

## 11. ESTUDIO HIDROGRAFICO

### 11.1. INTRODUCCION

El objetivo del presente estudio es determinar el funcionamiento hidráulico del Complejo Lagunar, determinando el movimiento superficial de las aguas, así como los caudales principales que se originan.

La finalidad del estudio es la de conocer los caudales que se producen dentro del Complejo Lagunar como consecuencia de las precipitaciones, y relacionado con las dimensiones físicas de lagunas y canales, estimar el volumen de agua que puede almacenarse y evacuarse.

### 11.2. HIDROGRAFIA

#### 11.2.1. ESTUDIO DE CUENCAS

El Complejo Lagunar se sitúa dentro de la cuenca hidrográfica del río Guadiana.

Para el estudio de las cuencas hidrográficas se ha empleado la cartografía existente a escalas que van desde la 1:200.000 hasta la 1:10.000. Para conseguir un mayor grado de detalle dentro del Complejo Lagunar, se ha utilizado la cartografía generada a partir de los trabajos topográficos.

El Complejo Lagunar desagua directamente sobre el arroyo de Valdelagrana, el cual nace en los límites del mismo. Este cauce es un afluente de la Rivera de la Albuera, la cual junto al arroyo del Entrín Verde, drenan sus aguas en la Rivera de los Limonetes, cauce que conecta directamente con el río Guadiana.

Podría clasificarse esta cuenca drenante como dendrítica, con tendencia paralela y rectangular, ya que presentan una representación arborescente de los tributarios, en la que las corrientes principales aparecen casi paralelas, mientras que las secundarias presentan ángulos casi rectos.

Interiormente, el Complejo Lagunar presenta una serie de cuencas definidas por la topografía del terreno, de fisiografía similar a las anteriores. Cada laguna, o en su caso conjunto de lagunas de menor entidad, queda asociada a una de estas cuencas, comunicándose entre ellas por los canales de conexión, hasta drenar de un modo natural hacia el arroyo de Valdelagrana.

### **11.2.2. INVENTARIO HIDROGRAFICO DEL COMPLEJO LAGUNAR**

El inventario hidrográfico del Complejo Lagunar se realiza tras el estudio e interpretación de la cartografía y fotografías aéreas, a partir de las que se puede tener un conocimiento exacto de la hidrografía histórica del mismo.

Se ha dividido el inventario en lagunas con carácter natural y lagunas artificiales.

El estudio de los canales es un poco más complejo, ya que la mayor parte de ellos han evolucionado desde cauces de escorrentía superficial motivada por el exceso de precipitaciones y aliviado de las lagunas, a acequias de trazado definido realizadas para desecar ciertas fincas.

Dentro de las lagunas naturales se han incluido aquellas lagunas que existían de forma natural, actualmente con morfología similar o modificada. Como lagunas artificiales se han incluido aquellas lagunas que no existían y se han sido creadas por los propietarios de las fincas que conforman el complejo (su morfología revela claramente su origen artificial).

El sistema utilizado para inventariar los canales, se basa en una referencia a su origen, para estudiar posteriormente su evolución y estado actual.

## **INVENTARIO DE LAGUNAS.**

### **Lagunas Naturales.-**

1. Laguna Grande
2. Laguna Llana
3. Laguna la Natera 1
4. Laguna la Natera 2
5. Laguna Morena
6. Laguna de la Orla
7. Laguna del Junco
8. Laguna Chica
9. Laguna del Burro
10. Laguna Marciega
11. Laguna El Picatel 1
12. Laguna El Picatel 2
13. Laguna la Perdía
14. Laguna del Carril
15. Laguna Gitana
16. Laguna Castro 1
17. Laguna Castro 2
18. Laguna Nateras Altas

### **Lagunas Artificiales.-**

1. Laguna artificial El Picatel
2. Laguna artificial la Chica 1
3. Laguna artificial la Chica 2
4. Laguna artificial Cevallos 1
5. Laguna artificial Cevallos 2
6. Laguna artificial Camino de las Vacas,
7. Laguna artificial El Burro.

