

# *Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira U.L.P.G.C.*



*Elaborado por: Albert Torrents Sallent*

*Oficina del proyecto ambiental del  
Campus*

Proyecto  
realizado bajo encargo de la  
Oficina de Gestión  
Ambiental del Campus de  
Tafira de la Universidad de  
Las Palmas de Gran  
Canaria

Realizado por Albert Torrents Sallent  
entre los meses de marzo de 2002 y  
abril de 2003 con el soporte de la  
Oficina de Gestión Ambiental del  
Campus de Tafira

© 2003 Albert Torrents Sallent  
no está permitida la reproducción  
parcial o total del mismo sin permiso  
previo del autor

# Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira (U.L.P.G.C.)

## Indice:

	página
1- Información previa	1
1.1- Datos de partida	1
1.1.1- Datos meteorológicos	2
- Lluvias	2
- Lluvias intensas	4
- Clasificación climática	5
- Otros aspectos climáticos	6
1.1.2- Estudio hidrogeológico	9
- Características geológicas	9
- Infiltración, escorrentía y consumos según el uso	10
- Consumos de agua en jardinería	11
1.1.3- Datos analíticos	12
- Estudio de la depuradora experimental	12
1.1.4- Consumos del Campus de Tafira	<b>16</b>
- Resultados obtenidos del estudio	16
- Proyección de los consumos	20
- Valoración económica del consumo de agua	22
1.2- Datos generales	24
1.2.1- Estructuras generales del Campus de Tafira	24
- Edificaciones	24
- Pavimientos y usos del suelo	25
- Viales y zonas de influencia	26
1.2.2- Estructuras hidráulicas	27
- Red de abasto	27
- Red de recogida de aguas	28
- Embalses de agua	29
- Redes de riego	35
- Otras problemáticas detectadas relacionadas con el	
agua	37
1.2.3- Estudio de la población en el campo	40
- Densidades y usos	40
- Proyección futura y dinámicas de población	42
1.3- Datos de vertido y contaminación	44

2- Ámbitos y propuestas de actuación	página 46
2.1. Recogida de aguas residuales generadas	47
2.1.1. Recogidas y canalizaciones de aguas residuales	47
2.1.2. Conducciones separativas de aguas pluviales	47
2.1.3. Conducciones generales y sistemas de bombeo	47
2.2. Aguas residuales: Tratamiento	49
2.2.1. Emplazamiento de depuradoras	50
2.2.2. Bombeos y sistemas secuenciales	52
2.2.3. Necesidades de mantenimiento	53
2.2.4. Necesidades de análisis y monitoreo	55
2.3. Gestión de aguas pluviales	58
2.3.1. Estado de edificios - separativas	59
2.3.2. Estado de pavimentos	59
2.3.3. Puntos de almacenamiento	60
-Puntos existentes	60
-Puntos de nueva construcción	61
2.4. Red de transporte y riego	63
2.4.1. Red de riego	63
2.4.2. Red de canales y cantoneras	63
2.4.3. Recuperación del palmeral	64
2.5. Jardinería	65
2.5.1. Tipos de riego	65
2.5.2. Tipos de jardinería	67
2.5.3. Clasificación de la jardinería presente en el Campus	71
2.5.4. Listado de plantas para xerojardinería	73
2.5.5. Nueva tipología de jardinería	74
2.6. Otros ámbitos	<b>75</b>
2.6.1. Generación de puntos húmedos	75
2.6.2. Posibilidades científicas	75
2.6.3. Integración con el entorno	75
2.6.4. Paisajismo	76
2.6.5. Recorridos formativos	76
2.7. Gestión de la demanda	77
2.8. Actuaciones propuestas	78
2.8.1. Contadores de consumo	78
2.8.2. Recogida de aguas pluviales	78
2.8.3. Red de saneamiento y pluviales	78
2.8.4. Palmeral	79
2.8.5. Identificación de puntos y tipo de vertidos	79
2.8.6. Propuestas de actuaciones de tratamiento de aguas residuales	79

2.8.7. Propuestas de actuaciones de captación de aguas pluviales	80
2.8.8. Contadores de los consumos de jardinería	80
2.8.9. Listado y matrices de plantas de xerojardinería	81
2.8.10. Concreción de la tipología de jardinería	81
2.8.11. Pliego de condiciones complementarias de proyectos de obra civil y urbanizaciones futuras del campus	81
2.9. Ecoindicadores del proyecto	83
2.9.1. Seguimiento de los resultados de la depuradora experimental	83
2.9.2. Contadores de consumo facultad por facultad	83
2.9.3. Evolución de las superficies y tipos de puntos húmedos del campus	84
2.9.4. Población en el campus, seguimiento y relaciones de consumo por usuario	84
2.9.5. Superficies de los distintos tipos de jardinerías y sus consumos	84
2.9.6. Porcentajes de jardinerías con plantas autóctonas y zonas de xerojardinería	84

Índice de planos:

Plano 0 de 9 - Plano general, edificaciones, perímetro y curvas de nivel.

Plano 1 de 9 - Red de abasto

Plano 2 de 9 - Red de saneamiento

Plano 3 de 9 - Red de pluviales

Plano 4 de 9 - Número de alumnos por facultad

Plano 5 de 9 - Parcelas ajardinadas y tipo

Plano 6 de 9 - Pavimentos impermeables

Plano 7 de 9 - Áreas de pluviales

Plano 8 de 9 - Estanques históricos

Plano 9 de 9 - Estanques actuales

Anexos:

Anexo I - Datos climatológicos

Anexo II - Estudio hidrogeológico

Anexo III - Datos de consumo de la oficina técnica

Anexo IV - Resultados de la depuradora experimental

Anexo V - Detalle de la red de riego tradicional y cantoneras

Anexo VI - Propuesta previa del proyecto

Anexo VII - Modelo de ejemplo ya diseñado

*Proyecto de gestión integral  
del agua en el Campus de  
Tafira U.L.P.G.C.*

*Apartado 1 -  
Información previa*

## **1- Información previa**

En este apartado se presentan y analizan los datos disponibles relevantes para el desarrollo del proyecto. Estos se agrupan en dos grandes bloques que contienen aspectos como la climatología en el Campus de Tafira, la contaminación del agua residual generada, las poblaciones del Campus, etc.

Son pues los datos de base sobre los que se estructurarán los análisis de viabilidad y las diferentes propuestas encaminadas a una gestión integral y sostenible del recurso agua, que se desarrollarán y concretarán en puntos posteriores del estudio.

### **1.1- Datos de partida**

En este apartado se aportan y discuten los diferentes aspectos relativos a la climatología, hidrogeología, posibilidades de tratamiento del agua residual y consumos, a partir de los datos recogidos hasta la fecha en el Campus.

Como se comentará en los puntos correspondientes, algunos de estos datos pueden no ser completamente significativos por diferentes aspectos (falta de continuidad histórica, detección de errores en los mecanismos de medida, etc.). En cualquier caso, pero si son válidos como indicadores de tendencias y posibilidades, y son los que tenemos disponibles en el momento de la redacción del presente estudio.

### **1.1.1- Datos meteorológicos**

El estudio de las características meteorológicas del Campus de Tafira, esta realizado a partir de los datos aportados por los estudios previos de hidrogeología realizado por Inmaculada Menéndez González y M. Carmen Cabrera Pérez y del informe de arquitectura y espacios libres presentado por Javier Estévez Domínguez.

Se destacan aquí los aspectos de estos estudios que serán más significativos para el proyecto de gestión del agua en sus diferentes vertientes, destacando el régimen de lluvias, tanto por lo que a viabilidad de sistemas de jardinería de bajo riego (o xerojardinería) se refiere, como a la posibilidad de captación de aguas pluviales en la propia parcela. así como los niveles de evaporación estimados, los consumos de aguas según usos del suelo o las características térmicas significativas para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas por humedales naturales.

No es entonces un estudio climático exhaustivo, para lo que nos remitiríamos a la documentación aportada en los estudios del Plan de Desarrollo integral del Campus de Tafira mencionados.

#### **- Lluvias**

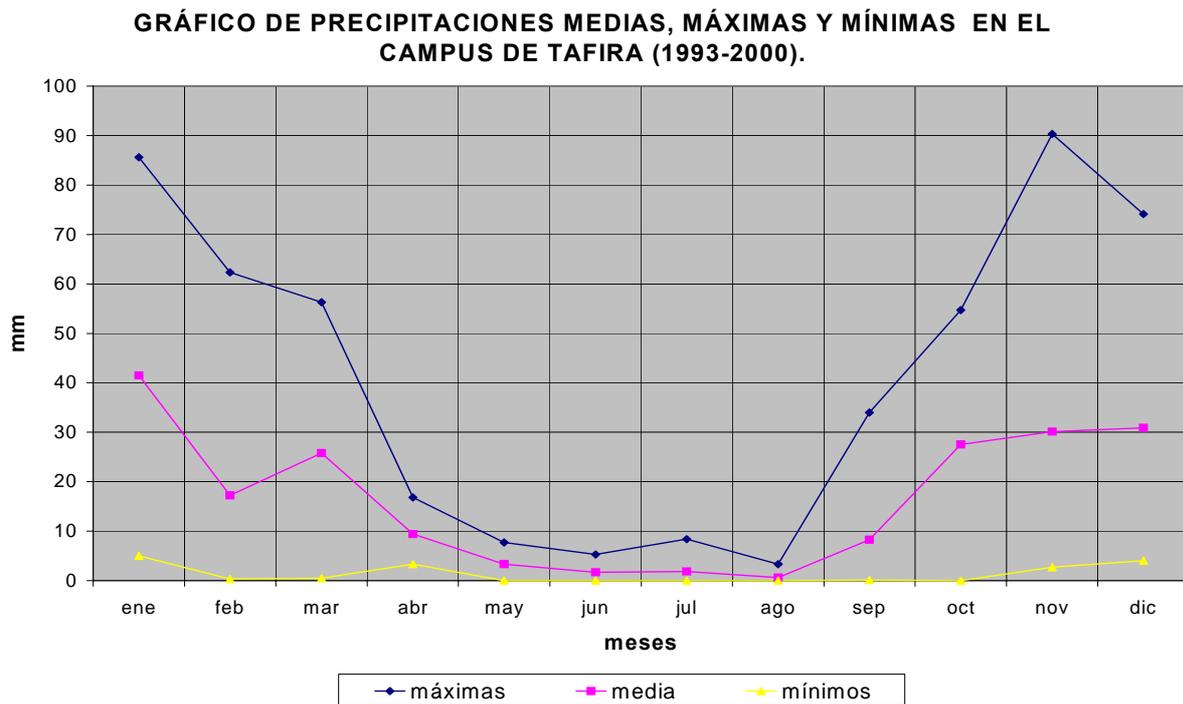
Utilizaremos aquí los registros obtenidos en la estación climatológica del vivero del Jardín Canario por la mayor relación histórica que presenta. Según este registro, la zona del Campus cuenta con una media de precipitaciones de **316 mm/m<sup>2</sup>** al año caídos en un promedio de **69,2 días** de lluvia al año, observándose en cualquier caso una gran variabilidad (668 mm/m<sup>2</sup> el año 1956 o 119 mm/m<sup>2</sup> en el año 1995).

Estas lluvias se reparten asimismo de forma heterogénea a lo largo del año, concentrándose las precipitaciones en los meses invernales (de octubre a marzo) y observándose una mayor sequedad los meses comprendidos entre abril y septiembre.

Es de destacar asimismo la alta variabilidad anual de las precipitaciones y según parece, según los datos meteorológicos, un largo periodo de tendencia a disminución de las lluvias en los últimos años (desde 1994).

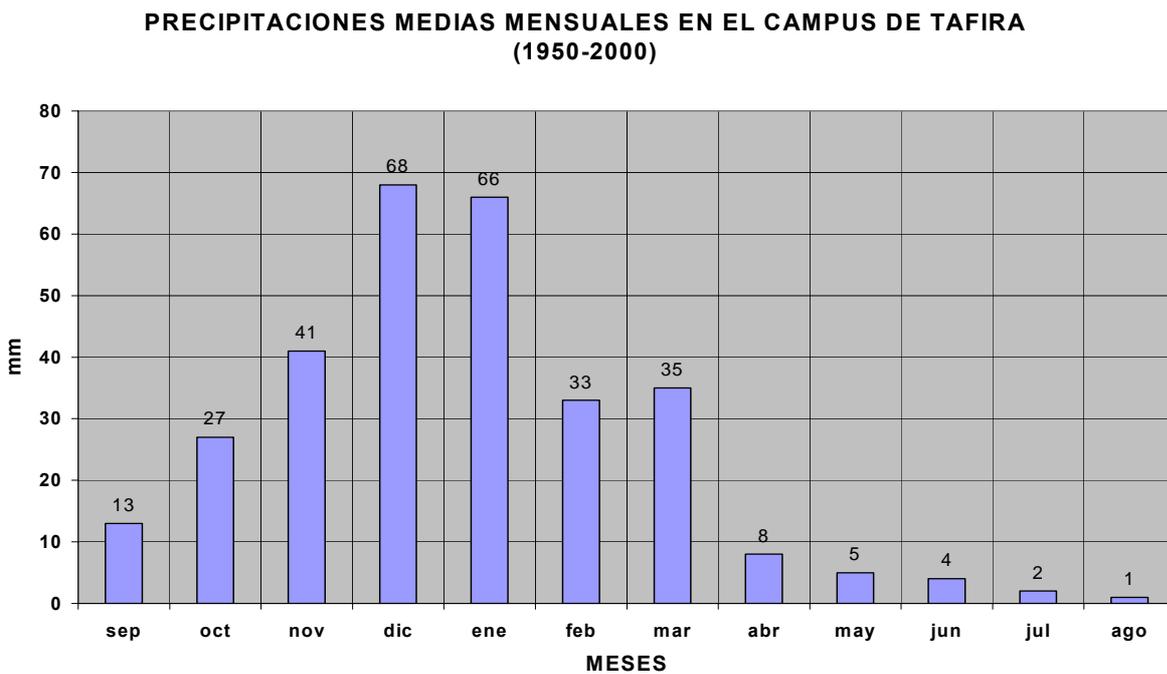
A continuación se presentan una serie de gráficos de lluvias en el Campus de Tafira

Gráfico 1.1



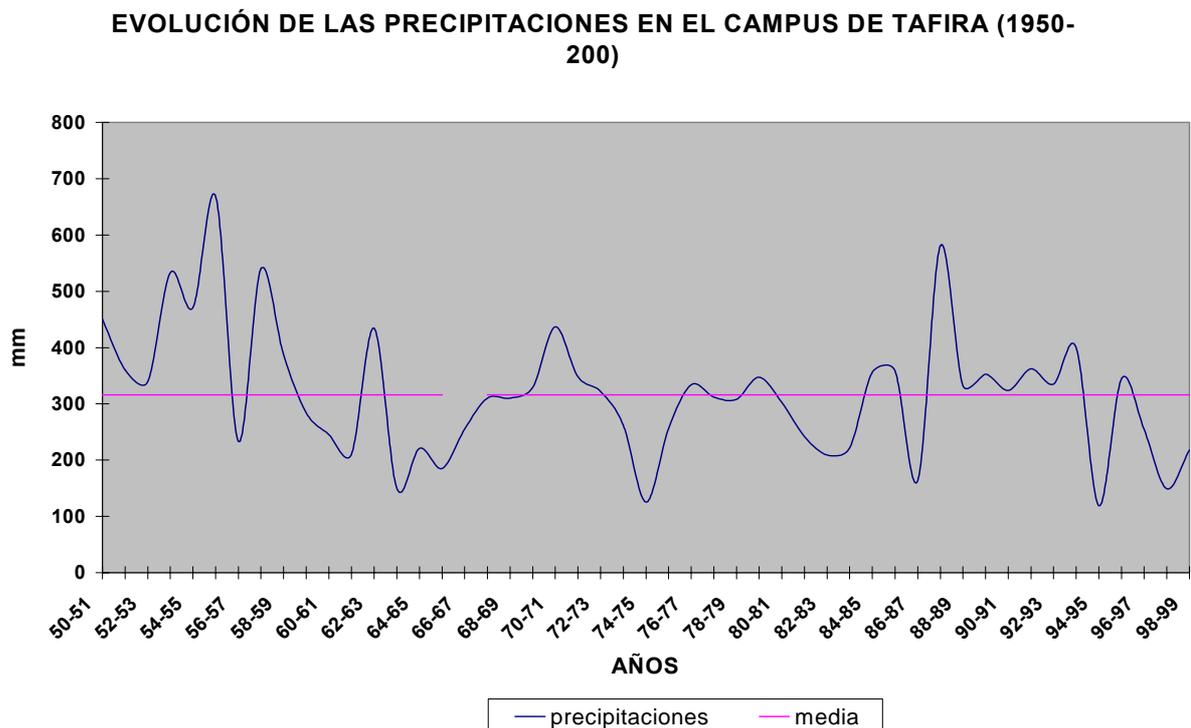
Extraído del estudio climático y bioclimático

Gráfico 1.2



Extraído del estudio climático y bioclimático

Gráfico 1.3



Extraído del estudio climático y bioclimático

### - Lluvias intensas

A parte de la lluvia total anual, que determinará el tipo climático y las posibilidades de flora autóctona utilizable en jardinería sin riego (o con sólo riegos de apoyo), para el presente proyecto será también significativo la forma de llover de cara a evaluar la posibilidad de recoger agua de lluvia para almacenar.

En este sentido, carecemos de datos de lluvias diarias y lluvias intensas. No son en el clima canario especialmente destacables los periodos tormentosos con precipitaciones puntuales elevadas, que facilitan la captación de aguas, (de hecho el total de precipitaciones dividido por los días de lluvia da un promedio de 4,6 l por día de lluvia) sino que se caracterizan por lluvias suaves.

Aún con estas puntualizaciones, en ciertas zonas del Campus se ha observado la formación de pequeñas cárcavas, que indicarían periodos de escorrentía superficial de zonas silvestres y removidas, indicando la posibilidad de recoger aguas pluviales en ciertos periodos.

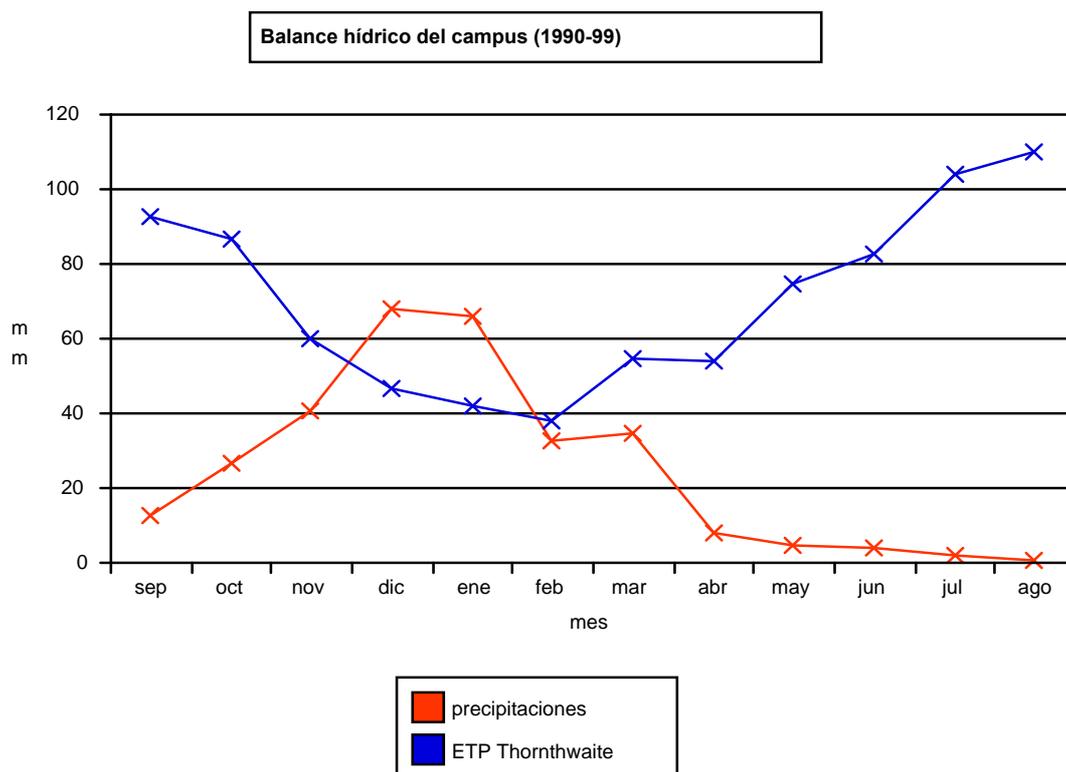
En cualquier caso, a nivel de captación de aguas pluviales serán sobre todo importantes y significativas las aguas recogidas en las zonas de suelo impermeable, bien por estar edificadas, bien por estar pavimentadas. Las áreas de estas características, así como las estimaciones de agua potencialmente recogida se encuentran en los puntos 1.2.2 y 2.3 del presente proyecto

### - Clasificación climática

Otros aspectos considerados son la clasificación climática y los índices de Evapotranspiración Potencial (ETP).

La evapotranspiración potencial de la zona del Campus, calculada a partir del método de Thornthwaite es de 846 mm/m<sup>2</sup> y año. Esta es especialmente significativa en los meses de estiaje, debido a las mayores horas de sol. Esto marcará el tipo climático, puesto que la mayoría de meses será mayor la ETP que las precipitaciones (todos los meses excepto diciembre y enero). Asimismo esto condicionará los cálculos de agua para riegos y los tipos vegetales que puedan desarrollarse sin riego (véase gráfico 1.4).

Gráfico 1.4



Extraído del Estudio Climático y Bioclimático, Anexo I

Aún con estas conclusiones conviene considerar que la ETP se considera (por la inexactitud de la misma fórmula de cálculo) superior a la Evapotranspiración Real o ETR, y cabría considerar asimismo aspectos poco reflejados como la humedad relativa en cada mes o el mar de nubes característico en el NE de la Isla de Las Palmas, y que tiene cierta importancia en la zona de estudio. Estas consideraciones podrían significar, que en la realidad las precipitaciones cubriesen la evapotranspiración real de 4 a 6 meses anuales (de noviembre a marzo), pero no cabe ninguna duda de que estamos en un clima de tendencia árida.

En cualquier caso actualmente la mayor parte de la superficie del Campus cuenta con sistemas de riego (bien sea por estar ajardinado o por tener un uso agrícola), con lo que estos datos serán especialmente significativos de cara a zonas de vegetación silvestre o

áreas en las que se plantee el uso de técnicas de xerojardinería.

Otro índice que nos ayuda a clasificar las características climatológicas de la parcela es el Índice de Aridez (Índice de Martone) que relaciona empíricamente las precipitaciones anuales o mensuales con la temperatura. Este índice da los siguientes resultados mensuales:

**Tabla 1.1- Cuadro del índice de Martone (índice de aridez)**

Meses	valor	Clasificación
Enero	19,1	Tendencia a sequedad
Ferbreo	20,5	Humedad suficiente
Marzo	13,3	Tendencia a sequedad
Abril	8,0	Aridez
Mayo	4,2	Hiperaridez
Junio	2,0	Hiperaridez
Julio	0,8	Hiperaridez
Agosto	0,7	Hiperaridez
Septiembre	4,6	Hiperaridez
Octubre	13,9	Tendencia a sequedad
Noviembre	24,0	Humedad suficiente
Diciembre	26,1	Humedad suficiente
Anual	10,7	Tendencia a sequedad

Extraído del Estudio Climático y Bioclimático, Anexo I

El índice de aridez obtenido con valores anuales es de 10,7 que indica un clima con **tendencia a sequedad**, en el que destacan los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre por mostrar **hiperaridez**.

