medias de los tratamientos no son iguales), se observa de (23) que cabe esperar que  $S_B^2$  sea mayor que  $\sigma^2$ , con el efecto tanto más pronunciado cuanto mayor sea la discrepancia entre las medias. Por otro lado, de (19) y (20) cabe esperar que  $S_W^2$  sea igual a  $\sigma^2$  independientemente de que las medias sean iguales o no. Se deduce que un buen estadístico para contrastar  $H_0$  viene dado por  $\frac{S_B^2}{S_W^2}$ . Si este

estadístico es significativamente grande, se puede concluir que hay diferencia significativa entre las medias de los dos tratamientos y podemos, por tanto, rechazar  $H_0$ .

Para poder utilizar el estadístico  $\frac{S_B^2}{S_W^2}$ , debemos conocer su distribución muestral. Esto lo proporciona el teorema siguiente:

**TEOREMA 3:** El estadístico  $F = \frac{S_B^2}{S_w^2}$  tiene distribución F con a-1 y a(b-1) grados de libertad.

Este teorema capacita para contrastar la hipótesis nula a algún nivel de significación especificado mediante un contraste unilateral con la distribución F.

### Tabla de análisis de varianza

Los cálculos que requiere el contraste anterior se resumen en la tabla 9. En la práctica, calcularíamos V y  $V_B$  con las ecuaciones (3) y (8) o con las ecuaciones (10) y (11), calculando después  $V_w = V - V_B$ .

Se hace notar que los grados de libertad para la variación total (o sea, ab-1) son igual a la suma de los grados de libertad para las variaciones dentro de los tratamientos y las variaciones entre tratamientos.

Tabla 9. Análisis de varianza.

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $V_B = b \sum (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	a-1	$S_B^2 = \frac{V_B}{(a-1)}$	$\frac{S_B^2}{S_w^2}$ con a-1 y a(b-1) grados de libertad
Dentro de los tratamientos $V_w = V - V_B$	a(b-1)	$S_w^2 = \frac{V_w}{a(b-1)}$	
$V = V_w + V_B =$ $= \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2$	ab-1		

### Modificaciones en los resultados para el caso de número distinto de observaciones

En el caso de esta tesina, el número de observaciones (b) no es constante pues el número de datos de precipitación antes y después de las fechas de aparición de los campos de regadío varía. Así los tratamientos 1,...,a tienen diferentes números de observaciones, iguales a  $N_1, \dots, N_a$  respectivamente, los resultados anteriores se modifican sin dificultad y se obtiene

$$V = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k} \left( X^2_{jk} - \frac{T^2}{N} \right) \quad (24)$$

$$V_B = \sum_{j,k} (\bar{X}_j - \bar{X})^2 = \sum_j N_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 = \sum_j \frac{T^2_j}{N_j} - \frac{T^2}{N} \quad (25)$$

$$V_w = V - V_B \quad (26)$$

donde  $\sum_{j,k}$  denota la suma sobre k desde 1 hasta  $N_j$  y después la suma sobre j desde 1 hasta

a. La tabla 10 muestra el análisis de varianza para este caso.

Tabla 10. Análisis de varianza para el caso de número de observaciones variable.

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $V_B = \sum (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	a-1	$S_B^2 = \frac{V_B}{(a-1)}$	$\frac{S_B^2}{S_w^2}$ con a-1 y N-a grados de libertad
Dentro de los tratamientos $V_w = V - V_B$	N-a	$S_w^2 = \frac{V_w}{N-a}$	
$V = V_w + V_B =$ $= \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2$	N-1		

### 3.1.3. Estudio de frecuencias de diversos estadísticos

Para obtener más pruebas de la influencia del regadío en la precipitación local de una zona, no sólo se ha tenido en cuenta el estudio de las medias, si no que también se ha tenido en cuenta la variación en la frecuencia de aparición de diversos estadísticos, que deberían estar influenciados por la presencia de los campos de regadío. Los estadísticos que se han tenido en cuenta han sido la aparición de meses húmedos (definidos como la media más una desviación típica), y el aumento de lluvias mínimas (definidas como lluvias superiores a 2 mm).