### **INVENTARIO DE CANALES.**

#### **1. Canal entre las lagunas de Picatel y la laguna Grande.-**

De origen natural a priori, con posteriores modificaciones puntuales de carácter artificial. Conduce las aguas desde la carretera de Entrín hacia la lagunas de Picatel, y de aquí a la laguna Grande. Actualmente se encuentra mal definido, llegando a perderse en las cercanías de la laguna Grande consecuencia de las labores de labrado del terreno.

#### **2. Canal desde la laguna Morena hacia laguna Grande.-**

De origen natural a priori, con posteriores modificaciones puntuales de carácter artificial. Este canal conduce las aguas que se estancan junto a la carretera del Entrín, comprobado de un modo histórico hacia la laguna Grande, pasando por la laguna Llana. Como consecuencia de las labores de labrado del terreno en distintas partes, no se encuentra bien definido. Desde la laguna Llana hasta la Grande solo se detecta en los puntos de contacto con la primera y por donde se prevé que se produzca su aliviado, perdiéndose el trazado definido en las cercanías de la Grande.

### 3. Canal entre las lagunas Grande y Llana.-

De origen artificial, realizado en los últimos años. Obliga a desaguar las aguas que drenan desde las fincas situadas topográficamente más altas hacía ambas lagunas, ya que presenta un punto de inflexión con pendientes hacía ambas lagunas.

### 4. Canal de aliviado de la laguna Grande hacía la laguna de la Orla.-

Tiene un origen natural apreciándose en todas las fotografías aéreas. Actualmente no se encuentra bien definido, con modificaciones motivadas por las labores agrícolas.

### 5. Canal entre la laguna Chica y la laguna del Burro (cuenca).-

No se aprecia como tal en las fotografías aéreas, aunque debió funcionar como vaguada natural en los momentos de mayores precipitaciones. Actualmente entre la laguna Chica y una zona inundable no consolidada como laguna no se aprecia canal alguno, pero desde este punto y bordeando las lagunas del Burro se ha ejecutado un canal de un modo artificial que comunica con el arroyo de Valdelagrana.

### 6. Canal entre la laguna del Junco y la laguna de la Natera 1.-

Tiene un origen natural apreciándose en todas las fotografías aéreas. Actualmente no se encuentra bien definido, con modificaciones motivadas por las labores agrícolas.

7. Canal entre la laguna de la Orla y el arroyo de Valdelagrana.-

Tiene un origen natural apreciándose en todas las fotografías aéreas. Actualmente no se encuentra bien definido, con modificaciones motivadas por las labores agrícolas, sobre todo en la zona próxima al arroyo.

8. Canal entre la laguna de la Natera 1 y el arroyo de Valdelagrana.-

Tiene un origen natural apreciándose en todas las fotografías aéreas. Actualmente no se encuentra bien definido, con modificaciones motivadas por las labores agrícolas.

9. Canal entre la laguna del Burro y el arroyo de Valdelagrana.-

Tiene un origen artificial, elaborado para drenar la cuenca de la laguna del Burro.

### **11.2.3. CUENCAS INTERIORES DEL COMPLEJO LAGUNAR**

Como se ha mencionado en un apartado anterior, el Complejo Lagunar presenta una serie de cuencas definidas por la topografía del terreno, asociadas a cada laguna o en su caso conjunto de lagunas de menor entidad.

Se han definido las siguientes cuencas dentro del Complejo Lagunar, describiéndose según el sentido de desagüe hacia el arroyo de Valdelagrana:

***De la laguna del Picatel.-***

Recoge las aguas desde las carreteras hasta la laguna Grande, quedando dentro de ella las lagunas de Picatel.

***De la laguna Llana.-***

Drena hacia la laguna Grande las aguas que provienen de la laguna Llana, encontrándose sus límites con los producidos por la carretera de Entrín.

***De la laguna Grande.-***

Acoge a la dos anteriores y todo el área de influencia de la laguna Grande. Su drenaje se produce hacia el arroyo de Valdelagrana.

***De un conjunto de lagunas.-***

Esta cuenca incluye las cuencas anteriores además de las superficies en las que se encuentran otras lagunas como son la Marciaga, del Junco o la Natera. El desagüe de la misma se conecta en el canal de la laguna del Burro para drenar hacia el arroyo de Valdelagrana.