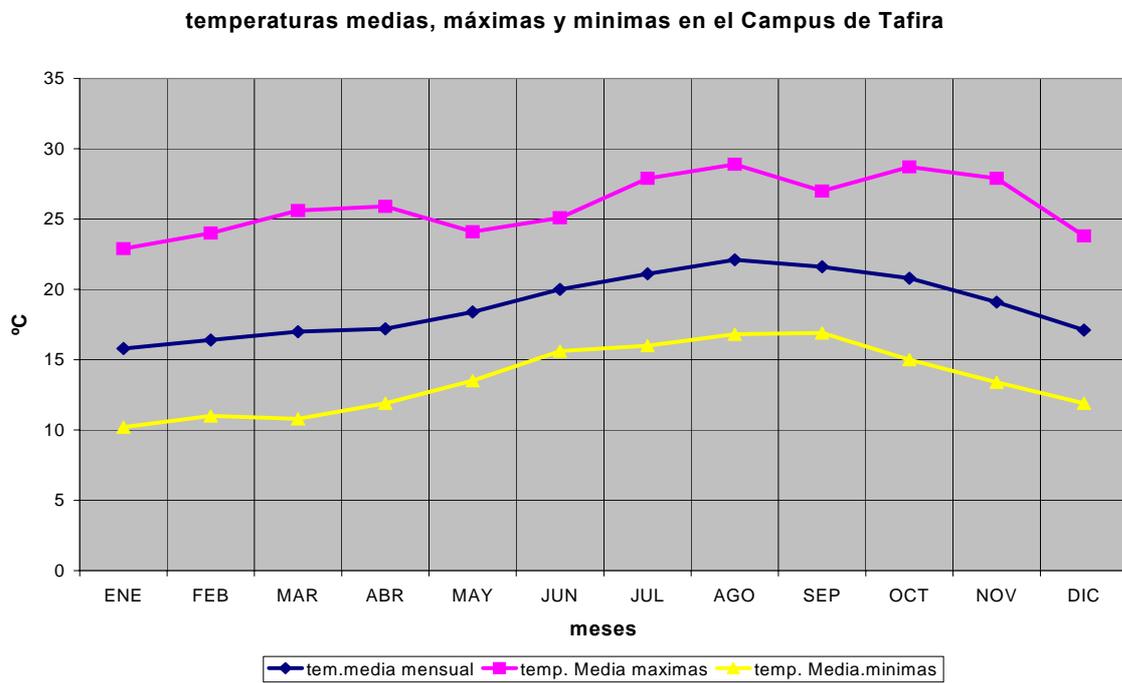
#### **- Otros aspectos climáticos**

Otro aspecto importante para la caracterización climática del Campus y más en concreto para el diseño de sistemas de tratamiento natural de aguas, son las temperaturas. En el cuadro que se presenta a continuación se dan los datos más significativos a nivel térmico:

Tabla 1.2

Es característico del clima de las Palmas la suavidad de las temperaturas y su regularidad a lo largo de todo el año. Este aspecto es sumamente interesante de cara a la posibilidad de implantar sistemas de tratamiento por sistemas naturales de las aguas residuales, así como ofrece también unas características muy válidas para el desarrollo vegetal y la implantación de una amplia variedad de vegetación (limitada en cualquier caso por el régimen de lluvias y la disponibilidad de agua para riego).

Gráfico 1.5



Extraído del estudio climático y bioclimático

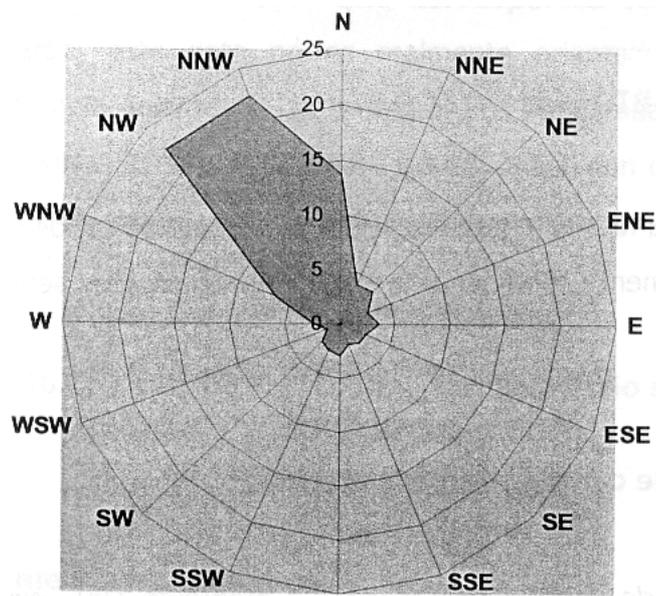
Gráfico 1.6

(No aparece)

Extraído del estudio climático y bioclimático

Los vientos dominantes en el Campus son de componente N,NNE, NE, representando estos el 13,7; 22,4 y 22,3 % de la frecuencia del los vientos, esto comporta una alta regularidad y previsibilidad de los mismos. Ver gráfico adjunto.

Gráfico 1.7



Extraído del Estudio Climático y Bioclimático, Anexo I

### **1.1.2- Estudio hidrogeológico**

Inmaculada Menéndez González y M. Carmen Cabrera Pérez aportan en su estudio hidrogeológico una serie de datos que constituyen una importante fuente de información de cara a las previsiones de consumo de agua y balance hídrico del Campus, según la utilización del suelo.

En cualquier caso, como las mismas autoras afirman, estos datos no dejan de ser indicativos y sujetos a una amplia variabilidad, tanto por la información de partida, como por la propia naturaleza de los mismos, pero significarán una importante ayuda a la estimación de los principales consumos y balances de agua en el Campus.

Este estudio que utilizaremos de referencia en los siguientes puntos está dividido en dos grandes apartados, suelos y balance hídrico, que mantendremos para comentarlos.

#### **- Características geológicas**

El Campus, aún y con su amplia extensión es esencialmente regular en la conformación de sus suelos. En el mismo podemos diferenciar dos grandes tipos de suelos de naturaleza dispar:

##### **-Vertisoles:**

Son los suelos que encontramos en la mayor parte del Campus, que constituían la antigua vega de Tafira, y que en la profundidad que nos es más significativa (hasta unos 3 m de profundidad) presenta las siguientes características.

Este suelo está constituido básicamente por suelos profundos (> de 2m de profundidad hasta las capas rocosas) con una alta presencia de arcillas de neoformación, procedentes de la alteración de basaltos. Estas arcillas presentan una alta plasticidad y expansividad, lo que les confiere unas especiales características mecánicas.

De estas características mecánicas cabría destacar dos grandes efectos antagónicos, por un lado la alta expansividad de las mismas es responsable de movimientos en los cimientos de edificios y aparición de grietas en los mismos. En el otro sentido, esta expansividad, unida a la alta plasticidad permiten la óptima utilización de este material como capa impermeabilizante de volúmenes de agua, tal y como se ha hecho tradicionalmente con las balsas de acumulación de aguas de lluvia en la vega de Tafira y en general en las balsas de medianías de NE de la isla de Gran Canaria o con la impermeabilización con arcillas naturales de la zona de la depuradora experimental instalada en el Campus, lo que ofrece una interesante oportunidad de bioconstrucción y de utilización de materiales propios de la zona, de cara a las instalaciones que se proyectasen en el Campus para la gestión integral del agua en el mismo.

Estos suelos arcillosos se presentan en la práctica totalidad del Campus, siguiendo la vaguada que conforma el mismo, variando su profundidad a lo largo de la misma (más profundo como más al centro de la vaguada y cuanto más nos acercamos a las cotas más bajas). Otro aspecto a destacar de estos suelos es el buen comportamiento de los mismos de cara al almacenamiento de agua de lluvia o riego y al mantenimiento de la

humedad, aún y con las condiciones de tendencia a la aridez que presenta el patrón climático.

La capa más superficial de estos suelos (hasta 50-80 cm de profundidad) está también constituida por suelos de clara tendencia arcillosa, pero modificados a partir del uso agrícola tradicional que se ha hecho de la vega, apreciándose una menor compactación, mayor contenido en materia orgánica y otros materiales, lo que da una tierra de buena calidad para el cultivo y para su utilización como substrato de jardinería.

### - Inerptisoles

Estos son suelos marcados por la poca profundidad de los mismos, con afloramientos de la roca madre, más o menos degradada, en los que se concentra la vegetación termófila propia de las zonas de medianías. La profundidad de los suelos en estas zonas oscila entre los 10 y 40 cm y presentan un menor contenido en arcillas.

Estos suelos están centralizados en las márgenes de la vaguada que da forma al Campus, destacando en la vertiente oeste del mismo a lo largo del camino del Salvago, y en general en el límite con el barranco del Guinguada.

### - Infiltración, escorrentía y consumos según el uso

En el mencionado estudio se divide el Campus en diferentes zonas en función de su permeabilidad y régimen hídrico.

A continuación se presenta una tabla con los datos de este estudio más significativos para el presente proyecto, referente al aporte por aguas de lluvia (316 mm/m<sup>2</sup> y año) y al riego.

**Tabla 1.3**

Tipo de suelo	aporte(mm/m <sup>2</sup> )	superficie(Ha)	vol. total(m <sup>3</sup> )	recarga acuí.(Dm <sup>3</sup> )
Zona agrícola	1.306 (a)	12	156.720 (c)	70 (g)
Zona silvestre	316	1,8	5.688	,072
Zona ajardinada	10.702 (b)	3,2	342.464 (d)	316 (h)
Zona edificada y viaria	316	48,3	152.628 (e)	52,4 (i)
Subzona removida	316	n.d.	n.d.	0
Totales (lluvia)	316	82,2	259.752 (f)	-

en el área del Campus

Esta tabla ofrece, a pesar de la lógica inexactitud de los datos, algunos conceptos significativos que se irán desarrollando a lo largo del presente estudio y que pasamos a comentar:

- Los aportes a y b corresponden a la lluvia caída más el agua de riego, posteriormente se hará una descripción más detallada de los aportes de riego según el tipo de sistema utilizado en el punto 2.5, pero en cualquier caso es muy significativo el diferente consumo exigido por las zona agrícolas, en comparación a las zonas ajardinadas, lo que abre un interesante abanico de posibilidades de ajardinamientos de menor consumo, entre una jardinería convencional y un esquema de xerojardinería (usando plantas autóctonas que no requieran de riego para su mantenimiento) y sobre todo para los intermedios

consistentes en jardinerías de mínimo riego, que ampliarían las posibles especies a considerar, pero con un mínimo consumo de agua.

- Las cantidades marcadas como c y d corresponden a los aportes de agua tanto de lluvia como de riego hechos en el Campus, destacar de estos en primer lugar, que son el mayor consumo hídrico del Campus (superior ellos mismos al volumen de agua consumido por los usuarios y las diferentes instalaciones), asimismo es también significativo el enorme consumo estimado para las zonas ajardinadas, máxime si se considera el área abarcada (3,2 Ha, el 3,9 % de la superficie del Campus) y que se prevé su ampliación en un futuro próximo, dentro del proyecto de ampliación y urbanización del mismo. También es destacable, que aún y con las medidas de ahorro de agua que se puedan emprender, estos dos apartados seguirán siendo grandes consumidores de agua, y que son por este motivo, grandes posibles aprovechadores del agua residual que se pudiese tratar en el mismo Campus.

- La cantidad marcada como f corresponde al total de agua de lluvia que puede recoger el Campus, obtenida de multiplicar la media pluviométrica (316 mm/m<sup>2</sup> y año) por la superficie total del mismo (82,2 Ha). De esta cantidad, una parte importante será aprovechada por el propio terreno, máxime en las zonas agrícolas, silvestres, de jardinería y de tierras removidas, pero en cambio, la cantidad marcada como e es potencialmente aprovechable, puesto que corresponde al agua de lluvia caída sobre terrenos impermeabilizados, como son las edificaciones y las zonas pavimentadas. Si bien no es viable su completa captación, por presentar puntos dispersos, y porque periodos de lluvia puntuales de poca cantidad y no intensos prácticamente no generarán escorrentía y por tanto la posibilidad de su captación, no por eso deja de ser una cantidad nada desdeñable de agua de muy alta calidad.

- Referente al agua de recarga del acuífero, señalar solamente que parece demasiado importante la pérdida de agua atribuida al riego y jardinería (puntos g y h), y destacar que el punto i corresponde a las pérdidas estimadas en la red de abasto de agua.

### **- Consumos de agua en la jardinería**

En el punto anterior, hemos utilizado la estimación de consumo de agua para la jardinería de 10.702 l/m<sup>2</sup> y año. En cualquier caso nos parece una cantidad excesiva que no se ajusta a la realidad.

En otros puntos del mismo informe se trabaja con hipótesis próximas a los 3.500 l/m<sup>2</sup> y año, que sería más ajustado a la realidad, pero se utiliza esta estimación como un consumo regular para todos los tipos de jardinería presentes en el Campus, lo que de nuevo representa una aproximación demasiado generalista, ya que en el mismo encontramos desde jardinerías con un alto requerimiento hídrico (césped, arboles de porte medio y especies no autóctonas que requieren gran cantidad de agua) y otras zonas donde se ha implantado técnicas de xerojardinería que prácticamente no requieren riegos (Acolchados de picón, plantaciones con plantas autóctonas de la zona de medianías, etc.) Para un desarrollo más exhaustivo de los consumos, tipos de jardinerías y superficies ajardinadas, ver el punto 2.5

### **1.1.3- Datos analíticos**

Los presentes datos analíticos se refieren al estudio de seguimiento de la depuradora experimental instalada en el Campus de Tafira en el año 2000 dentro de un curso de formación de técnicos organizado por el ITC, bajo diseño de Albert Torrents Sallent y monitoreada por la Oficina de Residuos del Campus de Tafira.

Estos datos abarcan el primer año de funcionamiento de la instalación, y aunque con algunas lagunas en la secuencia analítica y la falta de conocimiento de los datos del segundo año de funcionamiento, aportan un cierto conocimiento tanto de las posibilidades de utilización de estos elementos en el Campus como de las características del agua residual generada en el mismo.

En otro sentido, hemos de destacar la falta de datos analíticos del agua de abasto, los cuales nos permitirían de detectar anomalías en ciertos compuestos (como se comenta en los puntos de cloruros o en lo referente a dureza del agua) así como analíticas del agua de regantes y del agua recuperada de barranco seco. Estos datos analíticos se podrían solicitar a los suministradores o mejor, realizar las analíticas des de laboratorios de la propia Universidad.

#### **- Estudio de la depuradora experimental**

A continuación se presenta un resumen de los principales datos analizados que revisten relevancia para el presente proyecto y para el futuro diseño de sistemas de tratamiento.

Los parámetros analizados y que se han considerado relevantes, son pH, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.), Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días (D.B.O.5), nitrógeno, en sus formas Amonio, Nitritos y Nitratos y el Carbono en las formas Carbono inorgánico, Carbono orgánico y Carbono total.

En las tablas que se presentan a continuación, (E) corresponde a la estación de análisis, siendo E1 el agua residual tal y como entra en la depuradora, E4 el agua a la salida del sistema de tratamiento y E2 y E3 dos estaciones de muestreo en zonas intermedias de la depuradora. Los datos dejados en blanco corresponden a periodos sin analítica y los remarcados en negrita (excepto los promedios) a resultados analíticos dudosos, probablemente atribuibles a algún error en el procedimiento analítico.

Tabla 1.4

#### **pH**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1	0	7,53	7,74	7,81	7,14	7,1	7,25	7,23	8,06	6,64	<b>7,39</b>
E2	8,53	7,97	7,55	8,04	7,46	7,68	8,36	7,93	7,46	6,85	<b>7,78</b>
E3	8,13	7,63	8,07	7,87	7,65	7,66	7,74	7,6	7,48	6,57	<b>7,64</b>
E4	8,63	7,89	7,96	8,24	7,72	7,83	7,69	7,56	7,75	7,05	<b>7,83</b>

Tabla 1.5

#### **Oxígeno disuelto**

	Enero	Feb 1	Feb 2	Feb 3	Marzo 1	Marzo 2	Marzo 3	Abril	sept.	Oct.	Promedio
E1	0	0,08	0,01	0,01	0,07	0	0,96	0			<b>0,23</b>

E2	5,89	5,82	8,02	14,13	5,16	0,14	0	6,56			<b>6,53</b>
E3	6,47	8,25	8,41	7,19	3,6	12,21	16,41	11,99			<b>9,32</b>
E4	1,55	1,46	3,15	1,89	0,51	11,5	3,35	1,74			<b>3,14</b>

Tabla 1.6 **Conductividad**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1	0	2,81	2,2	3	3,55	3,39	3,45	3,14	0	2,84	<b>3,05</b>
E2	2,66	2,69	2,7	2,57	3,03	3,2	3,42	3,26	0	3,32	<b>2,98</b>
E3	2,96	2,96	3,13	2,89	3,12	3,45	3,73	3,7	0	3,84	<b>3,31</b>
E4	2,98	2,97	3,16	2,98	3,2	3,37	3,81	3,84	0	4,93	<b>3,47</b>

Tabla 1.7 **DQO**

	Enero	Feb.	Mar. 1	Mar. 2	Mayo	Mayo 2	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1			648,6	1453,9	413,6	338,2					<b>713,57</b>
E2			122,2	1247,5	202,4	311,5					<b>470,9</b>
E3			112,8		105,6	151,3					<b>123,2</b>
E4			122,2	1106,8	123,2	89					<b>360,3</b>
							∞	<b>% de eliminación</b>			<b>49,51</b>

Tabla 1.8 **DBO5**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1		440	270	320	370	380	300			250	<b>332,86</b>
E2		<b>0,2</b>	8	50	38	48	8			160	<b>44,6</b>
E3		<b>0,6</b>	16	0,7	47	50	38			120	<b>38,9</b>
E4		<b>0,6</b>	13	0,6	17	25	16			19	<b>13,02</b>
								∞	<b>% de eliminación</b>		<b>96,09</b>

Tabla 1.9 **Clorinidad**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1		1,45	1,1	1,49	0,7	0,6159	0,65	0,4733		0,3	<b>0,8474</b>
E2		2,66	1,36	1,89	1,28	0,4106	0,5075	0,633		0,57	<b>1,0947</b>
E3		2,96	1,5	1,6	1,46	0,4619	0,6501	0,8098		0,87	<b>1,2338</b>
E4		2,98	1,52	1,68	1,51	0,5075	0,6045	0,8555		1,49	<b>1,3356</b>

Tabla 1.10 **Fosfatos**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1	0,0389	0,01613	0,02375	0,0326	0,0241	0,0286		0,027		0,013	<b>0,0255</b>
E2	0,0473	0,0509	0,02454	0,0409	0,019	0,0132		0,017		0,017	<b>0,0287</b>
E3	0,0536	0,05963	0,0181	0,0123	0,0131	0,0143		0,0129		0,027	<b>0,0264</b>
E4	0,0499	0,05845	0,01318	0,0104	0,0105	0,0159		0,028		0,018	<b>0,0255</b>
	<b>-28,11</b>	<b>-262,36</b>	<b>44,50</b>	<b>68,06</b>	<b>56,43</b>	<b>44,40</b>		<b>-3,70</b>		<b>-36,88</b>	
								<b>% de eliminación</b>			<b>1,42</b>

Tabla 1.11 **Amonio**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1		0,024	0,0012	0,412	0,2245	0,2255	0,1559	0,1357		0,658	<b>0,229</b>
E2		0,0029	0,0027	0,063	0,0564	0,0722		0,077,3		0,286	<b>0,069</b>
E3		0,0037	0,0039	0,004	0,024	0,0429		0,0493		0,098	<b>0,032</b>

E4	0,0051	0,0028	0,002	0,0083	0,0404	0,0194	0,03247	0,084		
	<b>0,024</b>									
							<b>% de eliminación</b>			<b>89,41</b>

Tabla 1.12 **Nitritos**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1		0,0039	0,22	0,361	0,0669	0,078	0,126	0,0012			<b>0,1224</b>
E2		0,0010	0,11	0,308	0,0016	0,3	0,087	0,0106			<b>0,1168</b>
E3	0,0029	0,00048	0,5	0,55	0,066	0,042	0,11	0,003			<b>0,1594</b>
E4	0,0000146		0,0002	0,285	0,529	0,0406	0,042	0,298	0,0012		<b>0,1495</b>
								<b>% de eliminación</b>			<b>-22,09</b>

Tabla 1.13 **Nitratos**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Junio 1	Junio 2	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1					0,065	0,924		0,096			<b>0,3616</b>
E2					2,25	0,213		0,1486			<b>0,8705</b>
E3					0,716	0,18		0,204			<b>0,3666</b>
E4					0,084	1,24		0,66			<b>0,6613</b>
							$\infty$	<b>% de eliminación</b>			<b>-82,8571</b>

Tabla 1.14 **Carbono inorgánico**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1	0	113,7	82,27	113,6	108	108,8	79,96	45,29	76,56	109,9	<b>93,12</b>
E2	49,8	50,82	70,37	83,09	80	114,8	99,72	73,54	66,29	98,59	<b>78,702</b>
E3	63,76	58,53	66,54	69,28	62,5	113,7	92,09	83,11	95,88	100,8	<b>80,619</b>
E4	60,97	59,81	59,22	71,46	53,25	122,1	114,6	85,1	130,3	108,2	<b>86,501</b>
											$\dagger$
							$\infty$	<b>% de eliminación</b>			<b>7,10</b>

Tabla 1.15 **Carbono orgánico**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	julio 1	julio 2	sept.	Oct.	Promedio
E1	0	159,1	115,9	109,6	219	176,3	136,84	121,6	47,34	119,3	<b>133,88</b>
E2	12,93	10,09	46,74	45,8	95,5	41,89	60,78	186,86	135,35	80,01	<b>71,59</b>
E3	12,71	9,885	13,64	19,22	68,1	78,2	48,61	273,09	101,32	92,1	<b>71,68</b>
E4	12,17	8,668	12,13	14,38	68,45	58,3	68	160,9	113,4	20,3	<b>53,66</b>
											$\dagger$
							$\infty$	<b>% de eliminación</b>			<b>59,91</b>

En general, los datos analíticos obtenidos del funcionamiento de la depuradora experimental instalada muestran unas aceptables condiciones de tratamiento, si bien es cierto que algunas series analíticas presentan lagunas importantes en la periodicidad de los análisis y que faltan algunas medidas importantes de cara a determinar las posibilidades de reutilización del agua para riego, especialmente en el apartado de calidad sanitaria y eliminación de organismos patógenos.

En un comentario general de los datos presentados se puede destacar:

pH - Todos los análisis están dentro de un rango adecuado de pH que permiten la reutilización del agua, esencialmente este dato nos sirve para destacar que no hay un problema destacable de acidez o basicidad del agua residual a tratar.

Oxígeno disuelto - La depuradora presenta un excelente resultado a nivel de la evolución del oxígeno disuelto, que comporta una baja cantidad de material orgánico en el agua tratada, a nivel de observación, la bajada del oxígeno disuelto en la última estación de muestreo (E4) en comparación a los resultados de las estaciones 2 y 3, es debido al cambio en la tecnología de tratamiento, pero no es en ningún caso un mal dato analítico.