### 3.1.4. Programas informáticos utilizados

El estudio y tratamiento de los datos se han realizado mediante dos programas informáticos. Para un primer tratamiento de los datos se ha utilizado EXCEL, y para el estudio de comparación de medias se ha utilizado el paquete estadístico SPSS.

## 3.2. RESULTADOS OBTENIDOS

### 3.2.1 Comparación de medias

Se ha realizado un estudio de los datos de precipitación disponibles (periodo 1925-1998) haciendo una comparación de medias según periodos de tiempo significativos (ver anejo A2). En función de los datos disponibles sobre la evolución temporal de los campos de regadío de la



cuenca del mar Aral (apartado 4.2) se han utilizado dos fechas diferentes en las que se considera que dichos campos ya tenían una extensión significativa: 1950 y 1960. Para el tratamiento de los resultados obtenidos se ha utilizado una hoja de cálculo tipo Excel.

Tabla 11. Datos medios mensuales de las precipitaciones sobre el mar Caspio en diferentes periodos de tiempo. [2]

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>25-50</b>	<b>21,8</b>	<b>15,0</b>	<b>17,1</b>	<b>15,6</b>	<b>12,8</b>	<b>11,4</b>	<b>6,8</b>	<b>7,2</b>	<b>16,7</b>	<b>26,6</b>	<b>33,5</b>	<b>24,9</b>
<b>51-98</b>	21,1	20,3	22,2	19,1	16,6	8,8	5,7	6,7	17,6	28,8	32,2	28,1
<b>51-70</b>	18,3	17,85	21,05	19,25	14,1	9,4	6,7	7,15	16,4	24,4	29,65	25,3
<b>71-80</b>	27,3	21,1	23,1	21,9	22,2	9,1	2,8	5,5	16,7	33,6	34,1	34,5
<b>81-98</b>	20,9	22,7	22,9	17,4	16,2	7,8	6,1	6,9	19,6	30,9	33,9	27,7
<b>25-60</b>	<b>20,5</b>	<b>15,6</b>	<b>18,7</b>	<b>15,4</b>	<b>12,6</b>	<b>10,1</b>	<b>6,9</b>	<b>6,5</b>	<b>15,9</b>	<b>25,8</b>	<b>33,0</b>	<b>24,9</b>
<b>61-98</b>	22,2	21,2	22,0	20,2	17,8	9,3	5,3	7,2	18,6	30,1	32,3	29,0
<b>61-70</b>	19,5	18,6	19,2	23,5	16,2	12,0	6,3	9,5	18,9	25,1	27,7	25,8
<b>71-80</b>	27,3	21,1	23,1	21,9	22,2	9,1	2,8	5,5	16,7	33,6	34,1	34,5
<b>81-98</b>	20,9	22,7	22,9	17,4	16,2	7,8	6,1	6,9	19,6	30,9	33,9	27,7

En la tabla 11, vemos en rojo las precipitaciones medias sobre la cuenca del mar Caspio en la época en que los campos de irrigación no estaban presentes. Como ya se ha mencionado se han cogido dos periodos diferentes correspondientes con la época de "no regadío" (1925-1950 y 1925-1960) con el fin de realizar un estudio estadístico de los datos lo más amplio y detallado posible. Por este motivo, también se han tomado diferentes periodos intermedios de comparación (1961-1970, 1971-1980, 1981-1998)

Cabría esperar, en este primer estudio de los datos, que las precipitaciones medias en los periodos pertenecientes a la época en la que los campos de regadío ya estaban presentes fueran superiores a las medias marcadas en rojo. Vemos, sin embargo, que esto no siempre es así. Para los datos medios mensuales de cada uno de los periodos se ha comprobado si la diferencia respecto de la media total es matemáticamente significativa (anejo 2). Los resultados se exponen con el siguiente formato, indicado en la tabla 12:

Tabla 12. Formato utilizado en los datos mostrados de comparación de medias

Incremento Precipitación significativo	
Descenso Precipitación significativo	
Variaciones NO significativas	

Tabla 13. Comparación de medias de precipitación entre el periodo anterior a la existencia de los campos de cultivo y otros periodos posteriores.