***De la laguna Chica y del Burro.-***

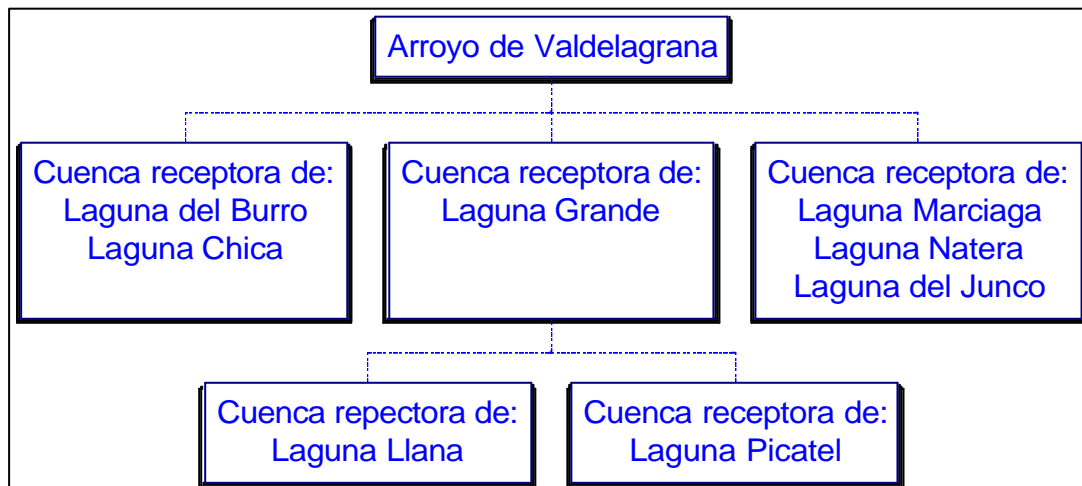
Es la cuenca situada más al Este, en el borde del Complejo Lagunar, quedando fuera de las anteriores que como se describe se van incluyendo unas en otras. Esta cuenca incluye las áreas de influencia de la laguna Chica y del Burro, drenando mediante un canal artificial hacia el arroyo de Valdelagrana.

#### 11.2.4. FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUENCAS INTERIORES

Como se describe en el apartado anterior todas las subcuencas interiores del Complejo Lagunar drenan hacia el arroyo de Valdelagrana.

Cada una de ellas recoge las aguas dentro de sus superficies asociadas hasta alcanzar las lagunas, puntos de almacenamiento, sus cotas de llenado. Superada su capacidad se producirá el aliviamento a través de los canales, naturales o artificiales, existentes.

Este fenómeno está íntimamente ligado a la topografía local del Complejo Lagunar, de manera que, a modo de cascada, las lagunas situadas a mayor cota topográfica descargan sobre las situadas a menor cota, como se refleja en el plano 7.3. Cuencas Interiores, y que se puede resumir en el siguiente esquema:





## 11.3. ESTUDIO DE CAUDALES

### 11.3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS.

Conocidas las características fisiográficas del Complejo Lagunar, y la red hidrográfica existente –lagunas y canales naturales y artificiales- se procede a continuación a estudiar los caudales que se producen como consecuencia de las precipitaciones, para poder disponer de los datos de cálculos necesarios para establecer los criterios de la posible restauración ambiental del Complejo Lagunar desde un punto de vista hidrológico.

Para el cálculo de caudales de las distintas cuencas se ha empleado el *Método Hidrometeorológico*, aplicable a pequeñas cuencas. Se basa este método en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de la escorrentía.

### 11.3.2. CALCULO DE CAUDALES

Entre los diversos métodos para determinar el caudal de máximas avenidas previsibles en una cuenca receptora, se pueden diferenciar aquellas fórmulas que normalmente relacionan el caudal con la superficie de la cuenca empleando coeficientes que tratan de considerar las características de la misma, incluida la pluviometría esperada sobre ella, de aquellas otras en las que la relación se extiende a la superficie de la cuenca, sus características físicas y la intensidad de lluvia específicamente calculada para cada área de aportación.

Siempre que se disponga de datos pluviométricos suficientes, el segundo grupo de fórmulas ofrece una mayor fiabilidad en sus resultados. Por tanto se empleará en el cálculo de las avenidas el Método Hidrometeorológico desarrollado a partir del Método Racional que se estudia en la monografía

publicada por el CEDEX “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas”. Este método se basa en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de la esorrentía.