Conductividad Eléctrica - Se muestra un cierto incremento de la C.E. que comporta un ligero incremento de la salinidad en el agua, en parte atribuible a la evaporación, pero este se ve sobre todo en los análisis de octubre, después de estar el sistema varios meses sin recibir agua residual por el periodo vacacional de verano. Faltan los datos de analíticas posteriores, pero en conversación con la Oficina de Residuos se nos ha comentado que con el funcionamiento normal, estos datos han bajado a los niveles anteriores.

D.Q.O. y D.B.O.5 - Estos parámetros nos dan idea de la cantidad de materia orgánica contenida en el agua, y son ambos muy positivos, a este nivel cabe destacar el 90, 84 % de eliminación de la D.B.O.5 observado durante el primer año de funcionamiento.

Clorinidad- Destaca de este dato la gran cantidad de cloro que llega con el agua residual, y especialmente los datos obtenidos en enero, pero estos se deben de separar del resto al corresponder a la carga de la depuradora con agua de riego (en gran parte proveniente de aguas recuperadas de Barranco Seco) y no al agua residual generada en la Universidad.

En este sentido convendría conocer los datos de el segundo año de funcionamiento, para poder sacar conclusiones.

Esta clorinidad contribuye en gran medida al incremento de la conductividad eléctrica del agua, pero convendría ampliarlo con analíticas de la concentración de sodio y otras sales que afectan a la conductividad del agua (aún que luego difieren en los efectos en los sistema de tratamiento y respecto al medio).

Fosfatos - Aunque a lo largo del año no se obtiene una reducción significativa de los fosfatos, si se ve una cierta estacionalidad, con acumulación de los mismos en el periodo invernal y eliminación en primavera y verano. En cualquier caso se requeriría del apoyo de otras medidas adicionales como la cantidad de fósforo total para poder determinar correctamente la evolución de este elemento en el sistema.

Nitrógeno - A este elemento se refieren los datos de amonio, nitritos y nitratos, de estos cabe destacar el alto grado de eliminación del amonio (que es el producto nitrogenado más problemático) y esta degradación comporta el incremento de los siguientes productos nitrogenados en el ciclo de degradación como son los nitritos y los nitratos. Se requeriría asimismo de las medidas de nitrógeno total para poder analizar bien el funcionamiento en este apartado, pero se consideran buenos los resultados obtenidos.

Carbono - La eliminación de un 30% del carbono total y sobre todo la eliminación de un 59% del carbono orgánico son un muy buen dato referido al funcionamiento del sistema de tratamiento.

En general, con los datos disponibles, podemos concluir que el funcionamiento del sistema es aceptable como sistema de tratamiento, pero debemos insistir en la continuidad de las analíticas, así como en la adaptación de estas a otros parámetros estándar de depuración, como son las cantidades de patógenos, el nitrógeno y el fósforo totales, que permitirían una mejor comparación con los otros sistemas potenciales, así como convendría una mejor determinación de los volúmenes totales tratados.

Ver anexo IV

#### **1.1.4- Consumos del Campus de Tafira**

Los datos que se presentan a continuación están extraídos del control de consumo realizado por la Oficina Técnica de la U.L.P.G.C. durante el periodo comprendido entre septiembre de 1997 y junio de 1998, a partir de la instalación de diferentes contadores en las principales líneas de suministro del Campus.

Como se comentará con más detalle básicamente se observan dos carencias de cara a la fidelidad de los datos obtenidos.

La primera es que algunas de las líneas de abasto monitoreadas son utilizadas tanto para el abasto de instalaciones como para riego, con lo que queda relativamente falseada la información aportada de consumos. Asimismo se nos informó desde la Oficina Técnica de la posibilidad de pérdidas no detectadas en la red de abasto, que relativizarían la exactitud de las mediciones en general.

El segundo aspecto destacable es que la misma oficina detectó probables errores de lectura en los contadores, debido a la presencia de sales que alterarían el volumen medido.

Por estos motivos en el año 1998 se paralizó el estudio y el monitoreo de contadores, tanto por los problemas detectados, como por que ya había concluido uno de los aspectos clave de su instalación, que era el corroborar los consumos achacados al Campus por la empresa suministradora de agua al Campus.

En cualquier caso estos datos aportarían unos consumos de referencia sobre los que se realizará el estudio general.

Estos se contrastarán con estándares de consumo y otros datos disponibles para establecer en la medida de lo posible los usos consumos y captaciones de agua en el Campus, así como la estimación de la generación de aguas residuales generadas en el Campus y su clasificación según calidad y composición.

#### **- Resultados obtenidos del estudio:**

Los datos detallados obtenidos en el estudio de consumo llevado a cabo por la Oficina Técnica se pueden consultar en el anexo III.

En este estudio se presentan los resultados de cada medición, se calculan los volúmenes diarios y se separan los diferentes contadores en cuatro bloques, que corresponden a :

- Edificios educativos en funcionamiento
- Servicios de la Universidad (como el polideportivo o los comedores)

- Contadores de agua destinada a jardinería
- Instalaciones en construcción durante el periodo en el que se realizó el estudio

En la parte inferior se hacen los sumatorios de edificaciones, riego y totales (edificaciones más riego) de los que se extrae la media diaria de consumo en el Campus.

Asimismo se comparan estos datos con los obtenidos en el contador general del Piquillo, lo que permite estimar la cantidad de agua que o bien se ha utilizado para el riego de zonas ajardinadas o bien se ha malogrado por pérdidas en la red de abasto.

Esta serie de datos se resumen en las siguientes tablas , calculando los totales tanto para el periodo de estudio (de 330 días) como en su extrapolación a un año (365 días). Todos los datos de las tablas están indicados en m<sup>3</sup>.

#### Tabla 1.16- EDIFICIOS EDUCATIVOS

#### Tabla 1.17- SERVICIOS UNIVERSIDAD

#### Tabla 1.18- JARDINERÍA CON CONTADOR

#### Tabla 1.19- INSTALACIONES EN CONSTRUCCIÓN

A continuación se presentan los totales de consumo y se comparan con el contador general del Piquillo. \_

#### Tabla 1.20

En los anteriores datos, hay varios aspectos que se pueden resaltar, uno de ellos, las diferencias en consumos por alumno en función de las facultades, se comentará en el próximo apartado. También es destacable la poca relevancia de los datos de edificios en construcción, puesto que los consumos obtenidos pertenecen a periodos de obras y por consiguiente no son representativos de los consumos que se puedan obtener una vez estén en funcionamiento las citadas instalaciones.

Es destacable, así mismo, que dos contadores de riego (los jardines de la Casita Semai y de los jardines de empresariales) no presenten consumo, a pesra de haber tenido los

jardines en funcionamiento en el periodo estudiado, lo que nos lleva a considerar que estas jardinerías se realizaron bien desde otros contadores, bien desde líneas de agua sin contador.

A un nivel más específico, lo más destacable de los anteriores datos son las estimaciones que se puedan hacer de los consumos de agua para riego.

A este nivel, el riego monitorizado a través de contadores es de solamente 14, 2 m<sup>3</sup>/día, mientras que la diferencia entre el agua contabilizada por los contadores de edificaciones y el contador general es muy significativa.

Según estas estimaciones, se considera un volumen anual de agua igual a 66.670 m<sup>3</sup>, que se debe atribuir a las pérdidas en red y al agua utilizada para riego.

A pesar de que no se deben desestimar las posibilidades de pérdida en red, en el estudio hidrogeológico, parte de este consumo se debe sin duda al uso de agua de abasto para riego.

En el resumen anual se estima que esta (riego más pérdidas) alcanza el 57% del total del agua consumida. Si bien, como se ha dicho, esto incluye error tanto por las pérdidas de red como por las deficiencias de los contadores, no es menos cierto que la variación del porcentaje de agua de este bloque se corresponde con las peculiaridades climáticas de la isla de Gran Canaria, disminuyendo el porcentaje en los periodos menos secos (invierno) e incrementándose en los periodos más secos del año.

Así, si bien el promedio anual es del 57%, como se ha comentado, a lo largo de las cinco diferentes mediciones se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 1.21

<b>Periodo de datos de los contadores</b>	<b>Porcentaje no contabilizado sobre consumo total</b>
Del 31/10/97 al 9/12/97	89%
al 7/01/98	52%
al 16/03/98	43%
al 13/05/98	51%
al 1/10/98	64%

Estos resultados nos llevan a la conclusión de que una parte significativa de este consumo se ha destinando a riego de zonas ajardinadas, puesto que a pesar de la variabilidad que presentan, se correlacionan bien los periodos de mayor porcentaje no contabilizado por contador con las épocas de mayor sequía ambiental o mayor rigor climático.

#### - Proyección de los consumos

Tal y como se ha dicho, en el apartado anterior se han considerado los consumos medidos en la Universidad en el periodo analizado durante el curso 97/98.

En consecuencia estos valores deben de adecuarse tanto a la realidad actual del Campus (algunas instalaciones en obras ya están en funcionamiento y se ha modificado el número de alumnos) como a la proyección futura prevista para el mismo.

Además los datos anteriormente obtenidos se pueden estudiar en función de la población, lo que nos da una mayor información y nos indicará posibles inexactitudes.

A este nivel, en la tabla 1.22 se presentan los datos anteriores relacionados con el número de alumnos de cada uno de los edificios, y en la tabla 1.23 se sintetiza el número de alumnos en el periodo de estudio, y se compara con las previsiones actuales.

#### Tabla 1.22- Consumo por edificio/ por alumnos en el año 1999/2000

Referente a esta tabla cabe destacar varios aspectos. Uno importante es que la misma está elaborada sólo con los consumos de los edificios, y no se han incluido los consumos realizados en los comedores centrales ni en el polideportivo, etc. que será en todo caso el consumo por estudiante a utilizar a nivel de cálculo, y que eleva el promedio de consumo por alumno y día a 13,21 litros. A este nivel, en el punto 1.2.4 se estima un consumo de unos 15 l por estudiante y día, lo que se ajusta más a este cálculo.

Otro aspecto a destacar son las medidas extremas, tanto por máximo consumo (Telecomunicaciones y Ciencias Básicas) como por mínimo consumo (Jurídicas e IEFC).

De los dos máximos de consumo, se puede deducir que seguramente se ha utilizado parte del agua del contador para riego de zonas ajardinadas, y que presumiblemente este es el motivo del significativo aumento del consumo observado.

En lo referente a los dos mínimos, estos son en sí poco creíbles y seguramente se deban a un mal funcionamiento de los contadores de medición del caudal consumido (especialmente en lo que se refiere a Jurídicas) o a otras anomalías no concretadas.

Aún así, cabe separar la medición del IEFC, puesto que si bien este consumo se detecta anómalamente bajo, se tiene que considerar que aquí no está incluido el consumo medido en las instalaciones deportivas, donde pasan parte de las horas lectivas y hacen el máximo consumo (duchas, etc.).

En cualquier caso estos cálculos son meramente orientativos, puesto que se ha utilizado información que no coincide exactamente en el tiempo, como es el consumo, calculado en el curso 97/98 y el alumnado, que corresponde al periodo 99/00.

Esta corrección hace incrementar el consumo por alumno y día, a los 13,21 l/alumno y día antes comentado.

A partir de estos datos de consumos promedios, podemos hacer una extrapolación a los consumos estimables para la situación actual del Campus y a su proyección futura (principalmente al incremento derivado del traslado de las facultades de Humanidades).

Así, a continuación se resumen estas proyecciones:

Tabla 1.23

Total de alumnos en el curso 97/98	<b>13.967</b>	alumnos
Consumos totales del periodo 97/98 (anualizado a 365 días)	<b>67.340</b>	m3/año
Consumo por alumno y día	<b>13,21</b>	l/alu. y día
Consumo por alumno y año	<b>4.821</b>	l/alu. y año
Previsión de alumnado (población actual + Humanidades)	<b>19.596</b>	alumnos
Previsión de consumo del Campus	<b>94.479</b>	m3/año
Incremento de la demanda de agua respecto al curso 97/98	<b>28,73</b>	%

Estos datos serán pues los que utilizaremos de cara al estudio de gestión del agua en el Campus, puesto que si bien hay algunos aspectos que podrían hacer disminuir esta cantidad (como es que se incluyen riegos de jardinería y de servicios generales, o la misma efectividad de las medidas de gestión y ahorro de agua), también hay otros que tenderían a elevarla, como es el crecimiento en nuevas instalaciones como la mediateca o la entrada en uso de la residencia de estudiantes, y el incremento ya previsto de las zonas ajardinadas.

#### - Valoración económica del consumo de agua

Obviamente, uno de los principales aspectos de evaluación de la idoneidad del proyecto de gestión integral del agua, será el estudio de las implicaciones económicas del mismo, lo que dará una medida del ahorro obtenido y de las posibilidades de autofinanciación de las obras, o dicho de otro modo, evaluar en que medida el ahorro en consumo de agua y el consiguiente ahorro económico, financian las infraestructuras necesarias para el tratamiento y la reutilización del agua residual.

A priori, el que se haya detectado que aproximadamente el 57% del agua adquirida se destina a riegos o se pierde, ofrece un buen margen para la implantación del presente proyecto.

Así, a un nivel muy esquemático, podríamos estimar, que si se depurase y reutilizase el agua consumida en las instalaciones, esta cubriría prácticamente la demanda de riego, con lo que significaría a grandes números un ahorro de hasta el 50 % en la factura anual del agua del Campus de Tafira.

En el punto 1.2.4, se comenta un poco mas detalladamente este análisis, y en cualquier caso será una línea interesante e importante de estudio de la implantación del proyecto.

En este punto, simplemente haremos una extrapolación simple de la factura del agua para contar con ciertos órdenes de magnitud que nos ayuden a preevaluar el proyecto.

En este sentido, de los datos aportados por la Oficina Técnica referentes a su relación contractual con EMALSA, empresa suministradora del agua del Campus, podemos extraer el precio del metro cúbico del agua en el año 2000.

Según la facturación, la ULPGC pagó por m3 de agua de abasto un total de **348 pts./m3**, que corresponden a **2,09 €/m3**. Si a este precio le añadimos un 3% de incremento anual de la inflación (aprox) a precios del año 2003 el coste del m3 de agua se sitúa en **2,28 €/m3**.

Según este precio estimado, la factura anual del agua en el momento de previsión de población desarrollado en los puntos anteriores, la factura anual del agua se situaría en:

$$\mathbf{94.479 \text{ m}^3/\text{año} \times 2,28 \text{ €/m}^3 = 215.765,75 \text{ €/año}}$$

Que corresponderían a 35.900.400 pesetas.

Según esta primera aproximación, podríamos concluir que de reutilizarse el agua utilizada en las instalaciones y depurada, para el riego, y estimando que este representa actualmente algo más del 50% del volumen total consumido, se podría esperar un ahorro de hasta 107.882,87 €/año, que deberían de amortizar en un plazo más o menos largo las inversiones previstas en el presente proyecto.

## 1.2- Datos generales

### 1.2.1- Estructuras generales del Campus de Tafira

#### **- Edificaciones**

Las edificaciones del Campus tienen importancia en cuanto que estructuras impermeables dentro del Campus. Esto será importante de cara a la captación de aguas, puesto que los tejados permiten la recogida de agua de alta calidad (no hay residuos de hidrocarburos u otros como en el caso de los viales) y de alta eficiencia, puesto que al ser completamente impermeables permiten un alto rendimiento en la recogida de agua incluso con lluvias débiles.

A continuación se presenta un cuadro con una serie de edificaciones con sus correspondientes superficies de captación:

Los edificios se pueden agrupar en una serie de grupos funcionales, en función de su situación, cota de emplazamiento y vertientes de transporte del agua por gravedad. Estos grupos serían los siguientes:

- 1- Educación Física e Ingenierías
- 2- Seminario y Arquitectura
- 3- Ciencias Básicas , Informática y Matemáticas
- 4- Biblioteca cc. Económicas y Jurídicas
- 5- Residencia de estudiantes
- 6- Humanidades

Tabla 1.24

En una primera aproximación el potencial de captación de agua en los tejados edificados es de 56.955 m<sup>2</sup> x 318 mm de lluvia/m<sup>2</sup> y año = **18.124 m<sup>3</sup>/año** de los cuales serían aprovechables entre el 45 y el 60 por ciento según las intensidades de lluvia y las precipitaciones totales por día de lluvia.

Actualmente parece que los únicos edificios en los que hay instalación de captación de las aguas pluviales mediante sumideros y canalones son los de Ciencias Básicas, Matemáticas e Informática, que se vierten directamente a la balsa de riego emplazada en el parking. El resto de edificios, si cuentan con sistema de captación este no es aprovechado y se dirige hacia las líneas de evacuación de aguas pluviales.

Es altamente recomendable estudiar las posibilidades de dotar a todos los edificios con sistemas de captación y conducción independiente del agua de lluvia (sin mezclarla con aguas residuales) y su encauzamiento hacia puntos de recogida y almacenamiento, aún que esto se puede hacer conjuntamente con las recogidas de pluviales de asfalto y zonas pavimentadas (aún que estos pueden presentar una mayor concentración de impurezas, por ser zonas de tráfico, etc. son también de alta calidad para usos como el riego, máxime si reciben un cierto tratamiento).

Las edificaciones de nueva construcción deberían de contar todas ellas con sistemas de captación de aguas pluviales de tejados y pavimentos y su recogida en zonas de captación de aguas pluviales.

Es especialmente importante la captación de aguas pluviales en el caso del Campus de Tafira, puesto que estas aguas tienen un muy bajo contenido en sales y esto puede resultar una ayuda capital para la buena gestión del resto de aguas que se utilizan para el riego, tanto si proviene de aguas de abasto depuradas (contenido en sodio medio y alto en cloro y otras sales) como si es recuperada de la depuradora de Barranco Seco (contenido alto en sales y cloro). A este nivel son tan importantes estas aguas de tejados como las recogidas de viales y pavimentos.

### **- Pavimentos y usos del suelo**

Como se apuntaba en el punto anterior, las zonas pavimentadas, junto a las edificaciones, constituyen las zonas impermeables del Campus y precisamente por esto ofrecen una buena oportunidad de captación de aguas pluviales a bajo coste.

Estas superficies impermeables incluyen las calles asfaltadas, aparcamientos asfaltados dentro del Campus y las zonas de aceras, patios enlosados, etc. que circundan los edificios del Campus.

Esta agua es de menor calidad que las captables directamente de tejados, puesto que pueden arrastrar compuestos relativamente contaminantes como aceites o restos de hidrocarburos de los coches, etc. En cualquier caso no se considera que esta contaminación tenga que ser significativa y se pueden tomar medidas preventivas desde su captación, como sistemas de separación de flotantes para la eliminación de grasas y aceites, desbastadores y la implantación de vegetación acuática en los estanques de recogida (las plantas acuáticas ayudan a la degradación de la materia orgánica contenida en el agua y son capaces de captar y degradar compuestos tóxicos)

En la actualidad sabemos que está previsto modificar algunas de estas superficies en los proyectos de adecuación del Campus en un futuro próximo, como es el incremento de superficies pavimentadas en la zona del intercambiador de transportes públicos o la posibilidad de que se elimine alguna de las zonas de aparcamiento actuales dentro de las medidas encaminadas a la racionalización del transporte en el Campus.

En cualquier caso la superficie total pavimentada en la actualidad, sin tomar en cuenta estas observaciones, es de **112.718 m<sup>2</sup>** que multiplicado por 318 mm de lluvia /m<sup>2</sup> y año aporta un potencial de captación de aguas pluviales de **35.844 m<sup>3</sup> anuales**.

### **- Viales y zonas de influencia**

Los viales y caminos del Campus tienen una importante influencia en la captación y conducción de las aguas pluviales del mismo. A este nivel los más importantes son los que discurren más o menos paralelos a las curvas de nivel, puesto que son los más adecuados para captar y conducir las aguas pluviales.

Sería importante que todos estos contasen con cunetas capaces de transportar el agua recogida bien a puntos de almacenamiento, bien a la red de recogida de aguas pluviales.

A nivel de las zonas de influencia, en el presente estudio consideramos principalmente las áreas impermeables (edificadas o pavimentadas) aunque en periodos de lluvias más o menos intensas también se podría recoger el agua de escorrentía de otras áreas no pavimentadas. A este respecto, las áreas donde es más fácil que se produzca un transporte de agua por superficie serían por este orden:

- zonas silvestres de Inerptisoles (especialmente en los alrededores del camino del Salvago)
- Zonas ajardinadas (dependiendo de la cobertura del suelo)
- Zonas cultivadas y de tierras removidas.

En la actualidad se pueden observar algunas cárcavas en las inmediaciones del edificio de arquitectura y en la zona central de la vaguada que forma el perfil del Campus, aunque estas seguramente están más motivadas por la no captación del agua en zonas pavimentadas en cotas superiores que por la capacidad del suelo para retener las lluvias de cierta intensidad directamente caídas.

En principio el contenido arcilloso de los suelos presentes favorece la captación y retención de las aguas pluviales en el mismo, aunque esta capacidad de retención se puede ver reducida por procesos de "Splashing" que incrementaran la impermeabilización de los mismos y facilitarían la escorrentía, máxime en las zonas faltas de cubierta vegetal.

El splashing se puede dar cuando las gotas de agua de lluvia inciden con cierta fuerza sobre suelos desnudos, provocando la disgregación mecánica de agregados del suelo que generan una capa impermeable en superficie, que impide la captación de agua en estratos inferiores con capacidad para captarla y almacenarla, favoreciendo la escorrentía a la infiltración.

### **1.2.2- Estructuras hidráulicas**

#### **- Redes de abasto y recogida**

En la actualidad el Campus cuenta con redes de abasto y recogida en todas sus instalaciones. A continuación pasamos a detallar el estado de cada una de ellas:

#### **La red de abasto**

Esta, de diferente antigüedad según los edificios presenta básicamente cuatro aspectos sobre los que centrar la atención:

- 1- Estado de la canalización y pérdidas en red
- 2- Contabilización de los consumos por sectores bien definidos

A continuación detallaremos estos diversos aspectos

#### **1- Estado de la canalización y pérdidas en red**

El estado de conservación de las instalaciones no es en estos momentos bien conocido, aunque una parte importante de las mismas está construida a partir de la década de los

noventa, y por tanto es relativamente actual y se le puede suponer un buen estado de conservación.

A pesar de esta consideración, en el estudio hidrológico se estiman unas pérdidas de agua por conducción de en torno al 15 % (+/- 10%). Esta estimación no es extremadamente alta debido a la poca antigüedad de las redes (en ciudades se estima entre un 25 y 35 % de pérdidas por red), pero seguramente será superior en áreas de red más antigua.

En cualquier caso será un aspecto interesante a considerar de cara a una buena gestión de este recurso.

## 2- Contabilización de los consumos por sectores bien definidos

Otro aspecto de capital importancia es la contabilización, lo más ajustada posible, de los consumos en cada uno de los sectores del Campus. En este sentido cabe destacar el esfuerzo realizado por la Oficina Técnica del Campus para tener datos fiables de consumo durante el periodo 97/98. En cualquier caso estos datos, comentados en el punto 1.1.4 muestran una gran heterogeneidad.