Periodo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>25-50</b>	<b>21,8</b>	<b>15,0</b>	<b>17,1</b>	<b>15,6</b>	<b>12,8</b>	<b>11,4</b>	<b>6,8</b>	<b>7,2</b>	<b>16,7</b>	<b>26,6</b>	<b>33,5</b>	<b>24,9</b>
<b>51-98</b>	21,1	20,3	22,2	19,1	16,6	8,8	5,7	6,7	17,6	28,8	32,2	28,1
<b>51-70</b>	18,3	17,85	21,05	19,25	14,1	9,4	6,7	7,15	16,4	24,4	29,65	25,3
<b>71-80</b>	27,3	21,1	23,1	21,9	22,2	9,1	2,8	5,5	16,7	33,6	34,1	34,5
<b>81-98</b>	20,9	22,7	22,9	17,4	16,2	7,8	6,1	6,9	19,6	30,9	33,9	27,7
<b>25-60</b>	<b>20,5</b>	<b>15,6</b>	<b>18,7</b>	<b>15,4</b>	<b>12,6</b>	<b>10,1</b>	<b>6,9</b>	<b>6,5</b>	<b>15,9</b>	<b>25,8</b>	<b>33,0</b>	<b>24,9</b>
<b>61-98</b>	22,2	21,2	22,0	20,2	17,8	9,3	5,3	7,2	18,6	30,1	32,3	29,0
<b>61-70</b>	19,5	18,6	19,2	23,5	16,2	12,0	6,3	9,5	18,9	25,1	27,7	25,8
<b>71-80</b>	27,3	21,1	23,1	21,9	22,2	9,1	2,8	5,5	16,7	33,6	34,1	34,5
<b>81-98</b>	20,9	22,7	22,9	17,4	16,2	7,8	6,1	6,9	19,6	30,9	33,9	27,7

Como se puede apreciar, se produce un aumento significativo de la media de precipitación para la mayor parte del año, exceptuando los meses más cálidos del año: Junio, Julio y Agosto. La época en la que el aumento es más claro corresponde a los meses Febrero, Marzo, Abril y Mayo.

También se observa que de las dos comparaciones de medias con diferentes periodos anteriores a los campos de regadío, la comparación con el periodo 1925-1960 posee un mayor número de datos que han aumentado significativamente. Esto parece concordar con el hecho de que no fue hasta principios de los años 60 que la extensión de los campos de regadío para las cuencas del mar de Aral fuera significativa.

Cabe destacar también que el periodo con un mayor aumento de los datos de precipitación corresponde a los años comprendidos entre 1971 y 1980.

### 3.2.2. Estadístico precipitación mensual- precipitación anual. Comparación de medias

Con este estadístico se pretende analizar la variación de la precipitación según la época anual. Para ello, en primer lugar se ha calculado la precipitación media de cada año para posteriormente compararla con la precipitación media mensual (anejo 3). Los resultados se expresan en incrementos o decrementos por porcentajes, utilizando el mismo formato de colores que en el análisis anterior para aquellas variaciones matemáticamente significativas (tablas 13 y 14 y figuras 16 y 17)

Observando los resultados vemos que, coincidiendo con el análisis anterior, el período 1925-1960 presenta un mayor número de meses de incremento y un menor número de meses de decremento de la precipitación. De igual modo, los meses con un incremento significativo están principalmente centrados en los meses de Febrero a Mayo, mientras que los meses más secos del año presentan valores de precipitación todavía más bajos para periodos posteriores

Tabla 13b. Estadístico precipitación mensual- precipitación anual. Comparación de medias respecto el período 1925- 1950.