### 11.3.2.1. ELABORACIÓN DE DATOS

Consiste este método en la aplicación y desarrollo de la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{C \times A \times I}{K}$$

Donde:

**Q:** Caudal de referencia en el punto de desagüe de la cuenca en m<sup>3</sup>/seg.

**C:** Coeficiente de esorrentía de la cuenca.

**A:** Superficie aportadora de la cuenca.

**I:** Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a una duración de aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h.

**K:** coeficiente adimensional.

Para la obtención de la **intensidad media** de la precipitación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Donde:

**It:** Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a una duración de aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h.

**Id:** Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno, en mm/h. Es igual a  $P_d/24$ .

**Pd:** Precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno, en mm.

**I1:** Intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno (mm/h).

**Tc:** Duración de aguacero. Se tomará igual al tiempo de concentración de la cuenca en horas.

**Pd** se tomará del mapa de isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día, para los diferentes periodos de retorno considerados, y para la localidad de cabeza donde se sitúa la zona de estudio.

**(I<sub>1</sub> / I<sub>d</sub>)** valor tabulado para su aplicación en la fórmula.

### 11.3.2.2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Los coeficientes de escorrentía se determinan de acuerdo con la fórmula:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_o} - 1\right) \times \left(\frac{P_d}{P_o} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_o} + 11\right)^2}$$

Donde:

**Pd** = máxima precipitación total diaria, en mm.

**Po** = umbral de escorrentía

En base a la geología antes descrita que se encuentra en la zona, a efectos del umbral de escorrentía se consideran los terrenos incluidos dentro del grupo C, que incluye los suelos que ofrecen poca permeabilidad cuando están saturados, porque presentan un estrato impermeable que dificulta la infiltración, o porque en conjunto su textura es franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa o arcillo-arenosa, que es nuestro caso.

A los terrenos que estamos estudiando, corresponden las siguientes características:

* Infiltración cuando están muy húmedos:	Lenta
* Potencia	Media
* Textura	Arcillo-arenosa
* Drenaje	Imperfecto

Para el cálculo de la precipitación total diaria se ha optado por utilizar los resultados dados por el programa informático desarrollado por el CEDEX y el Ministerio de Medio Ambiente para el Cálculo de las Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular, según el método del SQRT-ET max, que son los siguientes:

<b>Periodos de Retorno (años)</b>	<b>Pd. (mm)</b>
5	48
10	48
25	56
50	67

Del estudio de las plantaciones que recogen los mapas de cultivos y del conocimiento de la cuenca, se ha considerando un uso de la tierra esencialmente de rotación de cultivos pobres, con características

hidrológicas medias y pendientes de menos del 3%, lo que determina un umbral de escorrentía inicial de  $Po' = 13$  mm.

El coeficiente corrector para aplicar a este valor inicial de  $Po'$  según la posición geográfica del área en estudio le corresponde un valor de 2,5.

$$Po = 2,5 \times 13 = 32,5 \text{ mm.}$$

### 11.3.2.3. TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración,  $T_c$ , es el que tarda en llegar a la sección de estudio una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca.

En áreas extensas el tiempo de concentración se calcula de acuerdo con las recomendaciones de la antedicha norma por la fórmula:

$$T_c = 0,3 (L / J^{0,25})^{0,76}$$

siendo:

$T_c$  = tiempo de concentración (horas)

$L$  = longitud del recorrido (Km)

$J$  = pendiente media (m/m)

### 11.3.2.4. CAUDAL DE MÁXIMA AVENIDA

A partir de los datos obtenidos y de los extraídos en los planos relativos a superficie de la cuenca  $A$  ( $Km^2$ ), datos de máximo desnivel  $H$  (m.) y máximo recorrido  $L$  (Km.), se calcula el caudal de máxima avenida para un periodo de retorno determinado.

A continuación se incluyen los cuadros que ordena los datos de entrada para las tablas de cálculo que desarrolla el método hidrometeorológico anteriormente expuesto de cada una de las cuencas definidas.