Sería muy importante reanudar el esfuerzo de cálculo de consumos lo más detalladamente posible por diferentes aspectos:

a- Los datos obtenidos en el periodo estudiado, a pesar de su importancia, presentan importantes lagunas (en parte debido al fallo de alguno de los contadores, por presencia de sales en el agua y otros ). Asimismo en algunos sectores se contabilizaban conjuntamente los consumos por instalaciones de la Universidad con consumos de jardinería y otros que alteraban significativamente los resultados obtenidos.

b- Un estudio detallado de los consumos a lo largo de los años, es la mejor herramienta para detectar y solventar los problemas de pérdidas en red.

c- El estudio debería de realizarse lo más detalladamente posible, para diferenciar entre los diferentes edificios/facultades y sobre todo para diferenciar los consumos de usos de la Universidad con otros usos como riegos o limpiezas.

d- Tener estos datos de forma continuada, será fundamental de cara a evaluar todo el plan de gestión integral del agua en el Campus, desde la efectividad de los mecanismos de ahorro, las mejoras en red, los diferentes tipos de riegos utilizados, etc. constituyendo uno de los principales y mas potentes ecoindicadores del desarrollo del proyecto (ver punto 2.9.2)

## **Red de recogida de aguas**

Este apartado es un factor clave dentro del proyecto, puesto que será la red que permitirá la recogida de aguas pluviales, tanto de edificios como de pavimentos y escorrentias, y su transporte hasta los puntos de almacenamiento y posterior utilización.

El estado de la red de recogida de aguas es sensiblemente mejor que el de la red de abasto.

En este apartado cabe diferenciar entre la red de saneamiento (captación y transporte de aguas residuales) y a red de recogida de aguas de lluvia.

Referente a la primera, la red de saneamiento, esta se encuentra en buen estado de definición en planos y de conservación en los puntos observados de la misma. Cubre adecuadamente todas las instalaciones presentes en el Campus, siguiendo aproximadamente el trazado de los principales viales.

A esta llegan parte de las aguas residuales generadas en la urbanización situada en la entrada al Campus en dirección Las Palmas, así como las aguas residuales generadas en la urbanización de Zurbadan (ubicada dentro del Campus). Esta red va en sentido Sur-Norte siguiendo la pendiente del terreno y terminando en el límite del barranco del Guiniguada dónde se conecta a la red general de saneamiento de la ciudad de las Palmas. (Ver plano adjunto).

Además, la mayor parte del Campus cuenta asimismo con una red paralela de recogida de aguas pluviales, aunque esta actualmente se encuentra incompleta en ciertos puntos, y por su falta de utilización acaba vertiendo a la red general de saneamiento.

En cualquier caso es destacable el esfuerzo y previsión para el futuro en el diseño de esta red, puesto que con pequeñas modificaciones, representa una muy interesante contribución al presente proyecto.

Esta red de recogida de aguas de lluvia ofrece muchas y significativas oportunidades como son:

- El separar las aguas pluviales de las aguas residuales permite que en periodos de lluvias fuertes, estas aguas limpias no se mezclen con las aguas residuales, permitiendo un mejor funcionamiento de la depuradora municipal de Las Palmas, a la vez que permite recuperar una agua limpia y de alta calidad.
- La red se encuentra prácticamente preparada para desconectarse de la red de saneamiento bajo coste y una mínima obra.
- El hecho de haber considerado la instalación de esta red desde el inicio de la urbanización del Campus revierte en un muy importante ahorro económico de cara a plantearse la recuperación y utilización de las aguas pluviales.

Convendría, consiguientemente, estudiar las reformas necesarias para su separación definitiva de la red de saneamiento, así como un estudio de detalle de sus cotas para estudiar los puntos más adecuados para realizar una captación de aguas pluviales en estanques, de transporte por gravedad (sin requerimientos de bombeo)

Estas estimaciones de detallan en el punto 2.3

### **- Embalses de agua**

La vega de Tafira, donde está ubicado el Campus, ha sido históricamente un emplazamiento agrícola de gran importancia en la isla. Esto ha implicado la construcción de diferentes elementos que permitiesen el riego de los cultivos como son las acequias y cantoneras, y sistemas de recogida y almacenamiento de las aguas, tanto pluviales como de las suministradas por comunidades de regantes.

En los últimos 40 años parte de estas infraestructuras se han abandonado o eliminado por los cambios en los usos del suelo y la disminución de la actividad agrícola, así como por el desdén provocado por la posibilidad de suministrar agua bombeada a presión. Este conjunto de hechos ha implicado un cierto desprecio de las posibilidades de captación de aguas del propio Campus, que en la actualidad puede observarse como una pérdida de los potenciales del mismo.

Parte de este estudio de la gestión integral del agua en el Campus de Tafira, debe evaluar la posibilidad de retomar los usos y actitudes históricos, de cara a un uso más sostenible del elemento agua.

Algunos ejemplos que ilustran esta situación son:

- Aunque el Campus cuenta con una red separativa de aguas pluviales, estas se acaban vertiendo a la red general por falta de puntos de captación adecuados
- Es muy significativo el evaluar la situación histórica del Campus para darse cuenta de estos cambios (como se desarrolla en este punto)
- El abandono de las técnicas tradicionales de captación de aguas pluviales es bastante general en toda la zona nordeste de la isla, donde ha habido una pérdida de puntos húmedos que afectan a aspectos tan amplios como el cambio de rutas migratorias de aves, pérdida de puntos de nidificación, pérdida de biodiversidad de hábitats en las islas e incluso un cierto “empobrecimiento” cultural, al disminuir el sector relacionado con la gestión del agua a pequeña escala o técnicas constructivas propias como los estanques de arcillas, canales de captación de aguas, etc.

A continuación se presenta un cuadro en el que se detallan la situación y volumen de los estanques presentes en el área del Campus en diferentes momentos, primero los que había en la década de los cincuenta, obtenidos aproximadamente a partir de planos históricos. En segundo lugar los estanques existentes en la actualidad y sus características y finalmente los estanques propuestos en el presente proyecto.

#### **Tabla 1.25- Estanques históricos desaparecidos**

#### **Tabla 1.26- Estanques actuales en el Campus**

A continuación se muestran fotografías de los citados estanques existentes en el Campus:

Foto 1.1- E1- Estanque redondo de Ciencias Básicas



Foto 1.2- E2- Estanque de la mediateca



Foto 1.3- E3- Estanque casa al lado del barranco

Foto 1.4- E4- Estanque grande orilla del barranco

---

Foto 1.5- E5- Estanque grande lado Campus



Foto 1.6- D1- Depuradora experimental



**Tabla 1.27- Estanques propuestos en la primera fase del proyecto**

A continuación se muestran fotografías de los citados estanques previstos en el Campus, y otros posibles emplazamientos:

Foto 1.7- E6- Jardines del Pensador



Foto 1.8- D2- Depuradora del estanque de barro

Foto 1.9 - Parking inferior del Campus



Algunos de estos datos son aproximados, como por ejemplo las profundidades de los estanques actualmente desaparecidos o sus áreas, pero en cualquier caso nos permiten hacernos una idea de las magnitudes.

Así, el total de estanques que existían históricamente en el Campus son los que se relacionan a continuación:

E1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13

Estos totalizaban en conjunto **15.334** m<sup>2</sup> de superficie y **32.223** m<sup>3</sup> de agua

En la actualidad se encuentran en funcionamiento los siguientes estanques:

E1,2,3,4,5 y D1

Estos suman en total **3.489** m<sup>2</sup> de superficie y **8.533** m<sup>3</sup> de agua, que representan respectivamente el 22% de la superficie y el 26% del volumen histórico.

Los estanques previstos en una primera fase del proyecto son E6 y D2 que suman **6.115** m<sup>2</sup> y **8.481** m<sup>3</sup>.

Si sumamos estas cantidades a los estanques actuales, totalizan **9.604 m<sup>2</sup>** y **17.014 m<sup>3</sup>**, que representan respectivamente el 62% de la superficie y el 52% del volumen con los que contaba históricamente la vega en la que se halla el Campus.

### **- Redes de riego**

En cuanto a la red de riego cabe diferenciar dos grandes bloques. De un lado tenemos la red de riego actualmente utilizada para el riego de las zonas ajardinadas del Campus, y de otro lado las infraestructuras tradicionales de riego agrícola, parte en funcionamiento y parte degradadas, que incluirían las acequias y cantoneras, los machos crudos (la mayoría abandonados) y las balsas y otras estructuras de almacenaje y gestión del agua de riego y de lluvia.

#### La red de riego de jardinería:

Referente a la red de riego de jardinería, cabe destacar que se ha estado haciendo una importante labor de racionalización de las instalaciones en los últimos años, lo más destacable de lo cual ha sido la centralización de todo el riego del Campus desde los alrededores de la balsa circular anexa a los edificios de Ciencias Básicas.

El agua utilizada para el riego, es en la actualidad de diferentes procedencias:

- Aguas de abasto (seguramente su mayor parte)
- Aguas de la comunidad de regantes
- Aguas de lluvia (testimoniales, puesto que solo se recogen parte de las cubiertas de Ciencias Básicas, y no los pavimentos ni cubiertas de otros edificios)
- Aguas recuperadas de Barranco Seco II, aún que estas se intentan minimizar por un bajo nivel de confianza en la calidad, sobre todo de contenido de sales que provoquen una salinización del suelo (Na<sup>2+</sup>) y otras sales como el cloro.

En el apartado de consumos se intenta hacer una cierta aproximación de los valores de cada una de estas fuentes, aunque de forma aproximativa, debido a la carencia de datos concretos.

A nivel de red, se pueden considerar válidas las infraestructuras existentes, a la vez que el riego centralizado desde un punto facilita la gestión y el control del mismo.

Otro aspecto que se deberá considerar es la tipología de diferentes tipos de riegos presentes en el Campus y su idoneidad de cara a un uso sostenible del recurso agua.

A este nivel conviene diferenciar entre tipos de riegos y sus consumos, bien sean por goteros, aspersores o mediante manguera, a la vez que será necesario evaluar la idoneidad del sistema escogido respecto del tipo de jardinería a irrigar, y muy estrechamente ligado a este punto, la elección de tipos de jardinería adecuados a las características climatológicas del Campus y a las posibilidades de riego que se deriven del estudio detallado del ciclo del agua (Ver punto 2.5)

En el estudio Climático y Bioclimático de Javier Estévez Domínguez, se asumen una serie de estándares de riego que pasamos a detallar, obviamente estos datos son bibliográficos y aproximativos, pero nos permitirán una aproximación de escala a la situación actual.

	l/m2 y semana	l/m2 y año
Riego de césped por aspersión	60	3.120
Riego de plantas, arbustos y árboles por goteo	30	1.560
Riego de zonas con manguera	80	4.160

De esta aproximación los autores del informe extraen una cantidad promedio del riego de jardines del Campus de 10.416 l/m2 y año, valor que incluiría el riego y las pérdidas de conducción, etc.

Aunque parece que este valor sea erróneo, hasta la fecha no se ha podido contactar con los autores para comentar la metodología empleada para llegar a tales conclusiones, pero a pesar de estas premisas es evidente que el riego de la mayor parte de la jardinería del Campus es uno de los mayores consumidores de agua del mismo. A nivel comparativo podemos referirnos a las estimaciones de consumo de agua para riegos agrícolas (principalmente patata, que es un cultivo bastante requeridor de riego) a la que le suponemos unos consumos de unos 1.394 l/m2 y año.

Aún suponiendo que el consumo de agua para riego fuese de un 40 % del estimado en el mencionado estudio, es decir 4.166 l/m2 y año, no deja de ser espectacularmente elevado.

Obviamente no todos los tipos de jardinería requieren igual cantidad de riegos, y ya actualmente se ha empezado a probar con éxito el uso de técnicas de Xerojardinería en el propio Campus (Como el uso de especies autóctonas, la sustitución del césped por parterres de picón de diferentes colores, etc.)

En cualquier caso estos aspectos se concretarán con más detalle en el apartado de jardinería, (ver punto 2.5).

Otro aspecto que se tomará en consideración respecto del agua utilizada para jardinería será el estudio de incluir en ella el agua depurada del propio Campus en las depuradoras previstas, y el estudio de como limitar las entradas de agua comercial del exterior del mismo (tanto de agua recuperada de barranco seco II, como de regantes , como de abasto, que aún se está utilizando en parte en la actualidad para riegos)

### La red de riego tradicional

Tradicionalmente el Campus ha contado con una red de riego por canales, machos crudos y cantoneras. Esta red se mantiene parcialmente en uso para los transportes de agua a las zonas en las que se mantiene la jardinería, con diferentes estado de conservación y de pérdidas de agua.

El principal circuito que se mantiene en funcionamiento es la red de canales y cantoneras que transita colindante al límite del Campus con el barranco del Guinguada, que si bien ya no se utiliza para el riego tradicional a manta, se mantiene como sistema de transporte del agua de regantes y del agua recuperada de Barranco Seco, hasta los puntos de almacenaje, desde los que se riegan las superficies cultivadas mediante bombeo.

Este sistema tradicional, constituye en cualquier caso un ejemplo en bastante buen estado de conservación de los usos históricos canarios de la gestión del riego, que abarca las técnicas de construcción de canales, balsas de desarenado y balsas de acumulación,

así como una importante red de cantoneras que ejemplifican las maneras tradicionales de distribuir y contabilizar el agua entre los diferentes regantes, y por este motivo se ha destacado ya como elemento constructivo, tanto en el estudio previo del Campus como en consideraciones posteriores.

En este sentido, cabe destacar que ya se han empezado contactos con el Consejo Insular del Agua de Gran Canaria de cara a recuperar y reparar tanto los canales como las cantoneras (contándose actualmente con un plan en marcha financiado en parte por el mencionado organismo). Es de destacar esta colaboración del Consejo Insular de Aguas con la oficina del proyecto ambiental del Campus y la propia U.L.P.G.C. Así como las posibilidades de integrar esta serie de elementos en los sistemas de recogida y transporte de aguas en el propio Campus, que se deriven del presente proyecto.

Esto incluye en la medida de lo posible (principalmente limitado por las cotas) del uso del sistema de canales para el transporte del agua recogida de lluvia hasta los embalses de almacenamiento, así como incluso la construcción de nuevos canales de transporte abierto y en superficie de cara a conectar a este sistema nuevos puntos de recogida, a partir de la red de aguas pluviales. En este sentido, sería necesario contar con un estudio de cotas lo más exacto posible de las profundidades de las diferentes conducciones de aguas residuales y pluviales ya instaladas en el Campus, para poder estudiar las posibilidades de transporte pasivo de estas a los diferentes embalses de captación ya construidos y a fijar la mejor ubicación para los de nueva construcción.

### **- Otras problemáticas detectadas, relacionadas con el agua**

A parte de los aspectos comentados en los puntos anteriores creemos conveniente destacar otros tres aspectos que atañen a problemas relacionados con el agua en el Campus:

#### 1- Los palmerales tradicionales

En el Campus se encuentran una serie de palmerales de alto valor histórico, que se ubican siguiendo los límites de las parcelas de cultivo. Estos palmerales tienen interés desde diversos puntos de vista, destacando la conservación de muchos ejemplares de palmera canaria no hibridada con la palmera datilífera, o la cantidad de ellas en un espacio al que confieren una cierta entidad propia.

Estos palmerales se desarrollaron a las orillas de los diferentes "machos crudos" (canales de tierra no impermeabilizados) que servían para irrigar la vega en la que se ubica el Campus, aprovechando para su desarrollo la humedad consecuente de su permeabilidad. Actualmente se detectan síntomas de un decaimiento de estos palmerales, debido a la falta de agua consecuente del abandono del riego "a manta" y el uso de los machos crudos por técnicas más eficientes como la aspersión (hay que recordar que las palmeras, son árboles que requieren grandes cantidades de agua para su desarrollo, y que aunque las observemos en climas áridos siempre es alrededor de puntos locales de humedad como manantiales, zonas de aguas freáticas, fondos de barrancos u oasis). Este efecto se ha visto acrecentado por la proliferación de edificaciones que ha comportado el desarrollo del propio Campus universitario, las

cimentaciones de los cuales interfieren en el transporte freático del agua de lluvia (y que se puede observar por los movimientos de las edificaciones debidos a las capas medias del suelo, en las que se encuentran grandes cantidades de arcillas muy expansivas como las bentonitas).

Debido a este estado de la situación, actualmente el palmeral se encuentra en recesión. A este nivel será necesario considerar medidas especiales de aporte de agua a estas zonas para la conservación de este bien histórico-biológico (Ver punto 2.4.3).

## 2- La salinidad del agua recuperada

Otro aspecto a destacar es la presencia de una cierta salinidad de sodio detectada en el agua recuperada de la E.D.A.R. de Barranco Seco, debido probablemente a la intrusión marina en zonas del alcantarillado de la ciudad de Las Palmas, a vertidos puntuales no controlados o a la dureza del agua de abasto. Aunque este problema es conocido por la administración competente, y que se han empezado a tomar medidas para su corrección, es difícil de subsanar totalmente y representa un problema de cara a una buena gestión de esta agua para el riego.

De hecho, tanto en el uso de riego para Campus como en los agricultores de la vega se ha intentado minimizar el uso de esta agua en favor del agua de regantes, que ofrece mayor calidad a este nivel, aunque es de esperar que con las nuevas medidas correctoras previstas en la E.D.A.R. de Barranco Seco se tienda a corregir este problema, y de hecho el presente proyecto anima al tratamiento de las propias aguas residuales generadas en el Campus, que no presentan esta problemática y que implicaría a medio plazo una menor dependencia de los aportes externos para cubrir las necesidades de riego.

En cualquier caso un factor importante referido a solventar este problema, así como el que se comenta en el punto siguiente, será la potenciación de la captación, almacenamiento y utilización de las aguas pluviales para el riego, mezcladas con las aguas recuperadas del Campus, de la E.D.A.R. de Barranco Seco y de la comunidad de regantes (o agua blanca), puesto que el agua de lluvia, al ser esencialmente “destilada” contiene unos muy bajos niveles de sales disueltas y puede ayudar a diluir los diferentes compuestos contenidos en las citadas aguas, mejorando la calidad y su aptitud para el riego sin poner en peligro de salinización los terrenos.

## 3- La dureza del agua de abasto y residual generada

Otro aspecto que consideramos importante de comentar es la dureza del agua de abasto y del agua residual generada en el Campus, aún que para determinar correctamente este problema, haría falta un análisis detallado del agua de abasto. Esta se debe en gran parte al origen de desaladora que tiene el agua de abasto en la que pueden quedar trazas de sodio, cloro y iodo contenido en el agua del mar, que disminuyen en cierta medida la calidad del agua.

El “problema” de estos compuestos es que son muy permanentes en el suelo, en el que se pueden ir acumulando con el tiempo, y que de llegar a concentraciones significativas, interfieren bien en el correcto transporte de los compuestos nutrientes en el mismo o provocan cierta toxicidad en las plantas y microfauna del suelo.

Asimismo se ha detectado puntualmente altas concentraciones de cloro en el agua residual, del que no se conoce con exactitud si su origen se debe a una excesiva

concentración de este elemento en el agua de abasto o si se trata de vertidos puntuales producidos en alguna instalación de la Universidad por algún mal uso de un laboratorio u otros motivos (el cloro es por ejemplo el compuesto principal de la lejía).

En cualquier caso, este problema sólo se ha detectado puntualmente y tiene una incidencia menor que la presencia de sodio comentado en el punto anterior, por lo que se considera de menor afectación (Ver punto 1.1.3).

### **1.2.3- Estudio de población en el Campus**

#### **- Densidades y usos**

Las densidades de utilización del Campus las podemos subdividir en los grandes bloques edificados. Así, podemos diferenciar entre los siguientes grupos, con las poblaciones por grupo que se indican a continuación en la tabla 1.28. En el plano adjunto se presentan estas poblaciones como círculos de área proporcional al número de habitantes, correspondiendo un área de 2 m<sup>2</sup> por estudiante.

Tabla 1.28

Además de estas poblaciones y consumos indicativos (ver punto 1.1.4 para mayor detalle), existen otros tres grandes centros de generación de aguas residuales que son el comedor central, la Biblioteca (en muy baja cantidad) y la residencia de estudiantes ( de la que no hay datos, por encontrarse en construcción en el momento del estudio de consumos del Campus).

Cabría aquí , también hacer referencia a otras instalaciones como son otros comedores distribuidos por diferentes facultades, pero que los consideraremos como parte del agua residual equiparable a la de origen humano, y especialmente los laboratorios y el tipo de funcionamiento de estos (tipos de análisis, posibles contaminantes específicos que comportan, líneas específicas de eliminación de residuos sensibles, etc.)

En principio esta información debería de estar disponible en los trabajos desarrollados por la Oficina de Gestión de Residuos del Campus, aunque no nos han podido detallar ni la ubicación ni la especialización de los laboratorios ni en consecuencia, si existen contaminaciones específicas y en que cuantía.

Como permite observar el plano de poblaciones al que se ha hecho referencia, los edificios detallados en la tabla, así como las otras instalaciones que se pueden agrupar en cuatro bloques básicos, con los siguientes criterios:

- Proximidad entre los edificios
- Redes de saneamiento comunes o comunicables a favor de la pendientes
- Proximidad a zonas utilizables para tratamiento de las aguas residuales
- Contaminación generada homogenizable

Siguiendo estos criterios los cuatro bloques básicos de generación de aguas residuales serían los siguientes:

### **Bloque 1**

Incluiría los edificios del Instituto de Educación Física de Canarias (IEFC), los aularios y edificios de Ingenierías, El comedor central y las instalaciones del polideportivo.

Las aguas residuales de estos diferentes elementos se canalizan a través de la conducción que pasa por la parte alta del camino del Salvago, permitiendo alcanzar la zona de ubicación de la depuradora experimental por gravedad.

### **Bloque 2**

Incluiría los edificios de Arquitectura, Pabellón y aulario de Telecomunicaciones, Ciencias Básicas e Informática.

Las conducciones de saneamiento de estos edificios discurren por gravedad siguiendo el pavimento de la calle que une la parte alta y la baja del Campus, permitiendo llegar por gravedad a la zona del estanque de barro.

### **Bloque 3**

Incluiría los edificios de Ciencias Empresariales y Jurídicas, además de la Biblioteca.

Esta zona ya queda por debajo de la cota del emplazamiento previsto para el estanque de barro. Las aguas se pueden colectar por gravedad en la parte más baja del Campus, junto a las del bloque 4.

### **Bloque 4**

Incluiría las nuevas edificaciones de Humanidades y la residencia de estudiantes.

Este bloque permite el uso como zona de tratamiento del área próxima al parking inferior del Campus o su captación conjunta con las aguas residuales del bloque 3.

En cuanto al consumo de agua por estudiante y a la contaminación que estos puedan generar, es muy difícil de valorarla con los datos existentes, debido a los problemas comentados en el punto 1.1.4, en referencia a la inexactitud de ciertas medidas de los contadores, a la variabilidad de usos del Campus (días que se come por alumno en instalaciones del Campus, días de asistencia y número de alumnos matriculados no asistentes, etc.)