	INCREMENTOS I (%)				
	25-50	51-98	51-70	71-80	81-98
Media Enero	24,9	12,1	6,1	31,8	7,9
Media Febrero	-15,0	6,3	1,1	-0,8	16,1
Media Marzo	-5,6	18,3	22,6	8,4	19,1
Media Abril	-7,3	-1,0	5,7	3,0	-10,7
Media Mayo	-27,4	-11,4	-22,1	10,0	-11,3
Media Junio	-34,4	-54,1	-47,8	-56,2	-59,9
Media Julio	-60,4	-69,2	-60,5	-85,0	-70,0
Media Agosto	-59,1	-63,6	-58,6	-72,4	-64,3
Media Septiembre	-3,4	-8,5	-9,9	-20,9	-0,1
Media Octubre	53,0	51,0	42,5	58,3	56,4
Media Noviembre	92,4	69,8	74,1	56,6	72,4
Media Diciembre	42,6	50,0	46,8	67,2	44,1

Tabla 14. Estadístico precipitación mensual- precipitación anual. Comparación de medias respecto el período 1925- 1960

	INCREMENTOS II (%)				
	25-60	61-98	61-70	71-80	81-98
Media Enero	19,6	13,7	6,2	31,8	7,9
Media Febrero	-10,3	7,5	0,1	-0,8	16,1
Media Marzo	8,0	11,7	1,7	8,4	19,1
Media Abril	-7,3	0,7	18,9	3,0	-10,7
Media Mayo	-27,1	-7,4	-17,9	10,0	-11,3
Media Junio	-41,5	-52,5	-35,6	-56,2	-59,9
Media Julio	-59,1	-72,7	-65,2	-85,0	-70,0
Media Agosto	-62,2	-61,9	-47,0	-72,4	-64,3
Media Septiembre	-7,6	-5,9	-1,4	-20,9	-0,1
Media Octubre	50,0	53,3	42,8	58,3	56,4
Media Noviembre	91,7	64,5	58,1	56,6	72,4
Media Diciembre	45,8	49,0	39,4	67,2	44,1

a la aparición de los campos de regadío. La única excepción a este comportamiento se produce en los valores medios de Agosto para el periodo de 1961 a 1970, produciéndose un incremento del valor medio.

Por último señalar que el período 1971-1980 es el que posee un mayor número de meses en los que se supera el valor medio de la precipitación, siendo otro aspecto coincidente con el anterior análisis de comparación de medias.

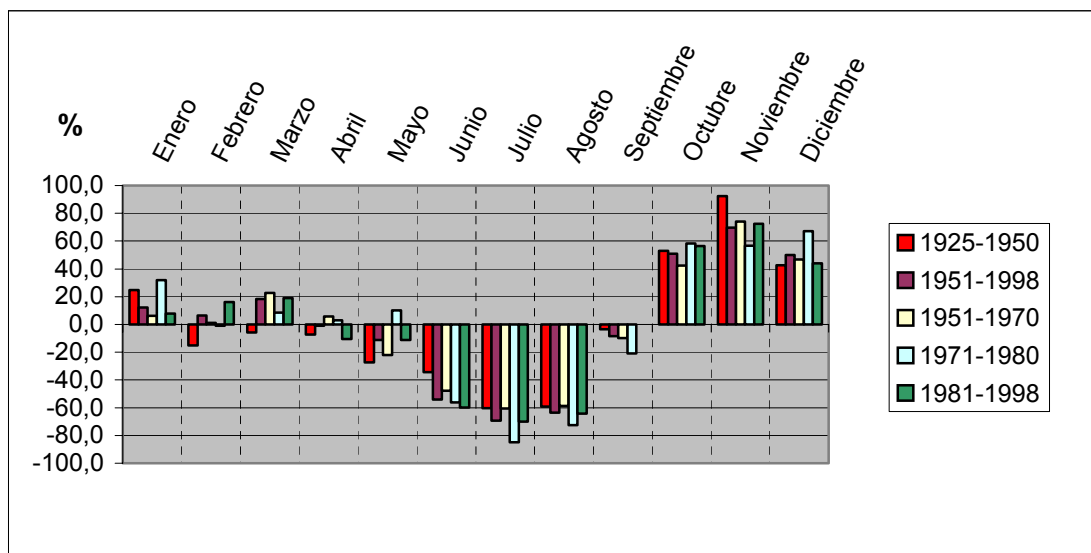


Fig. 16. Estadístico precipitación mensual- precipitación anual. Comparación de medias respecto el período 1925-1950