NOMBRE CUENCA	SUPERFICIE A (m2)	LONGITUD L (Km)	DESNIVEL			PENDIENTE J (m/m)	T.CONCENTR. Tc
			H (max)	H (min)	Desn (m)		
Laguna Picatel	722310,410	1,500	294	288	6	0,004	1,166
Laguna Llana	575519,080	0,632	292	288	4	0,006	0,554
Laguna Grande	2919869,570	2,057	294	285	9	0,004	1,457
Varias lagunas	5495379,210	3,900	294	282	12	0,003	2,533
Laguna Chica y Burro	1942229,330	1,532	287	283	4	0,003	1,284

<b>USO DE LA TIERRA</b>	CULTIVOS POBRES
<b>PENDIENTE</b>	<3
<b>CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS</b>	
<b>GRUPO DE SUELO</b>	C
<b>UMBRAL DE ESCORRENTIA INICIAL P'o</b>	13
<b>UMBRAL DE ESCORRENTIA CORREGIDO Po</b>	32,5

<b>COEFICIENTE CORRECTOR</b>	2,5

PERIODO DE RETORNO	PRECIPITACION MAXIMA DIARIA (mm)	Pd/Po	COEFICIENTE ESCORRENTIA
5	48,00	1,476923077	0,075
10	48,00	1,476923077	0,075
25	56,00	1,723076923	0,110
50	67,00	2,061538462	0,156

### CALCULO DE CAUDALES POR EL METODO HIDROMETEREOLOGICO

#### Caudales cuenca laguna Picatel

PERIODO RETORNO	COEF ESCORR Cs	PREC.PROYEC Pd	INTENSIDAD			CAUDAL Q (l/sg)	CAUDAL Q (m3/sg)
			ld	l1/ld	lt		
5	0,075	48,000	2,000	10,000	18,280	330,042	0,33004211
10	0,075	48,000	2,000	10,000	18,280	330,042	0,33004211



25	0,110	56,000	2,333	10,000	21,327	567,060	0,56705958
50	0,156	67,000	2,792	10,000	25,516	958,005	0,9580045

**Caudales cuenca laguna Llana**

PERIODO RETORNO	COEF ESCORR Cs	PREC.PROYEC Pd	INTENSIDAD			CAUDAL Q (l/sg)	CAUDAL Q (m3/sg)
			ld	l1/ld	lt		
5	0,075	48,000	2,000	10,000	27,932	401,821	0,40182124
10	0,075	48,000	2,000	10,000	27,932	401,821	0,40182124
25	0,110	56,000	2,333	10,000	32,587	690,386	0,6903864
50	0,156	67,000	2,792	10,000	38,989	1166,356	1,16635588

**Caudales cuenca laguna Grande**

PERIODO RETORNO	COEF ESCORR Cs	PREC.PROYEC Pd	INTENSIDAD			CAUDAL Q (l/sg)	CAUDAL Q (m3/sg)
			ld	l1/ld	lt		
5	0,075	48,000	2,000	10,000	15,999	1167,658	1,16765787
10	0,075	48,000	2,000	10,000	15,999	1167,658	1,16765787

25	0,110	56,000	2,333	10,000	18,665	2006,203	2,00620335
50	0,156	67,000	2,792	10,000	22,331	3389,330	3,38932961

**Caudales cuenca varias lagunas**

PERIODO RETORNO	COEF ESCORR Cs	PREC.PROYEC Pd	INTENSIDAD			CAUDAL Q (l/sg)	CAUDAL Q (m3/sg)
			ld	l1/ld	lt		
5	0,075	48,000	2,000	10,000	11,344	1558,250	1,55825005
10	0,075	48,000	2,000	10,000	11,344	1558,250	1,55825005
25	0,110	56,000	2,333	10,000	13,235	2677,297	2,67729661
50	0,156	67,000	2,792	10,000	15,834	4523,091	4,52309119

**Caudales cuenca laguna Chica y Burro**

PERIODO RETORNO	COEF ESCORR Cs	PREC.PROYEC Pd	INTENSIDAD			CAUDAL Q (l/sg)	CAUDAL Q (m3/sg)
			ld	l1/ld	lt		
5	0,075	48,000	2,000	10,000	17,255	837,709	0,8377095
10	0,075	48,000	2,000	10,000	17,255	837,709	0,8377095

---

25	0,110	56,000	2,333	10,000	20,131	1439,305	1,43930482
50	0,156	67,000	2,792	10,000	24,086	2431,597	2,4315972