Utilizando estimaciones aproximadas por usuario, se podrían considerar dos tipos básicos de utilización (por parte de los estudiantes y personal y comedores, a parte de laboratorios y otras instalaciones):

	número	consumo(l)	DBO5
- Alumnos que asisten al campo sin comer (85%)	16.657	15 l/día	15 g/día
- Alumnos que comen en el Campus (15%)	2.939	45 l/día	25 g/día

Según estos estándares, el consumo de agua por parte del alumnado del Campus sería de un total de 382 m<sup>3</sup>/día, lo que supera en casi el doble el consumo detectado en las contadores de consumo. Esto se puede deber a varios factores, destacando entre ellos, que no todos los alumnos asisten diariamente al Campus y la cultura tradicional del agua en Canarias, que puede significar un uso más racional de este elemento, así como la asistencia al Campus de muchos alumnos, sólo para media jornada, con lo que no tan solo no utilizan los comedores, sino que muchos usos de lavabos y otros servicios no se realizan en el mismo.

En cualquier caso estos consumos a partir de estándares sólo deben de considerarse como indicativos, ya que al contar con datos de contadores se puede realizar una aproximación más veraz (ver punto 1.1.4).

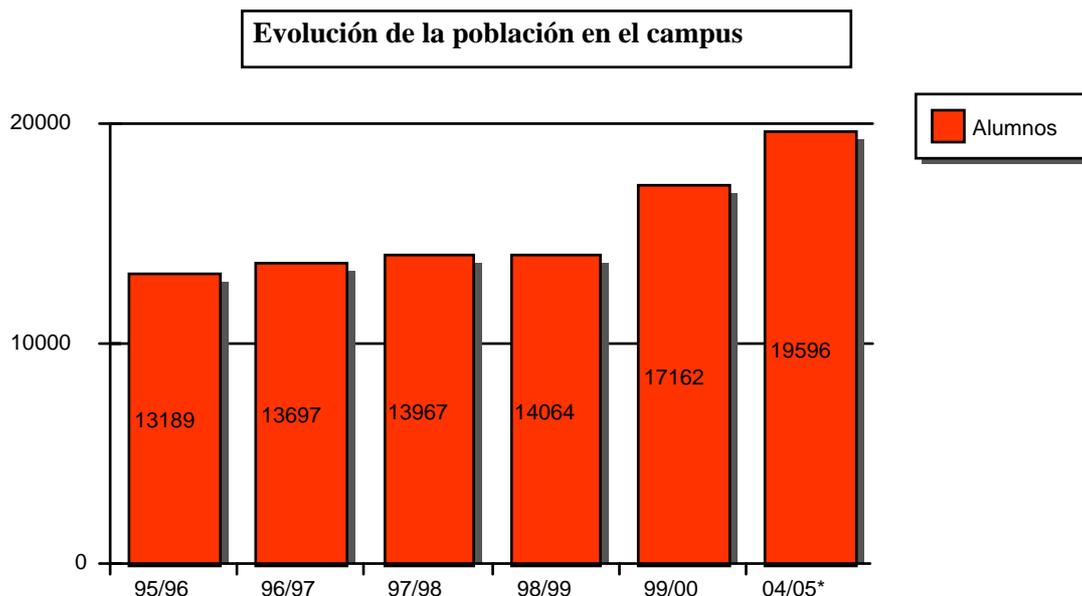
### - Proyección futura y dinámicas de población

En el curso **2001-2002** había inscritos en la U.L.P.G.C. un total de 17.162 alumnos en las facultades ubicadas en el Campus de Tafira.

En este momento se preveía el traslado de la facultad de Humanidades desde las instalaciones del Obelisco al Campus de Tafira, facultad en la que estaban inscritos un total de 2.434 alumnos.

A continuación se muestra un gráfico con la evolución de la población del Campus entre los años 1995 y 2000 y la previsión futura que se comenta en los párrafos posteriores.

Gráfico 1.8



Esto da un total de alumnos previstos en un futuro próximo (2 a 3 años vista) de 19.596 alumnos inscritos en las diferentes facultades del Campus de Tafira.

En comunicación con la Oficina del proyecto ambiental del Campus de Tafira, se ha considerado que este número de estudiantes es el adecuado para las proyecciones a corto y medio plazo, y es consiguientemente el valor que se utilizará en los cálculos de dimensionado de las instalaciones.

En concreto se han valorado diferentes tendencias de evolución de la población que se pueden separar en tendencias de crecimiento y de disminución.

Entre las tendencias de disminución del número de estudiantes, la principal es que ya han llegado a la Universidad los hijos del "boom" demográfico de los años 70, y consiguientemente, que las siguientes promociones acusarán una disminución en el número de alumnos.

En cuanto a las tendencias de crecimiento podemos diferenciar tres grandes motivos, que son las actuales corrientes migratorias que se dan en Canarias (tanto a nivel internacional, como, y significativamente, en el ámbito universitario las nacionales y europeas) que pueden incrementar el número de estudiantes, la tendencia a incrementar la formación universitaria de la población, tanto en porcentaje de la población que realiza estudios universitarios, como de segundas carreras, y estudios diversos de postgrado y el propio crecimiento de la ULPGC, en el número de estudios ofrecidos y de especializaciones (cabe recordar que en su actual dimensión, la U.L.P.G.C. es muy nueva y con una tendencia al crecimiento en este sentido)

En cualquier caso, se ha estimado que la combinación de estos diferentes aspectos no hará variar significativamente el número de usuarios del Campus de Tafira en un medio plazo, compensándose la dinámica de crecimiento con las de disminución.

### **1.3- Datos de vertido y contaminación**

Como ya se ha ido apuntando en diferentes apartados del presente proyecto, se echa en falta gran cantidad de datos de la cantidad y calidad del agua residual generada en el Campus. En este sentido, no se conocen bien los consumos ni las potenciales fuentes de vertidos excepcionales como puedan ser vertidos puntuales de laboratorios.

En principio, había la intención de que se realizase desde la Oficina de Residuos, una relación del estado de la contaminación de las aguas, pero por el momento carecemos de este informe.

Esto conlleva que en el presente proyecto se deberán de utilizar datos más aproximativos tanto por lo que a volumen como a calidad y estacionalidad de generación de aguas residuales se refiere.

En cualquier caso, el principal elemento que podría provocar vertidos extraordinarios sería un mal uso de los laboratorios, aunque de seguirse correctamente los procedimientos para la eliminación de productos peligrosos, estos no deben significar ningún problema de cara a las aguas residuales.

En general podemos concluir que el agua generada en el Campus es esencialmente de carácter doméstico, sin incidencia significativa de otros procesos industriales o similares que signifiquen un problema destacable de cara a los residuos generados, por lo que se tomarán los estándares de contaminación referidos a las aguas domésticas para el dimensionado de las diferentes estaciones depuradoras a plantear en el Campus.

# *Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira U.L.P.G.C.*

## *Apartado 2 - Ámbitos y propuestas de actuación*

## **2- Ámbitos y propuestas de actuación**

En el punto anterior del presente proyecto se ha intentado realizar un resumen de la información disponible sobre los diferentes aspectos que atañen a la gestión del agua en el Campus, así como elaborar, de forma más o menos aproximada nueva información que resultase relevante.

En este punto nos centraremos pues en pasar a detallar las actuaciones propuestas para los diferentes apartados que se han considerado importantes sobre los que actuar, bien sea a un nivel de conocimiento del estado actual, modificaciones concretas o tendencias a adquirir para la satisfactoria ejecución del proyecto de gestión integral para el agua del Campus de la U.L.P.G.C.

En este sentido, y como se observa en los puntos siguientes, se han diferenciado diferentes ámbitos de actuación, para determinar las tareas a realizar para la consecución del proyecto. Estos apartados son:

- Redes de recogida de aguas residuales.
- Sistemas, emplazamientos y dimensiones propuestas para la depuración del agua residual.
- Redes y puestos de almacenamiento de las aguas pluviales.
- Redes de transporte del agua dentro del Campus.
- Gestión de la jardinería y el riego.
- Otros ámbitos relacionados, como la generación de puntos húmedos, zonas de fauna, caminos, etc.
- Gestión de la demanda y sistemas de ahorro en el consumo.
- Medidas de implantación y conocimiento de los resultados obtenidos del proyecto.

De modo complementario, en el anexo VII se encuentra la propuesta inicial del presente proyecto en el que se detallan los objetivos básicos del mismo.

## **2.1. Recogida de aguas residuales generadas**

### **2.1.1. Recogidas y canalizaciones de aguas residuales**

El estado de la red de recogida de aguas residuales, debería de revisarse en mayor detalle, pero es de esperar que sea aceptable, principalmente debido a la poca antigüedad que presenta. De hecho, las redes de aguas residuales más antiguas del Campus cuentan con no mucho más de diez años desde su instalación, y en muchos casos de obras nuevas son incluso más recientes.

Esta abarca en la actualidad todas las instalaciones del Campus con diferentes ramales que dan servicio a las diferentes zonas urbanizadas e incluso a urbanizar, siguiendo a grandes rasgos el trazado de los principales viales del Campus (Ver plano adjunto).

### **2.1.2. Conducciones separativas de aguas pluviales**

Es de remarcar que ya en la primera planificación del Campus se tuvo en cuenta el realizar una instalación paralela y separativa de las aguas pluviales, que si bien hasta el momento se acaban juntando con las aguas residuales, permite fácilmente su separación y desviación a otros destinos, donde colectarse y utilizarse. (Ver el punto 2.3).

### **2.1.3. Conducciones generales y sistemas de bombeo**

La red de aguas residuales permite el transporte de agua hacia el barranco Guiniguada, siguiendo la inclinación natural de la vaguada en la que se encuentra ubicado el Campus, y no requiriendo consiguientemente de ningún tipo de bombeo u otra instalación para su evacuación.

El destino del agua residual desaguada en el barranco Guiniguada es su conexión con la red general de saneamiento de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, por cuya red circula hasta la estación de bombeo de los alrededores del Teatro Pérez Galdós, donde es dirigida hacia la depuradora de Barranco Seco II.

En otro orden de cosas, sería interesante plantear la posibilidad de instalar, una vez empezado a ejecutar el proyecto de depuración en origen, algún sistema de cálculo del caudal finalmente vertido a la red municipal. Este sería un aspecto importante a varios niveles de afectación:

1- Permitiría observar las diferencias de caudal entre el suministro al Campus y el vertido a la depuradora, dando idea indirecta del porcentaje de recuperación de agua en el propio Campus, a la vez que podría dar cierta idea de las pérdidas en red de abasto que pudiesen darse en las instalaciones del Campus.

2- Esto ayudaría, a medida que se vaya aplicando el proyecto de gestión integral del agua en el Campus, al correcto dimensionado de los siguientes elementos de depuración o a tomar decisiones sobre la idoneidad de aplicar mejoras o elementos que permitan un proceso de depuración más intensivo, de cara a conseguir el objetivo último del proyecto, que sería el no verter aguas a la red de alcantarillado, y que se lograría si se pueden tratar éstas y reutilizar directamente en el propio Campus.

3- Otro factor importante derivado de conocer en el máximo detalle posible el caudal realmente vertido a la red general, es que permitiría renegociar con los servicios municipales y con la empresa encargada de la depuración de las aguas de las Palmas de Gran Canaria (E.M.A.L.S.A.) los cánones a pagar por vertidos de aguas residuales y de aguas pluviales (en este sentido, sólo las no captadas en el propio Campus para futuro uso), revertiendo a buen seguro en un ahorro de los costes que anualmente debe de realizar la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Es de esperar, asimismo, que en un futuro a corto medio plazo, los cánones de saneamiento de aguas residuales se revisen al alza a fin de adecuarlos a los costes reales de depuración y a procesos más complejos (y consiguientemente costosos) que vayan resolviendo los problemas puntuales detectados en la E.D.A.R. de barranco seco, como es la llegada periódica de cierta salinidad (por intrusión marina en la red y por vertidos) la puesta en marcha de tratamientos terciarios para reducir la salinidad del agua depurada que se suministra a las redes de riego o el cumplimiento de los nuevos requisitos de depuración de las actuales directivas europeas de calidad de depuración, a las que aún no estamos obligados (ni consiguiendo el nivel de tratamiento) debido al haberse acogido el Estado Español a prórrogas sobre el cumplimiento de los mismos, pero que sin duda revertirán ambos conceptos en una alza significativa de las costes de depuración y de los cánones cobrados para sufragarlos.

## **2.2. Aguas residuales: Tratamiento**

Este será quizás uno de los elementos más importantes desde diferentes aspectos del presente proyecto de gestión integral del agua en el Campus. Será probablemente el elemento más visible de actuación (puesto que la recogida de aguas pluviales en estanque ya existentes o las modificaciones en griferías o jardinería de menor consumo son mucho menos evidentes) y, sin quitar la importancia que tienen los otros aspectos del presente proyecto, será también el elemento clave de cara a dar sentido al proyecto, recuperando el agua generada para su tratamiento, generando ciclos de uso-tratamiento-uso dentro del mismo Campus.

En este sentido, la instalación en el año 2001 de un sistema de tratamiento extensivo por lagunas y plantas acuáticas (Sistema Natural de Tratamiento de Aguas) en el propio Campus de la U.L.P.G.C. representa un importante precedente y fuente de información de cara a promover en el Campus técnicas de lo que se ha dado a llamar Ingeniería Ecológica, que promueve el uso de tecnologías sostenibles tanto en la construcción como en su funcionamiento (el sistema está impermeabilizado con arcillas extraídas del Campus, y usa bacterias y algas para la degradación de los contaminantes presentes en el agua residual, a la vez que su único residuo son plantas acuáticas que se han estado utilizando para la alimentación de ganado bovino en el propio Campus y que también puede ser utilizado para la obtención de compost orgánico para la fertilización de los jardines).

Este sistema, si bien requiere de más superficie para su implantación, permite un funcionamiento sin prácticamente aporte de energía externa (solo el bombeo del agua desde la red a las balsas) así como la obtención de unos ecosistemas húmedos que debido al abandono de las técnicas tradicionales de captación y almacenamiento del agua de lluvia para el riego, han ido desapareciendo de las islas (como son las muchas lagunas de arcilla para aguas pluviales de la zona Nordeste de medianías de la isla de Gran Canaria, en gran parte en desuso actualmente).

También es de considerar la importancia de los sistemas como el mencionado, que son capaces de tratar el agua en el origen de la generación de las aguas residuales, máxime en un entorno como es el canario, donde coinciden la escasez de este elemento, junto a una pronunciada orografía que dificulta y encarece el retorno del agua depurada a las zonas de uso, si esta se concentra en las zonas bajas para su tratamiento en sistemas más intensivos.

El Campus, ofrece asimismo varios puntos fuertes de cara a recomendar la implantación de estos sistemas o parecidos, de los que cabe destacar:

- Cuenta con abundantes arcillas de alta calidad para su utilización como impermeabilizantes de balsas, lo que significa un importante ahorro en la construcción de las depuradoras, con uno de los materiales más ecológicos y duraderos de los que se dispone, a la vez que permite la recuperación de una serie de técnicas que han sido tradicionales en las islas, pero dándoles un nuevo uso de futuro como es el tratamiento y recuperación de las aguas residuales generadas.
- Dispone de espacio en el que desarrollar estas técnicas extensivas, a la vez que está situado en una vega agrícola tradicional, en la que además se ha dado una importante reducción de la superficie de estanques en los últimos 40 años (ver punto 1.2.3).

- El Campus en sí constituye una entidad más o menos aislada de su entorno, que es equiparable a la situación de muchos pueblos de las medianías y cumbres de las Islas Canarias, en los que la implantación de estas tecnologías puede aportar un buen elemento para su planificación de acuerdo a criterios de sostenibilidad, ahorro económico y energético, recuperación de hábitats y promoción del turismo ecológico, que está demandando en gran medida la sociedad canaria.

- El hecho de que en el Campus de la U.L.P.G.C. se desarrolle de forma piloto un proyecto a esta escala revierte en un espléndido expositor de estas tecnologías para muy amplios sectores de los estudiantes de Ingenierías, Ciencias del Mar, Arquitectura, etc. que podrán conocer de primera mano estas tecnologías y que serán en un futuro más o menos cercano los responsables de la toma de decisiones de estos temas dentro de la comunidad. Asimismo, la comunión de intereses entre la comunidad universitaria, organismos públicos como el Consejo Insular de Aguas o el Instituto Tecnológico Canario (los cuales ya han mostrado su interés en la evolución del proyecto), los estudiantes, que contarán con un elemento sobre el que aplicar estudios prácticos, tesinas, etc. y un valor para los usuarios. Ofrece una importante plataforma para que en un futuro cercano Canarias complemente su característica de pionera en la adaptación e implantación de técnicas como las tecnologías alternativas con el desarrollo de los presentes sistemas.

### **2.2.1. Emplazamiento de depuradoras**

En la presente fase de este proyecto, no se pretende detallar los diseños de todos los elementos de depuración en sí, puesto que debido a la complejidad del Campus, así como a la falta de datos importantes sobre consumo, contaminantes, resultados detallados del sistema piloto instalado, etc. se considera más oportuno que estos se vayan desarrollando de forma paralela a la implantación del proyecto. En cualquier caso sí que se ha diseñado, e incluso iniciado, los trámites para la construcción de una gran planta depuradora y de un estanque estético y de recogida de aguas pluviales para una primera fase. (Ver anexo VII).

En cualquier caso creemos que el presente proyecto debe priorizar el marcar las pautas generales a los que se deberán circunscribir los diferentes elementos que se vayan proyectando en un futuro, para su buena interrelación con el objetivo último de la gestión sostenible de las aguas en el Campus.

Así en este apartado se pretende describir los mejores emplazamientos para la futura proyección de sistemas de tratamiento de aguas residuales, tomando en consideración múltiples y diversos aspectos, como son la ubicación para permitir un transporte por gravedad del agua residual, el número de puntos de tratamiento necesarios para no generar una única gran zona de tratamiento ni una multitud de pequeñas depuradoras de difícil seguimiento técnico, las distancias a las zonas de mayor uso humano y la idoneidad de los emplazamientos para que sirvan a nivel estético y de punto para fauna, la disponibilidad de terreno y de arcillas, etc.

Tomando estas consideraciones en cuenta se ha llegado a la propuesta de tres zonas potencialmente utilizables para la ubicación de las futuras depuradoras de aguas residuales, las cuales son (Ver Plano adjunto):

- Zona 1- Zona agrícola de detrás del comedor.
- Zona 2- Área del antiguo estanque de barro.
- Zona 3- Parking de la parte baja del Campus.

A continuación pasamos a detallar las principales características y puntos fuertes y débiles de cada uno de los emplazamientos:

- Zona 1- Zona agrícola de detrás del comedor

Esta zona, en la que se encuentra actualmente la depuradora experimental instalada en el Campus, recibe parte de las aguas residuales generadas en las facultades de Educación Física e Ingenierías, así como las del polideportivo y las del comedor, de las cuales se extrae un caudal determinado mediante bombeo. Presenta un terreno llano de capas homogéneas, en las que está presente una amplia franja de arcillas adecuadas para la impermeabilización (las que se usaron en la construcción de la depuradora experimental) y presenta un terreno llano con una gran facilidad para la obra.

En relación al entorno, queda relativamente apartada de las zonas de uso más intensivo, lo que favorecería su conversión en punto de cría para aves y hábitat para fauna.

Está en la actualidad destinada a usos agrícolas, pero dispone de mucha superficie, lo que permitiría la ampliación de la actual depuradora y el mantenimiento de la mayor parte de la superficie agrícola.

Ocupa una zona de conexión de varios puntos como es el parking de arquitectura, el comedor y la zona polideportiva, a la vez que tiene colindante el camino del Salvago, lo que facilitaría su observación y el paseo por sus alrededores.

También es prácticamente la única zona desde la que se podrían transportar las aguas por gravedad hasta las balsas de riego agrícola ubicadas en el límite con el barranco Guiniguada.(ver fotos 1.13 a 1.15)

- Zona 2- Área del antiguo estanque de barro

Esta zona queda ubicada enfrente de la Biblioteca, lindando con esta y el vial central del Campus por su lado este, por el vial que se dirige a la zona de Humanidades y la urbanización de Zurbarán por el norte y por zonas agrícolas y de palmeral en el sur y oeste.

En este emplazamiento existía históricamente un gran estanque de arcilla que era aprovechado para riego, y del que aún se pueden observar algunos taludes.

Este emplazamiento permite la captación de todas las aguas residuales de la mitad sur del Campus, y especialmente, debería dar servicio a las aguas generadas en las zonas del seminario, facultad de Arquitectura y la facultad de Ciencias Básicas.

Es la zona más próxima al estanque redondo de Ciencias Básicas, desde donde está actualmente centralizado todo el riego de la jardinería del Campus y parte del riego

agrícola, lo que facilitaría la reutilización del agua depurada.

Destaca además por estar en un punto central del Campus, observable desde muchos emplazamientos y por consiguiente con un especial potencial estético.

En este emplazamiento es en el que se ha proyectado la primera depuradora diseñada, cuya ejecución está prevista para que se comience en este mismo año 2003. La ejecución de esta obra supondría además la mejora estética de una zona que actualmente no tiene ni un uso de jardinería ni agrícola. (ver punto 1.2.3).

#### - Zona 3- Parking de la parte baja del Campus

Este emplazamiento lo ocupa actualmente el parking de la zona baja del Campus, el cual se está planteando eliminar o reducir, dentro de las actuaciones de movilidad previstas en el proyecto general de ordenación del Campus impulsado por la Oficina del Proyecto Ambiental del Campus de Tafira.

El área de esta zona es de unos 9.000 m<sup>2</sup> y presenta como principal valor, el estar situado a una cota inferior a la mayoría de las instalaciones del Campus, lo que permitiría la llegada del agua residual por gravedad y lo que es más importante, la llegada de aguas de lluvia por gravedad (puesto que éstas son más difíciles de bombear, debido a la irregularidad de las mismas).

El área permitiría un uso conjunto como zona de captación de las aguas pluviales y de depuración de las aguas residuales generadas en la mitad norte del Campus, que incluyen la zona de Ciencias Jurídicas y Económicas, las dos residencias de estudiantes, la futura Facultad de Humanidades y otras edificaciones lindantes.

En una primera aproximación se considera que el área conjunta de estas tres zonas bastaría para el tratamiento de la mayor parte de las aguas residuales generadas en el Campus.

#### - Otros elementos

En cualquier caso se proponen diferentes zonas que no son propiamente depuradoras, en las que se podría realizar un tratamiento de afinado del agua depurada. Por un lado están los estanques de acumulación de las aguas de lluvia y de riego, entre los que destacarían los del linde del barranco Guinguada y el estanque circular de debajo de Ciencias Básicas, y el futuro a construir en la zona del parking de la zona baja del Campus, los cuales, con pequeñas reformas y la implantación de plantas acuáticas y pequeñas acuiculturas, actuarían como estanques de tratamiento terciario.

También se considera el uso sinérgico del estanque diseñado para los jardines del Pensador, la principal actividad del cual es el actuar de elemento estético, con presencia de plantas acuáticas, pasarelas, etc. (ver Anexo VII), pero que a la vez podría soportar una cierta carga de agua depurada, que haría la triple función de utilizar agua recuperada para su mantenimiento (no gastando agua de abasto o de regantes), fertilizaría la planta acuática instalada y serviría como elemento de tratamiento terciario o de afinado para el agua depurada, previa utilización en el riego de jardines.