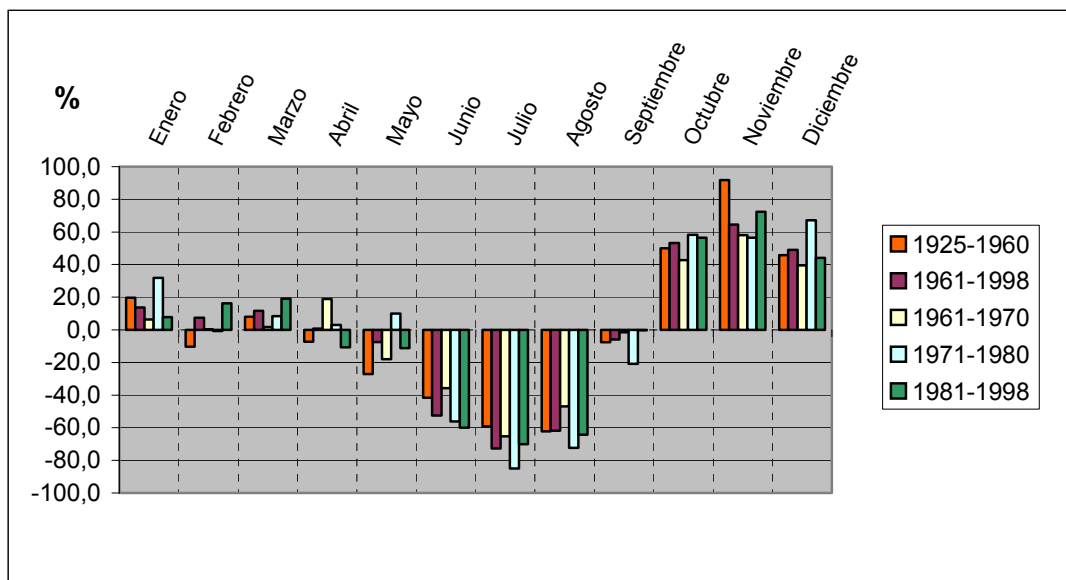


Fig. 17 Estadístico precipitación mensual- precipitación anual. Comparación de medias respecto el período 1925-1960

### 3.2.3. Estudio del incremento de lluvias mínimas

Con este recuento se pretende ver si la presencia de los campos de regadío provoca un aumento en el número de ocasiones en las que no se supera una precipitación mínima impuesta de 2 mm. Esto indicaría que los incrementos en la media de la precipitación no son debidos a esporádicas grandes lluvias de un determinado año –información que desvirtuaría los resultados -, sino a un crecimiento en el número de episodios de precipitación desde la aparición de los campos. El tratamiento de los datos para este estudio se ha realizado mediante Excel (ver anejo 4). En la tabla 15 se puede observar un resumen de los resultados obtenidos.

En primer lugar se observa que, lógicamente, en los meses de invierno el porcentaje de ocasiones en los que no se supera la precipitación mínima es nulo, pudiendo observar datos únicamente en los meses más cálidos- de Abril a Octubre. Por otro lado, vemos que los resultados obtenidos en los periodos posteriores a la aparición de los campos de regadío en las cuencas del mar de Aral no son como cabría esperar, puesto que para algunos meses el número de lluvias mínimas es inferior a las registradas para la primera mitad del siglo (coloreados de azul)

De este estudio se concluye que no es posible sacar conclusiones claras, puesto mientras que para algunos meses sí se observan resultados esperables –Mayo, Agosto, Septiembre -, para otros ocurre todo lo contrario- Abril, Junio, Octubre.

Tabla 15: Ratio de episodios de lluvia mensuales inferiores a la mínima (2 mm)

%	FRECUENCIA PRECIPITACION MNIMA (<2 mm)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre	Diciembre
25-60	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	30,8	19,2	7,7	0,0	0,0	0,0
51-98	0,0	0,0	0,0	6,3	2,1	8,3	18,8	8,3	2,1	4,2	0,0	0,0
51-70	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	10,0	20,0	0,0	5,0	0,0	0,0
71-80	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	60,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
81-98	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	16,7	5,6	11,1	5,6	5,6	0,0	0,0