### **2.2.2. Bombeos y sistemas secuenciales**

Para cada una de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales propuestas, se prevé la instalación de un depósito de captación y bombeo en la red de aguas residuales, desde el cual enviar el agua a las depuradoras mediante bombeo. Esto es debido a que por un lado, nos permite tener un control sobre el agua que entra en el sistema de tratamiento y de su volumen, a la vez que facilita la gestión del tratamiento, al entrar cantidades regulares de agua al sistema. De otro lado, esto nos permite diseñar sistemas "parciales" de tratamiento, dado que la alta variabilidad del agua generada (por diferentes factores como son las variaciones de uso a lo largo del año, las previsiones de crecimiento de la Universidad a medio plazo o el vertido a la red de aguas residuales externas al Campus, como ocurren en parte de algunas urbanizaciones colindantes) dificultaría el buen diseño del sistema y obligaría a un gran sobre dimensionamiento, debido a la especial situación del Campus.

A la vez, el adoptar este sistema, facilita una ejecución por etapas del presente proyecto y consiguientemente su readaptación en el tiempo en función de los resultados obtenidos.

Otro aspecto es el bombeo del agua depurada y la generación de circuitos secuenciales de depuradora a estanques de afinado, central de riego y riego (ver plano adjunto).

### **2.2.3. Necesidades de mantenimiento**

Las necesidades de mantenimiento de los sistemas de tratamiento extensivo son comparativamente bajas en contraposición con los sistemas de depuración más intensivos.

En líneas generales, estos se limitan al seguimiento y control de la planta acuática instalada, a la extracción de fangos (aproximadamente una vez cada 10 años) y a los mantenimientos estándares de la obra civil y maquinaria (como son tuberías, bombas, filtros de bomba, etc.).

Una característica importante del mismo, es que no se requiere de una alta formación técnica para la realización de la mayor parte de los mismos, pudiéndolo desarrollar, bien la propia empresa encargada de la jardinería o una nueva empresa proveniente por ejemplo de la Escuela Taller Jaime O'Shanahan (de formación técnica de jóvenes y ubicada en el propio Campus), en lo que a los trabajos de manejo de la planta acuática y gestión de fangos se refiere, y por parte de la propia Oficina Técnica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en lo que concierne al mantenimiento de la obra civil y de la maquinaria.

Trabajos de mantenimiento:

Como aún no están diseñadas todas las estaciones depuradoras de agua, este apartado solo puede ser orientativo, puesto que dependerá en gran medida de las características de los sistemas diseñados.

En cualquier caso, sí podemos referenciar los principales bloques de trabajos y su complejidad y periodicidad.

Estos trabajos los podemos diferenciar en cuatro grandes grupos, que son: seguimiento de la depuradora, mantenimiento de la obra civil, mantenimiento de las instalaciones electromecánicas y gestión de la planta acuática.

- Seguimiento de la depuradora

Este apartado se subdivide en dos grandes bloques: por un lado tenemos el seguimiento por personal especializado de la evolución de cada una de las instalaciones, como son el seguimiento ocular de la evolución de las lagunas y especialmente de aquellos bioindicadores que dan idea del nivel de funcionamiento del sistema y que permiten la detección de problemas incipientes en las mismas.

Por otro lado, éste se ve complementado por el seguimiento analítico de la calidad del agua, que como se detalla en el punto 2.2.4 dependerá del nivel de análisis requerido en cada momento. Éste deberá ser realizado por personal especializado de los propios laboratorios encargados de las diferentes analíticas a realizar.

- Mantenimiento de la obra civil

En cuanto al mantenimiento de la obra civil, encontramos el seguimiento y mantenimiento de las diferentes instalaciones que componen los sistemas, como son estado de los embalses, conducciones y tuberías, taludes, etc. Este trabajo podría ser realizado por la propia Oficina Técnica del Campus.

También entrarían en este apartado el mantenimiento de ciertas actuaciones periódicas a realizar en las depuradoras, entre las que cabe destacar la extracción de los fangos acumulados en las lagunas y en los pozos de bombeo, las primeras de las cuales se prevén en una periodicidad de unos 10 a 15 años, mientras que el vaciado de sedimentos de los depósitos de bombeo se prevén en una periodicidad anual o bianual.

- Mantenimiento de las instalaciones electromecánicas

Éste afecta al mantenimiento y seguimiento del buen funcionamiento de los equipos electromecánicos instalados, y debe de ser realizado por personal formado en este sentido, que podría ser aportado por la Oficina Técnica del Campus.

Principalmente consistirá en el seguimiento y mantenimiento de los sistemas de bombeo y filtros de bombas, así como el mantenimiento de cuadros de luz y elementos eléctricos.

Otro aspecto de este seguimiento será el realizar mediciones periódicas de los caudales tratados, así como el mantenimiento de los propios contadores de caudal instalados.

- Gestión de la planta acuática

Este es sin duda el apartado que más horas de trabajo exigirá a lo largo del año, puesto que es el principal trabajo de mantenimiento de estas instalaciones. Una característica de los Sistemas Naturales de Tratamiento de Aguas, es que su residuo, en vez de ser unos fangos biológicos, son las propias plantas acuáticas que intervienen en el proceso.

Estas plantas deben recolectarse unas dos o tres veces al año, a fin de descargar el sistema de nutrientes. Una vez colectadas, estas deben dirigirse bien a un sistema de compostaje, bien a ser suministradas como alimento a las diferentes ganaderías ubicadas en el Campus (las plantas instaladas están seleccionadas para que sean aprovechables a nivel forrajero).

Este trabajo no reviste más complejidad técnica que una cierta formación a fin de conocer las mejores épocas de colección y las técnicas más eficientes. Puede ser realizado bien por la empresa encargada de la jardinería del Campus (es un trabajo muy parecido a los mantenimientos de jardinería) bien por los alumnos de la escuela taller Jaime O'Shanahan, ubicada en el propio Campus.

#### **2.2.4. Necesidades de análisis y monitoreo**

Será necesario el plantear un buen diseño analítico de los resultados que se vayan obteniendo de la calidad de tratamiento del sistema.

En este sentido, conviene diferenciar tres niveles diferentes de análisis, que serán los análisis preceptivos, los análisis recomendados y los análisis puntuales. A continuación describiremos someramente los mismos:

- Análisis preceptivos:

Son aquellos a los que obligue la legislación vigente en la Comunidad Autónoma Canaria, y que deben garantizar tanto la calidad del tratamiento en los niveles físico químicos como en los sanitario-biológicos.

Estos están sujetos a diferentes normativas según sean de tratamiento de aguas residuales para vertido o reutilización de aguas residuales depuradas para el riego agrícola y de jardinería.

En el primer aspecto del tratamiento de aguas residuales, estos consistirán en los siguientes parámetros (estos deben de contrastarse con la legislación vigente en las islas, puesto que existen competencias autonómicas en la materia):

- Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)
- Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.5)
- Materiales en Suspensión (M.E.S.)
- Nitrógeno Total (N.T.K.)
- Fósforo Total (P.T.)

- Analíticas de calidad sanitaria que obligue la legislación.

Estos análisis deben realizarse periódicamente en la salida de la estación depuradora, para garantizar la calidad de tratamiento de la misma.

La periodicidad de los mismos vendrá determinada por las exigencias administrativas a las que se vean sometidos.

Aportan relativamente poca información del funcionamiento real del sistema, dando esencialmente una serie de parámetros generales indirectos.

Deben realizarse en un laboratorio debidamente autorizado al efecto.

En el apartado de reutilización de las aguas depuradas, las analíticas pertinentes serán:

- Parámetros sanitarios del agua a utilizar para riego (a determinar).
- Presencia de salinidad en el agua (por conductividad y/o sales específicas como Cl y Na).
- pH del agua.
- Presencia de productos contaminantes específicos (a determinar).

Estas analíticas deberán realizarse en los estanques de almacenamiento del agua para riego, y deben garantizar tanto la salubridad de la misma de cara a la población circundante, como la inocuidad hacia el suelo receptor.

La periodicidad de los mismos vendrá determinada por las exigencias administrativas a las que se vean sometidos.

Deben realizarse en un laboratorio debidamente autorizado al efecto.

- Análisis recomendados:

Son aquellas analíticas que aportan más información del funcionamiento del sistema, aunque no sea obligatorio el realizarlos.

Estos responderían al tipo de analíticas realizadas hasta el momento por la Oficina de Gestión de Residuos (ver el punto 1.1.3).

Estas analíticas son más detalladas que las administrativamente preceptivas y son las que mayor información aportan sobre el funcionamiento del sistema.

No es obligatorio que se realicen en un laboratorio autorizado, aunque sí recomendable, sobretodo de cara a una posterior utilización pública de los resultados obtenidos (para que tengan validez científica) .

La periodicidad y el detalle de estos deberá de ajustarse a las posibilidades del laboratorio encargado de los mismos y a la dotación económica con la que cuenten.

Las analíticas recomendadas es este sentido coinciden con las realizados hasta la fecha,

pero con las modificaciones que se presentan en el presente proyecto (ver punto 2.9.1).

Sería sumamente interesante contar con un buen respaldo a esta campaña analítica, por la información científica que aportarán en cuanto a la viabilidad de la utilización de sistemas parecidos en otros emplazamientos, y si son debidamente realizados y se respetan las periodicidades, pueden significar una importante fuente de información de cara al estudio de los presentes sistemas.

- Análisis puntuales:

Un poco en paralelo al punto anterior, podríamos diferenciar aquí otro nivel de analítica más intensiva y puntual, enfocada al estudio en detalle de aspectos concretos del funcionamiento del sistema o a contaminantes específicos.

Este modelo analítico sería en principio puntual y de gran detalle, por ejemplo vinculado a tesis o tesinas u otros estudios que realizaran miembros de la comunidad universitaria, y que involucraría principalmente a los estudiantes de Ciencias del Mar y otras ciencias biológicas, así como diferentes ingenierías principalmente.

Este es por lo tanto, un importante aspecto a desarrollar de cara a generar un “feedback” entre el sistema planteado y la comunidad universitaria.

Puede ser de una gran diversidad, desde conteos de macrofauna, seguimiento de poblaciones de algas o microorganismos, seguimiento de materiales químicos y contaminaciones específicas o comportamiento de los materiales tradicionales a lo largo del tiempo, por poner algunos ejemplos.

### **2.3. Gestión de aguas pluviales**

La captación y almacenamiento de las aguas pluviales será uno de los aspectos esenciales del presente proyecto. En el punto 1.2.2 se ha realizado una estimación del volumen de agua de lluvia captable en el área del Campus.

Es de destacar, asimismo, la importancia de la captación de las aguas pluviales en diferentes sentidos:

- No por estar el Campus en una zona tendente a la aridez (probablemente, debido a ello), debemos permitirnos el lujo de despreciar la cantidad de agua potencialmente captable de las lluvias. Sirva para reflejar este aspecto, la importancia que tienen en las islas de Fuerteventura o Lanzarote, los sistemas de canales superficiales de captación y transporte y los depósitos enterrados, incluso para el mantenimiento de agriculturas, este valor histórico, que se engloba en un marco geográfico mayor, y que constituye un patrimonio histórico tanto de la cultura tradicional canaria, como del entorno árabe-bereber y del mediterráneo.
- La zona nordeste de la isla, en un extremo de la cual se ubica el Campus, ha contado históricamente con numerosos sistemas de captación de aguas pluviales en estanques de barro, de los cuales había en la propia vega de Tafira (ver los estanques históricos, punto 1.2.3) que se han ido abandonando en los últimos años, perdiendo tanto una riqueza cultural y constructiva del paisaje, como uno de los pocos puntos húmedos (si bien es cierto que esencialmente antropogénicos) con los que cuentan las islas, con la importancia que esto reviste tanto para la diversidad de flora, punto de refugio para la fauna y soporte para las vías migratorias.
- El agua de lluvia, si bien no es regalada, debido a su escasez y a los costes de las infraestructuras necesarias para su captación y almacenamiento, sí es con diferencia el agua de mejor calidad y más económica de las que podemos disponer, en una situación como la del Campus, además, al estar prácticamente libre de compuestos disueltos, puede representar un papel de extraordinaria importancia de cara a limitar ciertos problemas detectados tanto en el agua de abasto como en el agua recuperada de depuradoras (y en menor medida en el agua de regantes) como es el actuar de disolvente para reducir los niveles de dureza química y salinidad del agua, significando un importante apoyo para la utilización sostenible del resto de aguas disponibles limitando el riesgo de incrementar la salinidad del suelo, y preservando de este modo el buen funcionamiento del mismo.

En este apartado podemos diferenciar tres grandes zonas de captación potencial de aguas de lluvias, cada una con diferentes características de calidad, facilidad de captación y cantidad de agua potencialmente captable, que son:

- Cubiertas de edificios
- Áreas pavimentadas
- Viales y carreteras

A continuación se describen las principales características de cada uno de estos elementos, así como sus condicionantes de cara a la captación.

Otro aspecto importante, será el estudio de los puntos en que se pueda realizar el

almacenamiento del agua captada, así como las vías para su integración en el sistema de riego.

### **2.3.1. Estado de edificios - separativas**

Las cubiertas de los edificios permiten la captación del agua de mejor calidad, puesto que al no ser transitables sólo se ven “contaminadas” por el polvo u otros materiales que puedan ser transportados por el viento.

Permiten asimismo la captación de casi la totalidad de las precipitaciones, pues al estar impermeabilizadas sólo se perderían las lluvias muy débiles y de poca cuantía, que o se pudiesen evaporar en los instantes siguientes o no consiguieran arrancar una escorrentía.

En el Campus, actualmente se cuenta con unos 56.955 m<sup>2</sup> de superficie de cubiertas de edificios.

En la actualidad, y a falta de un estudio detallado edificio por edificio, se han observado dos situaciones diferentes:

- Edificios que tienen las conducciones del agua de lluvia conjuntamente con las conducciones de las aguas residuales, lo que perjudica a los sistemas de tratamiento, por las oscilaciones de caudal en periodos de lluvias fuertes, e imposibilita el obtener el agua de lluvia limpia para su utilización (no es sensato mezclar lo limpio con lo sucio para volverlo a limpiar).

En estos casos, se deben de estudiar las vías para reformar el sistema de conducciones, generando un red separativa de aguas pluviales, que se deberá conectar a la red de aguas pluviales ya existente en el Campus.

- Edificios que tienen la recogida de las aguas pluviales de las azoteas separadas de las aguas residuales, pero que o vierten a la red separativa de aguas pluviales o vierten a los pavimentos circundantes a los edificios. En este caso la actuación es más simple y económica, debiéndose solamente asegurar que las aguas son directamente conducidas a la red separativa de aguas pluviales.

Sólo en un caso (según nuestras observaciones) se dirigen estas aguas a una zona de almacenamiento, y es en el tejado de uno de los edificios de Ciencias Básicas, que son conducidas al estanque circular de riego (E1).

### **2.3.2. Estado de pavimentos**

Los pavimentos que consideramos en este apartado son todas aquellas superficies que cuentan con un estrato superior impermeable, bien sean patios y zonas periféricas de las diferentes edificaciones, bien sean viales y carreteras cimentadas o asfaltadas.

La calidad del agua que se puede recoger en estas áreas, es ligeramente inferior a la de las cubiertas, por el hecho que al ser transitadas pueden verse afectadas por diferentes residuos, como son restos de neumáticos y aceites de los vehículos, desperdicios echados al suelo por usuarios, excrementos de animales de compañía, etc. En cualquier

caso, esta contaminación, si bien convendría realizar algunas analíticas de seguimiento, no se prevé que sean de cuantía importante y son fácilmente tratables en los mismos depósitos de almacenamiento o con actuaciones previas al almacenamiento.

La superficie aproximada de viales y pavimentos en el Campus es de 112.718 m<sup>2</sup>.

En la actualidad, muchos de los patios y zonas perimetrales de los edificios, cuentan con sumideros que dirigen estas aguas teóricamente a la conducción separativa de aguas pluviales, aunque se debería realizar un estudio en detalle de cada zona para determinar correctamente las modificaciones a realizar.

En lo que se refiere a los viales y carreteras, la situación depende de su ubicación. Así, en algunas zonas, estas cuentan con sumideros y permiten una fácil recogida del agua, mientras que otros tramos carecen de obras de esta naturaleza.

En este sentido deberíamos estudiar la posibilidad y viabilidad técnica y económica de dotar a ciertas carreteras de cunetas que nos permitiesen evacuar el agua hacia puntos de almacenaje.

Estas actuaciones serán de mayor importancia en todas esas vías que transcurren perpendiculares a la pendiente del Campus, pues con una baja inversión permitirían grandes captaciones de agua puesto que actuarían como canales de interceptación de aguas de escorrentía superficial.

A nivel de recogida de agua, debemos diferenciar en este apartado el agua directamente caída sobre los pavimentos, que como en el caso de las cubiertas tendría un alto rendimiento de recogida, del agua recogida por interceptación de escorrentías superficiales, que sólo recogerían agua en caso de lluvias intensas que generasen escorrentía desde las zonas agrícolas, ajardinadas o silvestres. Estas segundas, si bien es cierto que solo recogerían agua en periodos puntuales, no deben despreciarse, puesto que no corresponderían a las aguas directamente caídas, sino a superficies mucho mayores como son las zonas ajardinadas y de cultivo próximas aguas arriba.

### **2.3.3. Puntos de almacenamiento**

Una vez captada el agua de lluvia, esta se deberá dirigir y almacenar en diferentes instalaciones. De hecho, actualmente en el Campus ya se dispone de diferentes embalses que permiten fácilmente su reconversión a este uso, e incluso existen algunos grandes estanques que se han estado utilizando hasta ahora para el riego agrícola y que actualmente se encuentran en desuso y vacíos, lo cual facilita que se agrieten y pierdan la impermeabilización por la falta de agua.

En este sentido, diferenciaremos aquí los estanques existentes y los estanques proyectados para una idónea captación y almacenamiento del máximo de las aguas.

#### **-Puntos existentes**

De los estanques actualmente existentes en el Campus, existen tres con especial facilidad para su utilización en este sentido:

#### E1- El estanque redondo de Ciencias Básicas:

Este estanque es el único que recibe aguas pluviales en la actualidad, pero no está optimizado en este sentido. Actualmente este estanque recibe por conducción las aguas de las cubiertas del edificio de Ciencias Básicas más próximo al mismo y cuenta asimismo con un sistema de captación superficial de aguas de escorrentía de pavimentos próximos, aunque de poca superficie total.

Por su uso como estanque general de riego no es seguramente el más indicado para cumplir bien la función de acumulador de aguas pluviales, lo que no significa que no pueda realizar esta función parcialmente, y que por tanto convenga mejorar y ampliar las zonas que por cotas y proximidad sean fácilmente acumulables en el mismo.

#### E4 y E5 - Estanques grandes al margen del barranco:

Estos estanques, con un gran volumen total de unos 5.800 m<sup>3</sup> de capacidad, son los que actualmente ofrecen una mejor opción para iniciar la recogida de aguas pluviales.

Estos estanques han pasado a ser propiedad de la Universidad en el pasado año 2002, por lo que se han dejado de utilizar para el riego agrícola y se encuentran actualmente vacíos, lo cual, como se señalaba en el punto anterior, implica un gran riesgo para su conservación.

Estos dos estanques reciben el agua a través del canal de transporte de aguas de riego que discurre por el camino del Salvago, desde una cantonera (no bien identificada aún) que permite el mantenimiento de la cota, puesto que están contruidos elevados sobre el terreno.

Por las cotas del mismo, este estanque podría recibir sin grandes actuaciones, las aguas pluviales captadas en la zona de las facultades de Ingeniería y Educación Física, así como de los alrededores del comedor. Con la construcción de nuevas instalaciones, como canales, etc. también se podría dirigir hacia el mismo todas las aguas pluviales captadas en cotas superiores a la parte baja del edificio de Ciencias Básicas, lo que significaría casi la mitad de la superficie del Campus.

Son por lo tanto un importante elemento a tener en consideración, puesto que no presentan en la actualidad problemas estructurales graves, tienen un gran volumen y son relativamente económicos de poner en funcionamiento.

#### **-Puntos de nueva construcción**

A parte de estos tres estanques ya existentes se considera muy interesante el estudiar la viabilidad de construir dos nuevas estructuras, destinadas a incrementar y a mejorar el captación del agua en el Campus.

Estas serían por un lado el estanque proyectado en los jardines del Pensador (E6) y por otro lado el estanque E7 ubicado en la parte más baja del Campus.

El estanque de los jardines del Pensador está diseñado para que pueda captar las aguas de escorrentía de los mismos, así como el agua de cubiertas de los edificios del seminario, que si bien no representan una superficie total muy destacable, tampoco son el

uso primario del mismo (los usos primarios del cual son el desarrollo estético paisajístico del jardín y el tratamiento terciario del agua de la depuradora del estanque de barro (D2).

El agua rebosante de éste se transportaría por gravedad hasta el estanque redondo de Ciencias Básicas (E1), que es más adecuado para realizar la conservación del agua captada (ver el ejemplo de ciclo diseñado de agua en el anexo VII).

En cuanto al estanque E7, el cual aún está por diseñar en detalle y para acabar de definir su ubicación, tendría un papel muy importante en la recogida de aguas. Aún a falta de una determinación precisa de su volumen y ubicación, se recomienda el estudio de la zona del parking del límite inferior del Campus para su ubicación. Este emplazamiento es de especial importancia, puesto que al ser el punto de cota más baja del Campus, permitiría la captación por gravedad de todas las aguas que no se pueden captar en los estanques E4 y E5, por situarse por debajo de su cota de entrada.

El volumen de este estanque se prevé elevado, pero se puede esperar a determinarlo a la espera de las modificaciones a realizar en el sistema de captación de los estanques E4 y E5, que permitirán adquirir una experiencia de captaciones reales para ajustar su volumen idóneo.

## **2.4. Red de transporte y riego**

En la actualidad encontramos en el Campus principalmente dos redes de distribución de agua: la red de riego del Campus y la red de canales y cantoneras tradicionales.

### **2.4.1. Red de riego**

En referencia a la red de riego, en los últimos años se ha realizado un importante esfuerzo de cara a centralizar todos los sistemas de riego desde un único punto, que es la estación de bombeo situada en los alrededores de la balsa circular de Ciencias Básicas.

Desde este punto se bombea y distribuye el agua de riego a los diferentes jardines del Campus, y en el mismo estanque se centralizan los aportes de agua, que según la épocas, calidad, etc. serán de las concesiones de la comunidad de regantes, agua de abasto, agua recuperada de barranco Seco o la de momento pequeña cantidad de aguas pluviales que actualmente este depósito recibe.

Esto permite un buen control de las cantidades de riego, a la vez que ha simplificado la gestión de los mismos, aunque en algunos casos implique un sobrerrequerimiento de bombeo de algunas zonas en comparación a otras posibles ubicaciones.

Es por lo tanto una instalación que en líneas generales presenta un buen estado de mantenimiento y desarrollo, y que se prevé mantener en un futuro, en que no se modificaría tanto este sistema de distribución como el tipo y la proporción de las aguas aportadas, según nuevas disponibilidades y criterios de sostenibilidad, según se recoge en el presente proyecto.

### **2.4.2. Red de canales y cantoneras**

La otra red existente en el Campus es la red de canales y cantoneras históricas que servían para el transporte y distribución del agua de riego para la vega de Tafira. Esta se encuentra en desigual estado de conservación según las zonas, habiendo desaparecido en algunas áreas afectadas por actuaciones posteriores y manteniéndose en funcionamiento en otras, de las cuales la principal es la red que discurre paralela al camino del Salvago.

El inventario de esta red, así como el detalle de las cantoneras que la integran se encuentran desarrollados en el anexo nº V.

En el último año se han acordado una serie de actuaciones de mejora entre la Universidad y el Consejo Insular de Aguas, con las que se prevé actuaciones de acondicionamiento e impermeabilización de los canales que la integran, así como de rehabilitación de las cantoneras que lo requieran.

Estas actuaciones permitirán el mantenimiento de su utilización actual como red de transporte del agua de regantes y recuperada de Barranco Seco, hacia diferentes estanques (principalmente E4 y E5) del Campus, para su posterior uso en el riego tanto agrícola como de jardinería.

Es importante destacar el papel como valor histórico que esta red lleva implícito, por lo que es aún más destacable si cabe su rehabilitación.

En cualquier caso se prevé también la construcción futura de nuevos tramos de canales, que deben permitir la interconexión entre diferentes elementos del presente proyecto y que por su naturaleza y requerimiento se podrían realizar con técnicas análogas a las tradicionalmente desarrolladas.

Principalmente se prevé que se podría realizar por este sistema el transporte de las aguas pluviales captadas en la parte alta del Campus hasta sus embalses de almacenamiento, puesto que la red de recogida de pluviales (que se seguiría utilizando para la captación) está alejada de los puntos previstos de recogida. En el plano adjunto se presenta un primer boceto de esta red.

### **2.4.3. Recuperación del palmeral**

Otro aspecto que se debe considerar, es cómo se garantiza la continuidad del palmeral establecido en el Campus (Ver Punto 2.8.4). Este palmeral, como se ha comentado, constituye de por sí un entorno característico del Campus de Tafira de la U.L.P.G.C., pero se ve amenazado por el abandono de las técnicas tradicionales de riego del mismo.

Ante esta situación se pueden considerar dos alternativas para su mantenimiento:

- Recuperar el transporte de agua por “machos crudos”, aunque no tenga utilidad práctica ni de cara al riego de cultivos ni al riego de jardines, y consistiría en reabrir los machos crudos necesarios en los palmerales a mantener, e irrigarlos periódicamente con agua de riego, con el fin de que esta se infiltrase para el posterior aprovechamiento por parte de las palmeras.
- La otra alternativa es ampliar la red de riego por goteo a los diferentes palmerales, conectándolos con el riego general de jardinería, e irrigándolos de este modo.

La primera alternativa requiere el uso de mayor cantidad de agua, pero se puede valorar, puesto que serviría de muestra de los usos tradicionales y se emplearía esporádicamente, cuando así lo requiriese el palmeral (quizás unos 4 a 8 riegos anuales, a determinar según los requerimientos y las posibilidades de almacenamiento del agua en el suelo, que es altamente arcilloso y retiene bien el agua)

La segunda ofrece la posibilidad de ahorrar una cierta cantidad de agua, pero tampoco demasiada, puesto que se debería aportar el agua no según un cálculo general de riego, sino según lo requiriese el propio palmeral.

Debe estudiarse más detenidamente el caso concreto de cada uno de los palmerales, así como la proximidad de los puntos de aporte de agua, para tomar la decisión más adecuada al respecto.

## **2.5. Jardinería**

Como se observa en el primer bloque del proyecto, la jardinería es ya en la actualidad uno de los principales demandantes de agua de las instalaciones del Campus. Además, las estimaciones trabajadas se refieren al periodo de estudio del curso 97-98 (en que representaba más del 60% del consumo, sólo de agua de abasto, sin considerar otras fuentes como el agua de regantes o el agua recuperada de Barranco Seco), habiéndose ampliado en estos años la superficie de jardines, como es el caso de la Palmita, y previéndose en un futuro próximo más y significativas ampliaciones, como son los jardines del Pensador, el entorno de las Facultades de Humanidades u otros nuevos equipamientos ya previstos.

Será por tanto de capital importancia el estudio y la adaptación de las técnicas y especies utilizadas en la jardinería para la gestión más sostenible del agua en el Campus de Tafira.

En los estudios previos de jardinería realizados hasta la fecha se ha utilizado para las estimaciones de consumos, etc. aproximaciones generalistas de consumos, considerando todos los jardines como equivalentes, o cómo máximo diferenciando los riegos según sean por aspersión, goteo o riego a manguera. Consideramos de capital importancia profundizar en el conocimiento de las tipologías de jardinería utilizadas en el Campus, para poder detallar en mayor medida la realidad a la que nos enfrentamos.

En este sentido creemos necesario diferenciar entre varios aspectos que afectan directamente al consumo hídrico como son:

- Tipo de riego y periodicidad
- Tipo de cobertura del suelo
- Tipo de planta utilizada, diferenciando dentro de estas tres aspectos clave:
  - Porte de la planta
  - Ser o no plantas autóctonas de las islas
  - Requerimientos hídricos intrínsecos

A partir del estudio de estos apartados podremos generar una tipología lo más clara posible de las diferentes jardinerías potenciales y asociarles unos consumos estándares de agua, a la vez que nos permitirá hacer un seguimiento de la evolución de la demanda de riego, en este sector clave para el logro de los objetivos que animan al presente proyecto.

### 2.5.1. Tipos de riego

Dentro de las limitadas posibilidades del presente proyecto se ha intentado hacer una aproximación a la realidad de la jardinería presente actualmente en el Campus.

Aunque sería necesario ampliar el conocimiento y el detalle, servirá para tener una visión más detallada de la realidad a la que nos enfrentamos.

En cualquier caso, hasta el momento hemos realizado una aproximación basándonos en diferentes aspectos como son:

## Tipo de riego

Riego por aspersión, con un consumo estimado no inferior a 60 l/m<sup>2</sup> (3.120 l/m<sup>2</sup> y año) y semana, riego por goteo, con un consumo estimado de unos 30 l/m<sup>2</sup> (1.560 l/m<sup>2</sup> y año) y semana y riegos a manguera con un consumo de 80 l/m<sup>2</sup> y semana (4.160 l/m<sup>2</sup> y año) (aunque hay zonas, como se verá, que se riegan a manguera, pero sólo de forma esporádica y que por consiguiente consumen mucho menos de estos 80 l/semana señalados).

## Tipos de cobertura de los estratos

En este sentido diferenciamos a nivel de tres estratos:

- El de cobertura del suelo, que puede ser con acolchado de picón, plantas crasas y raptantes, herbáceo-pratense, flor ornamental y césped (por orden creciente de requerimiento hídrico).
- Estrato arbustivo, que puede ser presente o no presente y en caso de estar presente se diferencia entre planta autóctona de medianías, planta autóctona de cumbre u otros biótotos, planta alóctona de consumo medio y planta alóctona de alto requerimiento, también en orden creciente de requerimiento hídrico.
- Estrato arbóreo, que puede ser presente o no presente y en caso de estar presente se diferencia entre árboles autóctonos de medianías, árboles autóctonos de cumbre u otros biótotos, árboles alóctonos de consumo medio y árboles alóctonos de alto requerimiento, también en orden creciente de requerimiento hídrico, y una estimación del porte y densidad general de plantación en la parcela.

## Especies autóctonas y alóctonas

A parte del consumo intrínseco de las diferentes especies consideramos un factor importante el hecho de que se haya utilizado planta autóctona en el diseño de la jardinería. Quizás este aspecto sobrepase el ánimo del presente proyecto, pero sí es muy significativo de cara al proyecto general de sostenibilidad del Campus.

Obviamente un aspecto muy relevante es el uso de plantas y combinaciones propias de las zonas de medianías del archipiélago, puesto que al corresponder al tipo climático en el que está ubicado el Campus pueden crecer sin necesidad de aporte hídrico alguno.

En cualquier caso valoramos también otros factores clave, aún usando plantas de cumbre o palmeras, etc. que tienen requerimientos hídricos medios a altos, como planta potencialmente a utilizar, tanto por su mejor aclimatación al medio circundante (menos problemas fitosanitarios y necesidades de tratamientos, adaptación al suelo y al clima, etc.) como por el valor añadido debido al especial emplazamiento del Campus (destacando aquí que está rodeado en buena parte de su perímetro por dos ámbitos de especial significancia para la isla de Gran Canaria como es el Jardín Canario y el entorno del Barranco Guinguada) a los que con una mala política, se puede "contaminar" con la utilización de especies alóctonas o a la inversa, con una adecuada política se les puede dar continuidad, dando un área homogénea y significativa de planta canaria en el entorno periurbano de la ciudad de las Palmas de Gran Canaria.

También es destacable la alta variabilidad de especies que hallamos en Canarias por su peculiar situación geográfica, nexo de hasta tres continentes, y que ofrece recursos aptos para todos los tipos de jardinería planteables en el Campus.

Debemos insistir pues en la necesidad de generar un hábito de utilización sólo de especies autóctonas, que si bien debería de ser una prioridad en todas las islas, es quizás la zona dónde es menos excusable, teniendo un importante centro de estudio de la flora canaria colindante con el Campus como es el Jardín Canario.

### **Requerimientos hídricos intrínsecos**

A partir de la observación de estos diferentes aspectos y de la observación global de la parcela, se realiza una clasificación de los requerimientos hídricos de cada parcela observada, que va de 1 (no requerimiento regular de riego) a 5 (alto requerimiento de riego) y que se utiliza para hacer una aproximación más adecuada al consumo de agua para el riego, a la vez que, una vez revisado, debería permitir el hacer el seguimiento de la evolución de los consumos atribuibles al riego en un futuro ecoindicador.

#### **2.5.2. Tipos de jardinería**

A partir de la clasificación presentada en el punto anterior, se han separado las zonas ajardinadas en 5 tipologías, a continuación se presentan ejemplos de las diferentes tipologías y se realiza las diferentes aproximaciones a su consumo.

##### Ejemplos de las diferentes tipologías

Tipo 1: Áreas sin riego o de riegos puntuales, con cobertura del suelo por picón o plantas crasas de bajo requerimiento, flor autóctona y arbustos y árboles de medianías (tabaiba, cardones, etc.)

Consumo estimado: 500 l/m<sup>2</sup> y año

Ejemplos: (fotos no facilitadas por el autor)

Foto 2.1

Foto 2.2

Tipo 2: Áreas con riego por goteo, con cobertura del suelo por picón, plantas crasas de bajo requerimiento o prado, plantas autóctonas o de bajo-medio requerimiento o árboles de cierto porte.

Consumo estimado: 1.500 l/m<sup>2</sup> y año

Ejemplos:

Foto 2.3

Tipo 3: Áreas con riego por goteo, con cobertura del suelo por plantas crasas de bajo-medio requerimiento o prado, planta autóctona o de medio requerimiento o árboles de cierto porte.

Consumo estimado: 2.000 l/m<sup>2</sup> y año

Ejemplos:

Foto 2.4

Tipo 4: Áreas con riego por aspersión o goteo, con cobertura del suelo por plantas de medio requerimiento o prado verde, plantas de medio-alto requerimiento o árboles de cierto porte y requerimiento.

Consumo estimado: 3.000 l/m<sup>2</sup> y año

Ejemplos:

Foto 2.5

Foto 2.6

Tipo 5: Áreas con riego por aspersión, con cobertura del suelo por plantas de alto requerimiento o césped, plantas alóctonas de alto requerimiento o árboles de alto requerimiento.

Consumo estimado: 4.000 l/m<sup>2</sup> y año

Ejemplos:

Foto 2.7

Foto 2.8

Foto 2.9

### 2.5.3. Clasificación de la jardinería presente en el Campus

A partir de esta tipología de jardines según su consumo hídrico, se han clasificado las diferentes zonas ajardinadas presentes en el Campus. En total se han diferenciado hasta 32 zonas ajardinadas diferentes (algunas incluyen varias parcelas de características similares) y se ha evaluado la superficie para cada una de ellas, tal y como se presenta en la tabla 2.1:

Tabla 2.1

Nº parc.	superficie total m2	Factor de corrección	Superf. riego m2	Tipo de jard.
1	455	1	455	2
2	1146	1	1146	3
3	2156	0,6	1293,6	2
4	1475	1	1475	1
5	675	0,45	303,75	2
5b	2710	0,3	813	2
6	3704	0,4	1481,6	4
7	639	1	639	2
8	529	1	529	5
9	2467	1	2467	5
10	3567	0,7	2496,9	4
11	1939	0,7	1357,3	4
12	4417	0,7	3091,9	5
13	4102	0,15	615,3	3
14	1305	1	1305	3
15	1573	1	1573	5+
16	2704	1	2704	4
17	3564	0,9	3207,6	3+
18	3170	0,3	951	4
19	749	1	749	5+
20	1584	1	1584	2
21	617	1	617	4
22	545	1	545	5+
23	1425	1	1425	3
24	290	1	290	5+
25	1036	0,9	932,4	1
26	1325	1	1325	5+
27	3549	1	3549	4
28	9887	1	9887	5+
29	713	1	713	4
30	7953	0,4	3181,2	1
30b	839	1	839	1
31	488	1	488	3
32	5172	0,4	2068,8	3+
32b	1379	1	1379	3+
Totales			57477,35	

(El factor de corrección corresponde a zonas de jardinería intermitente, como puedan ser

los parkings u otros)

Para ver las zonas a las que corresponde cada una de las parcelas clasificadas, observar el plano de jardinería, en el que además se diferencian cromáticamente las diferentes intensidades de consumo de agua.

Utilizando estas superficies, y aplicándoles las estimaciones de consumo presentadas en el punto anterior, obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 2.2- Superficies totales por tipo de jardinería

Tipo de jardinería	Superficie m2	% superf.	Consumo m3/m2	total m3	% riego
1	6.427,6	11,2	0,5	3.213,8	2,0
2	5.088,3	8,9	1,5	7.632,5	4,8
3	11.634,7	20,29	2	23.269,4	14,8
4	13.869,8	24,19	3	41.609,4	26,4
5	20.456,9	35,6	4	81.827,6	51,9
<b>totales</b>	<b>57477,3</b>			<b>157552,7</b>	

A continuación se presentan estos mismos datos en forma de gráfico, con lo que se pretende ejemplificar la importancia para el consumo total de agua de tender a utilizar técnicas de menor riego. En el mismo se observa como la suma de la superficie de menor riego (tipos 1, 2 y 3) significan el 40,3 % de la superficie ajardinada y el 21,6 % del riego total, mientras que las tipologías de mayor consumo (tipos 4 y 5) representan el 59,7 % de la superficie y el 78,4 % del riego.

Gráfico 2.1

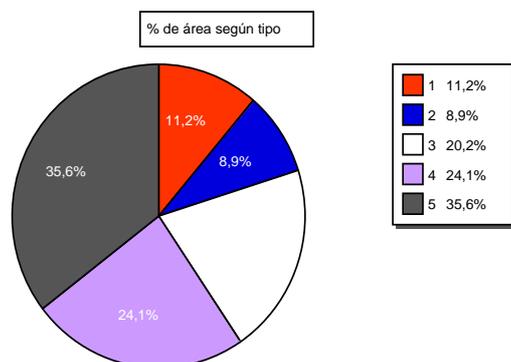
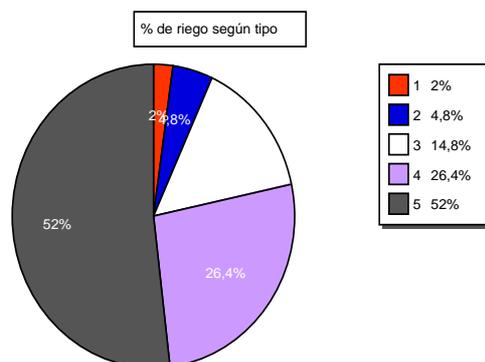


Gráfico 2.2



En una zona con tendencia a la aridez climática, como en la que se encuentra ubicado el Campus, será pues de capital importancia el tener este tipo de datos en consideración y clarificar una política de tendencia a tipologías de menor consumo, tanto en las nuevas actuaciones de jardinería, como de corrección de las existentes.

En este sentido a continuación se presenta , a nivel de ejemplo, lo que significaría el reducir un orden de magnitud los diferentes riegos existentes (pasar las zona 5 a 4, 4 a 3, etc.)

Tabla 2.3- Hipótesis con la adaptación a un orden menor de consumo

Tipo de jardinería	Superficie m <sup>2</sup>	% superf.	Consumo m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	total m <sup>3</sup>	% riego
1	11515,9	20,0	0,5	5757,975	5,1
2	11634,7	20,2	1,5	17452,05	15,5
3	13869,8	24,1	2	27739,6	24,7
4	20456,9	35,6	3	61370,7	54,6
5	0	0	4	0	0
<b>totales</b>	<b>57477,35</b>			<b>112320,325</b>	

Gráfico 2.3

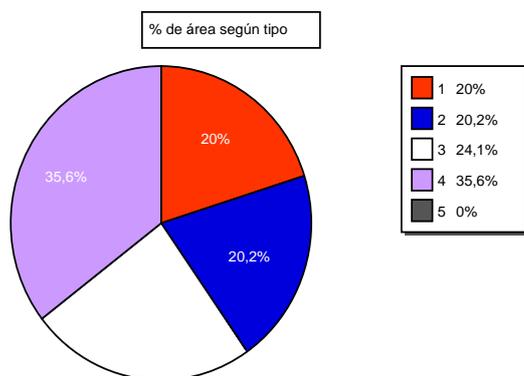
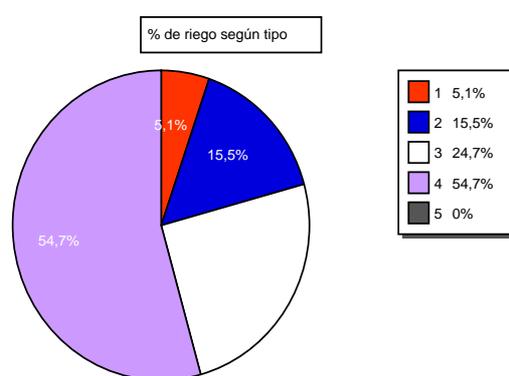


Gráfico 2.4



Esta modificación, que no sería un importante problema ni técnico (puesto que son los mismos tipos de jardines que ya se encuentran instalados en el Campus) ni estético o paisajístico (ver como ejemplo las fotos del punto anterior) significaría una importante reducción del consumo de agua requerida en jardinería, que es como hemos dicho el principal consumidor en el Campus. En el mismo se observa como la suma de la superficie de menor riego (tipos 1, 2 y 3) significarían el 64,3 % de la superficie ajardinada y el 45,3 % del riego total, mientras que las tipologías de mayor consumo (tipos 4 y 5) representan el 35,6 % de la superficie y el 54,7 % del riego.

A nivel de consumo total, este cambio significaría el pasar de un total de 157.552,7 m<sup>3</sup> anuales, a un total de 112.320,3 m<sup>3</sup> anuales, o lo que es lo mismo, un reducción del 28,9 % del consumo en riego o un ahorro de 45.232,4 m<sup>3</sup> anuales o de 127.057 litros por día.

#### 2.5.4. Listado de plantas para xerojardinería

Un aspecto que sería extremadamente interesante de cara a la realización de esta jardinería sostenible, con planta autóctona y criterios de xerojardinería (jardinería que no requiere riegos o sólo puntualmente) y de índices de biodiversidad, sería la confección de un estudio sobre la planta canaria potencialmente utilizable.

En otro sentido, el tener una pauta clara de las diferentes tipologías de jardines que se utilizasen, permitiría definir una normativa o ecoordenanza del Campus que guiase las futuras actuaciones en este ámbito.

Es un problema común, que la documentación sobre planta de jardinería sea propia de otros tipos climáticos (sin ir más lejos muchos libros de referencia son directamente traducidos de trabajos realizados en Inglaterra, Alemania, etc.) y frecuentemente se omite el uso de plantas autóctonas simplemente por desconocimiento de sus características o por falta de suministro desde los viveros.

Debemos pues animar a que se realice un buen estudio botánico de las principales plantas canarias, en el que se reflejen sus potencialidades de uso, requerimientos nutricionales, de suelo e hídricos, su zona climática de procedencia, etc.

A nivel de ejemplo sería muy útil el poseer matrices que reflejasen para cada planta aspectos como los siguientes:

Porte de la planta:

- Flor, árboles, arbustos, etc.
- Validez para setos o emparrados

Floración:

- Época de floración
- Vistosidad de la flor

Suelo:

- Tipo de suelos que requiera
- Profundidad del suelo que requiere
- Nivel de humedad y problemas por encharcamiento

Nutrientes:

- Demanda de fertilización
- Nutrientes específicos que reclama o que la perjudiquen (como los silicatos, etc.)

Usos potenciales:

- Ornamental
- Usos tradicionales medicinales
- Usos forrajeros
- Hábitat de fauna específica, etc.

Creemos que disponer de esta información de forma sintetizada facilitaría en gran medida el trabajo de futuros diseñadores de jardines para el Campus (e incluso a un nivel de entorno más amplio) e impediría la justificación de usar plantas alóctonas, siempre que hubiera un equivalente canario más adaptado, con menos requerimientos, etc.

Sería un interesante trabajo que aportaría una información clave para futuros desarrollos.

### **2.5.5. Nueva tipología de jardinería**

La confección de estas matrices, así como el esqueleto de tipología que se ha presentado en el presente proyecto deberían de permitir el establecimiento de una tipología clara y concisa de la jardinería presente o futura en el Campus.

Disponer de esta tipificación facilitará en gran medida el seguimiento de la jardinería en el Campus (y por ende el consumo de agua) así como puede ser una válida herramienta de

cara a futuros diseños o remodelaciones de jardines, permitiendo la inclusión en las condiciones de concurso público o encargo de proyectos.

## **2.6 Otros ámbitos**

A lo largo del desarrollo del presente proyecto se han ido comentando algunos aspectos que de forma indirecta se ven afectados por el mismo.

A continuación se detallan varios de estos de estos aspectos relacionados, pero que tienen una entidad propia, bien sea académica, ecológica, educativa, etc.

### **2.6.1. Generación de puntos húmedos**

La construcción de las diferentes estaciones depuradoras y balsas de almacenaje de pluviales, constituyen de por sí puntos húmedos que pueden ser aprovechados como punto de bebida, alimentación y nidificación por parte tanto de la avifauna como de otras especies.

Implican asimismo de por sí un hábitat en el que desarrollarse flora propia de zonas húmedas.

Esta función la realizan especialmente las depuradoras extensivas por su mayor densidad y diversidad de vegetación presente.

### **2.6.2. Posibilidades científicas**

Como se ha ido comentando en diferentes puntos del proyecto, el mismo, representa una importante experiencia, pionera en nuestro país que ofrece múltiples posibilidades de estudio e investigación científica, relacionables con diferentes facultades de la Universidad, como son:

- Las ciencias biológicas (en este caso las ciencias del mar, pero que podría interesar a otras formaciones impartidas por ejemplo en la Universidad de la Laguna, como son biología, agronómicas o las ciencias ambientales).
- Las diferentes ingenierías, que pueden desarrollar desde el estudio de técnicas constructivas tradicionales y el comportamiento de materiales ecológicos, química, en referencia a las interioridades del proceso en sí, etc.
- Arquitectura, tanto por las características constructivas como por el conocer y incluir estas tecnologías en los proyectos de diseño urbanístico, etc.

### **2.6.3. Integración con el entorno**

- El presente proyecto no debería, en la situación actual, limitarse al área específica del Campus de la U.L.P.G.C., sino que se debería (de hecho ya se han realizado los primeros contactos) interrelacionarse esencialmente con dos proyectos colindantes y en diferente medida con una gestión a una escala más amplia.

Estos dos proyectos colindantes con el Campus son el Jardín Canario y el proyecto de adecuación del entorno del barranco Guinguada, en este sentido, el Campus puede dar continuidad a caminos formativos del proyecto Guinguada, así como mantener una continuidad biológica con el Jardín Canario y con el mismo barranco Guinguada.

Un ejecución rigurosa del presente proyecto, considerando aspectos como la diversidad de medios biológicos utilizador en la jardinería, el uso de especies autóctonas, la continuidad paisajística, etc. será un factor crucial para el desarrollo sinérgico del proyecto del Campus, conjuntamente al desarrollo de su entorno.

#### **2.6.4. Paisajismo**

El presente proyecto, tanto en la construcción de depuradoras y otros equipamientos, como por la conservación del palmeral y las modificaciones a introducir en las tipologías de la jardinería, tendrá un importante efecto paisajístico en el Campus.

Es importante que este aspecto paisajístico no se desvincule de los puntos anteriormente mencionados, que no deben limitarlo, sino encauzarlo en una línea más general de recuperación de hábitats y de potenciación del uso de la flora canaria.

#### **2.6.5. Recorridos formativos**

Un aspecto fácilmente desarrollable en el presente proyecto es la creación de una serie de recorridos formativos, que pueden abarcar muy diferentes niveles, adaptándose recorridos y materiales de soporte a diferentes ámbitos como son:

- Recorridos adaptados a las necesidades formativas de los diferentes ciclos de la educación obligatoria, como son la gestión de residuos, los ciclos de nutrientes, el conocimiento de diferentes ecosistemas o la formación medioambiental.
- Recorridos adaptados a los estudios superiores, que siguiendo el mismo patrón que los anteriores profundicen el conocimiento al nivel requerido.
- Recorridos adaptados a los técnicos municipales y reguladores del paisaje, mostrando in situ las posibilidades de diseño ecológico de urbanizaciones, equipamientos, etc.
- Recorridos adaptados a la divulgación a nivel de la población en general, que tengan continuidad con el proyecto Guinguada y con los recorridos del Jardín Canario.

## **2.7. Gestión de la demanda**

El presente proyecto ha tratado la gestión del agua desde diferentes perspectivas, como son la red de abasto, recogida de aguas separada según sean residuales o pluviales, el tratamiento del agua residual, el acopio de las aguas pluviales y tratadas, los sistemas de riego y las técnicas necesarias para reducir los consumos de agua en las zonas ajardinadas.

Creemos demostrado en el conjunto del mismo que la ejecución de las acciones propuestas permitiría tanto un menor consumo, como una importante recuperación y captación de aguas, de una forma ecológica, sostenible y generadora de una serie de hábitats, entre otros aspectos positivos, a la vez que repercute en una significativa reducción de los costes de abasto de agua, que deben de amortizar en un medio plazo las actuaciones propuestas.

Quedan en cualquier caso dos aspectos fundamentales que tratar de cara a la implantación y buen funcionamiento del plan de gestión integral del agua en el Campus de Tafira, que son:

- Cómo se consume el agua y si se pueden reducir las necesidades en origen o dicho de otra forma, la minimización de la demanda.
- Cómo se conocen los resultados del proyecto y se hacen llegar los mismos a los usuarios de forma que estos tomen conciencia de sus objetivos y se sientan implicados en la persecución de los principios del mismo.

En lo que hace referencia a la gestión de la demanda, actualmente ya se han empezado una serie de estudios y actuaciones coordinados con el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, que debe de determinar las actuaciones a realizar en este sentido y el Instituto Tecnológico de Canarias que presta el apoyo profesional y al desarrollo del marco del convenio.

## **2.8. Actuaciones propuestas**

A lo largo del presente proyecto se han ido apuntando más o menos detalladamente, diferentes actuaciones que se consideraban importantes para la puesta en práctica del presente proyecto.

En este apartado, resumiremos estas diferentes actuaciones, el fin que persiguen, su importancia dentro del proyecto y prioridad, etc.

### **2.8.1. Contadores de consumo**

La poca información disponible sobre los consumos detallados de agua en el Campus ha sido uno de los principales handicaps del presente proyecto.

Sólo existía de forma parcial (se unían riegos con agua de abasto, cubría grandes áreas, etc.) el estudio que durante el curso 97/98 realizó la Oficina Técnica.

Será de suma importancia el diseñar y implantar un sistema de control periódico lo más detallado posible de los consumos del Campus, (aspecto que va muy relacionado con los puntos 2.8.5, 2.8.8 y 2.9.2 del presente apartado, y se deberían de estudiar en conjunto).

Este debe de abarcar tanto el consumo de aguas de abasto para los diferentes edificios y facultades, como los otros suministros de agua que abastecen el Campus y sobre los que no hemos encontrado información, como son los consumos de aguas de regantes, los consumos de agua recuperada de Barranco Seco y si se da el caso de los pozos ubicados en el propio Campus.

Convendría asimismo hacer un calendario de analíticas periódicas de la calidad de las diferentes aguas consumidas, para priorizar su uso en función a estos resultados.

### **2.8.2. Recogida de aguas pluviales**

Debe realizarse un estudio arquitectónico detallado del estado actual de las recogidas de aguas pluviales en cada uno de los edificios y otras superficies impermeabilizadas.

Así mismo se debe de estudiar la viabilidad técnica y económica de realizar las modificaciones necesarias para la recogida separada de estas aguas de las residuales, así como las mejores alternativas para su conexión a la red separativa de aguas pluviales.

Tanto el estudio como las modificaciones se consideran fácilmente asequibles, tanto técnica como económicamente, al menos en la mayoría de los casos, por lo que sería conveniente darle una cierta prioridad dentro del orden de actuaciones.

### **2.8.3. Red de saneamiento y pluviales**

Aún conociendo el estado general de ambas redes, falta un mejor conocimiento de ciertos detalles a fin de poder realizar los estudios pertinentes de viabilidad de los diferentes

emplazamientos a utilizar, nuevas conducciones necesarias o modificaciones para separar las dos redes actuales.

Será necesario pues, realizar un informe topográfico detallado de las cotas de base de las diferentes tuberías, así como un estudio en detalle del estado actual de cara a proponer las diferentes actuaciones necesarias.

Este aspecto tampoco debe de revestir mayor complejidad técnica ni ser oneroso, por lo que se le puede adjudicar una prioridad media alta.

#### **2.8.4. Palmeral**

Debe realizarse una catalogación de los diferentes palmerales a conservar del Campus.

Paralelamente a esto deben determinarse los requerimientos hídricos de los mismos, para poder decidir con buen conocimiento de causa la mejor técnica de irrigación a implantar (sea por sistema de goteo o por la generación de una red de machos crudos diseñados al respeto).

Este apartado tampoco reviste demasiada complejidad técnica y se puede realizar con pequeñas modificaciones de los actuales sistemas de riego o de abasto de agua de regantes.

Es importante realizar esta actuación en el menor plazo de tiempo posible, puesto que ya se detectan actualmente problemas de estrés hídrico en gran parte de las palmeras que lo componen.

#### **2.8.5. Identificación de puntos y tipo de vertidos**

Se echa en falta un estudio más detallado de los diferentes tipos y puntos de vertidos que se encuentran en el Campus, máxime en lo que hace referencia a los vertidos excepcionales o problemáticos que se puedan dar en laboratorios u otros usos que no generen aguas residuales humanas, sino de otro tipo.

En principio este estudio era una de las actuaciones previstas por parte de la Oficina de Residuos del Campus, pero sería necesario que se realizase a la mayor brevedad posible, de cara al buen diseño y dimensionado de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas a diseñar.

#### **2.8.6. Propuestas de actuaciones de tratamiento de aguas residuales**

En la actualidad ya se han empezado a diseñar los primeros elementos del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Estas actuaciones, juntamente con las instalaciones de almacenamiento de aguas pluviales, son las que requerirán un mayor esfuerzo económico, por lo que se deberán temporizar a partir de la disponibilidad de los diferentes recursos financieros.

Esto permitirá asimismo la adaptación de los futuros proyectos a los diferentes resultados obtenidos en el primer modelo a gran escala que ya se ha diseñado para el Campus (ver anexo VII).

En cualquier caso sí será importante la ejecución de las obras propuestas para el primer bloque, de cara a evaluar las técnicas, costes y especialmente los volúmenes de agua recuperados, lo que permitirá extrapolar esta información a las previsiones de ahorro de agua, volumen de agua recuperable, etc. y por consiguiente a la valoración ecológica y económica global del proyecto de Gestión Integral del Agua en el Campus.

### **2.8.7. Propuestas de actuaciones de captación de aguas pluviales**

En este apartado podemos diferenciar dos grandes bloques de actuaciones, por un lado encontramos esas actuaciones que se basan en la reforma y adaptación de las instalaciones actualmente existentes, y por el otro las actuaciones que requieren de obras de nueva ejecución.

El primer bloque es proporcionalmente de un coste económico muy inferior, puesto que los embalses (el elemento de más coste) ya están contruidos y solo implican modificaciones y remodelaciones de los mismos así como la adaptación (e incluso construcción de nuevos tramos) de la red de recogida de agua pluviales.

Con esta actuación se recuperarían a grandes rasgos las aguas pluviales captadas en la mitad sur del Campus.

En el otro apartado, las actuaciones de nueva ejecución, será necesario adaptarse a las disponibilidades financieras y a otras actuaciones necesarias para su puesta en marcha (como pueda ser el desmantelamiento del parking de la zona baja del Campus).

Como en el punto anterior, el hecho de poder iniciar la recogida de aguas de parte del Campus a un coste bajo de obra, debe permitir obtener unos resultados que permitan el estudio en detalle de la viabilidad de realizar las siguientes actuaciones encaminadas a captar la totalidad de las aguas pluviales precipitadas en el perímetro del Campus.

### **2.8.8. Contadores de los consumos de jardinería**

Es de suma importancia conocer con el mayor detalle posible los consumos de agua que requiere cada uno de los tipos de jardinería implantados en el Campus a fin de hacernos una idea cabal de lo que implica cada tipo de jardinería.

Se carece actualmente de ningún valor experimental mínimamente contrastable con la realidad, así como se desconocen los volúmenes reales o aproximados de agua destinada al riego de jardines.

Así será necesario comprobar que no se utiliza ningún agua de abasto para el riego de jardines, y que se informe de los volúmenes de agua adquiridos a la red de regantes y a la E.D.A.R. de Barranco Seco.

Será también de suma importancia el hacer un estudio detallado del consumo de agua en cada tipo de jardín descrito, mediante el uso de contadores en parcelas seleccionadas que sean representativas de cada tipología de jardín actualmente implantado en el Campus.

La duración de este estudio debe ser como mínimo de un año completo.

Sería conveniente asimismo el contar con una información más detallada de las cantidades de agua, horarios de riego, etc. que se ha echado en falta en la información recopilada para el redactado del presente proyecto.

### **2.8.9. Listado y matrices de plantas de xerojardinería**

Como se comenta en el apartado 2.6.4 y 2.6.5 debe realizarse un estudio en profundidad de las diferentes especies de plantas utilizables, tanto como especies de xerojardinería, como a especies autóctonas potencialmente utilizables para jardinería.

Además de la búsqueda y descripción de las especies adecuadas a estos principios sería sumamente interesante que se realizasen matrices de caracteres a considerar, como su requerimiento hídrico, importancia ecológica, porte, requerimientos de suelo y nutrientes, épocas de floración o importancia ornamental, de cara a tener una potente herramienta de ayuda destinada a los futuros diseñadores de jardines a implantar en el Campus.

### **2.8.10. Concreción de la tipología de jardinería**

En línea con el punto anterior, sería importante acabar de perfilar y detallar una tipología concisa de especies y técnicas utilizables en la jardinería.

Esta se puede basar en la primera aproximación realizada en el presente proyecto, pero debería concretarse, sobretodo en el sentido de realizar una clasificación de las diferentes especies potencialmente utilizables que las correlacionase con los tipos de jardines en que se pudiesen utilizar.

### **2.8.11. Pliego de condiciones complementarias de proyectos de obra civil y urbanizaciones futuras del Campus**

Un estudio que aportaría una importante herramienta al diseño sostenible de las futuras actuaciones y reformas de obras en el Campus de Tafira, sería la generación de un pliego de condiciones complementarias a considerar en los futuros proyectos de obras y urbanizaciones a implantar en el Campus.

Este puede considerar diferentes aspectos relacionados con el agua como es que se prevean recogidas separadas de aguas pluviales y residuales en cubiertas y pavimentos, los tipos de cisternas de lavabo más adecuadas para el ahorro de agua, la implantación de reductores de caudal y otros sistemas de ahorro, u otros a determinar.

Asimismo, este pliego de condiciones complementario, debería estudiar los materiales más adecuados para las conducciones de agua, apostando por los materiales que

presenten un menor coste ecológico y riesgo contaminante en su vida útil (materias primas, elaboración vida útil y comportamiento como residuo) o huella ecológica.

De realizarse este trabajo (que se podría incluir en una tesina o tesis de algún estudiante de arquitectura, por ejemplo), sería muy oportuno que se complementase con otras condiciones que afectan a una edificación sostenible como son las recomendaciones de materiales en función de su huella ecológica (bien sean materiales de obra, pinturas, cerramientos, etc.) o los mínimos aceptables de aislamiento térmico y de iluminación natural que afectarán a otros aspectos como el consumo energético y la habitabilidad de los edificios, de forma que estos aspectos no se consideren como méritos de los diferentes proyectos presentados, sino como condición irrenunciable de los mismos.

## **2.9. Ecoindicadores del proyecto**

Como en el punto anterior, en el presente apartado se resumen una serie de ecoindicadores importantes para el conocimiento del estado y evolución del nivel de sostenibilidad del Campus.

Un ecoindicador es cualquier parámetro que dé una noción de la evolución de diferentes aspectos que repercutan en la sostenibilidad ecológica del Campus. Estos se basan en datos obtenidos a lo largo del tiempo, como pueda ser los tipos y cantidades de residuos generados en el Campus, o el consumo eléctrico, de papel o de agua.

Estos parámetros deben ser fácilmente medibles e independientemente de que paralelamente se desarrollen estudios de mayor profundidad, deben de recopilarse y publicarse periódicamente, siendo uno de sus máximos objetivos el que lleguen al conocimiento de los usuarios de las instalaciones del Campus, para implicarlos en el proceso de adaptación ambiental del mismo.

A continuación se presentan los que se han ido comentando en el presente proyecto, lo que no impide que se desarrollen nuevos indicadores o que se adapten.

### **2.9.1. Seguimiento de los resultados de la depuradora experimental**

Bien sea como ecoindicador o a otro nivel de conocimiento de los resultados obtenidos en el sistema implantado en el Campus, sería interesante mantener y mejorar la analítica de seguimiento de la depuradora experimental.

Asimismo sería de suma importancia la periódica publicación de los diferentes resultados obtenidos a fin de poder tener elementos válidos de cara a las próximas tomas de decisiones por los responsables del presente proyecto y en un nivel más general, de las administraciones y otras entidades implicadas.

### **2.9.2. Contadores de consumo facultad por facultad**

Un potente ecoindicador del presente proyecto serán los datos de evolución del consumo de agua en el Campus.

Este debe de ser lo más detallado posible, a fin de poder evaluar las pérdidas en la red, variaciones de consumo entre diferentes facultades y los resultados obtenidos de las diferentes actuaciones contempladas en este u otros proyectos (por ejemplo a fin de evaluar el impacto en el consumo de la instalación de reguladores de caudal, o detectar pérdidas en sanitarios u otros usos inadecuados del agua).

La forma de presentación de estos ecoindicadores puede ser de muy diversa naturaleza, desde una publicación periódica de los resultados obtenidos más o menos pormenorizados hasta el establecimiento de un "concurso" en el que se premien las facultades con mejor y peor evolución en el consumo de agua, etc.

Estas vías de información al usuario del Campus serán importantes no sólo para este ecoindicador, sino en general para todos ellos.

### **2.9.3. Evolución de las superficies y tipos de puntos húmedos del Campus**

Este es otro ecoindicador que se puede medir sin demasiado esfuerzo, y que a medio plazo puede dar idea del impacto de la actuación en la gestión del agua. Si bien en principio se puede constreñir a la evolución en superficie de zonas humedad de diferente tipología, en un futuro se podría complementar con indicadores de la diversidad de aves observadas en el Campus, aves nidificantes u otros aspectos que den cuenta cualitativa de la evolución ambiental del mismo.

### **2.9.4. Población en el Campus, seguimiento y relaciones de consumo por usuario**

Otro aspecto que se puede reportar periódicamente es la evolución de usuarios de las diferentes instalaciones del Campus.

Este factor además de dar una idea periódica del uso del Campus y de sus diferentes instalaciones (convendría en la medida de lo posible contar con una aproximación a ciertas instalaciones como comedores, polideportivo, hemeroteca, Biblioteca general, etc.), permitiría al mismo tiempo deducir los consumos de agua por usuario, dando una información complementaría a la detallada en el punto 2.9.2.

### **2.9.5. Superficies de los distintos tipos de jardinerías y sus consumos**

Como se ha tratado de mostrar en el presente proyecto, la jardinería es en la actualidad el principal consumidor de agua del conjunto de instalaciones con las que cuenta el Campus de la U.L.P.G.C. por este motivo, además de insistir en la importancia de conocer con datos fiables los consumos que esta implica, publicar periódicamente la evolución de las áreas ajardinadas presentes, correlacionándolas con su tipología y el consumo de agua que esta implica o el porcentaje de agua recuperada por depuración que se haya utilizado para su riego, será un importante y comprensible indicador de la evolución de la gestión del agua en el Campus.

### **2.9.6. Porcentajes de jardinerías con plantas autóctonas y zonas de xerojardinería**

En la misma línea que en el punto anterior y de forma complementaria, sería de suma importancia informar periódicamente de los porcentajes y áreas totales que estén ajardinadas con las dos técnicas más respetuosas ambientalmente, como son las zonas ajardinadas con planta autóctona y las zonas ajardinadas con técnicas de xerojardinería (que no requieran riego).

Sabadell/Las Palmas de Gran Canaria junio de 2002 a mayo de 2003

## **Anexo nº I**

Datos climatológicos

En este anexo se presenta el estudio climático incluido en el proyecto Agroambiental del Campus de Tafira.

Este informe fue realizado por Javier Estévez Domínguez.

## ESTUDIO CLIMÁTICO Y BIOCLIMÁTICO

### 1. INTRODUCCIÓN

Aunque cada vez más atenuado por el desarrollo tecnológico alcanzado por el ser humano, la importancia del clima como factor condicionante de la configuración del paisaje y su incidencia sobre el hombre, tanto en la distribución de la población como en la de sus actividades, queda fuera de toda duda y es lo que explica el interés que sobre éste ha existido desde la más remota Antigüedad.

Como señala Petterssen (1976):” Mucho antes de que empezara a tomar forma la ciencia como hoy la conocemos, los hombres observaron el cielo, notaron las características de las estaciones y procuraron organizar sus actividades en función del tiempo cambiante. Sin duda, muchos observadores sagaces llegaron a alcanzar cierto conocimiento de sucesiones de tiempo características y a formular reglas que, en ocasiones les fueron útiles. Son embargo, este tipo de conocimiento estaba gravemente menoscabado por supersticiones y fantasías. Además, la atmósfera es un sistema sumamente complejo y muy poco de lo que en ella sucede obedece a reglas sencillas.”

**Los datos meteorológicos empleados en este estudio, ilustrados en las tablas adjuntas que hemos elaborado, han sido adquiridos en el Instituto Nacional de Meteorología, sección de Canarias Oriental, Centro zonal de Tafira. Abarcan una serie realmente corta de años, desde 1993 hasta el año 2000, y corresponden a los registros de la cercana estación de Tafira.**

Localidad	Longitud	Latitud	Altitud
Tafira	15 ° 28' W	28° 06'N	375 m

Con estos datos, se han calculado diversos índices climáticos y bioclimáticos, a la par que se han realizado varios gráficos que buscan obtener una aproximación climática y bioclimática del ámbito territorial del Campus de Tafira y sus inmediatos alrededores.

## 2.- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La isla de Gran Canaria presenta una fachada septentrional expuesta todos los meses del año al régimen dominante de los alisios y a las menos frecuentes situaciones atmosféricas del Oeste, de donde procede el grueso de las precipitaciones.

Esta influencia del alisio es dominante en verano, siendo menos intensa en invierno. El espesor de la capa húmeda de los alisios varía mucho a lo largo del año, llegando a alcanzar los 1500 metros más de la mitad de los días de octubre a marzo, mientras que durante julio y agosto suele ser inferior a los 100 metros.

El emplazamiento de Campus de Tafira, en el área de barlovento de Gran Canaria y a una altitud entorno a los 400 metros, determina su situación perenne siempre bajo el denominado mar de nubes. Entre los efectos climáticos y bioclimáticos de esta situación, está la atenuación de las temperaturas (efecto invernadero), además de impedirse la difusión de la humedad del aire hacia las capas superiores que siempre serán más secas.

Las temperaturas, son bastante confortables, siendo la media anual para el periodo estudiado de 18.9 °C. Enero es el mes más frío, con una temperatura media de 15.8 °C, mientras que agosto es el más caluroso con una media de 22.6 °C. La temperatura media anual de las máximas es 28.5 °C registrándose el valor más bajo de dichas temperaturas en enero con 22.9 °C y el más cálido en agosto 28.9 °C. ; durante el periodo observado, la temperatura máxima absoluta es de 33.5 °C alcanzada el 28 de agosto de 1999. Por el contrario, LA temperatura media anual de las mínimas es de 13.4 °C, correspondiendo a enero el valor más bajo con 10.2 °C y a septiembre, sorprendentemente el más elevado, con 16.9 °C; la temperatura mínima absoluta es de 8 °C, alcanzada el 7 de marzo de 1994.

La media anual de temperaturas durante el periodo estudiado es de 15.2° C, siendo agosto y septiembre los meses más cálidos con 18.1° y 17.7° respectivamente.

Los meses más fríos corresponden a enero y febrero con temperaturas mínimas de 8.5 y 9.0°C. La media de las temperaturas máximas absolutas corresponde a julio con 31.4 °C, mientras que la media de las mínimas absolutas corresponde al mes de febrero con 6.0° C.

La dinámica general observada para las temperaturas medias es que van ascendiendo desde marzo hasta agosto, iniciando aquí un descenso paulatino.

En lo referente a las precipitaciones, se constata una gran irregularidad de las precipitaciones, tanto en las medias anuales como en las mensuales. De esta manera, la precipitación media anual es de unos 208 mm al año, cifra que se nos antoja una tanto escasa e irreal, dadas las amplias lagunas que presentan los datos de esta estación meteorológica. Sin embargo, para los datos pluviométricos, contamos con los datos proporcionados por la estación pluviométrica instalada en el vivero de Tafira y en el Jardín Canario, que por su cercanía son datos fidedignos para caracterizar pluviométricamente el Campus universitario . En función de los datos recogidos por estas estaciones, con registros que abarcan un amplio espectro temporal, desde 1950 hasta el año 2000, la media pluviométrica alcanza un valor de 316 mm al año, con un promedio de 69.2 días de lluvia al año, si bien se registra una gran irregularidad interanual. El máximo interanual registrado se sitúa en los 668 mm alcanzados en el año 1956, mientras que el registro mínimo se alcanza en 1995 con tan sólo 119 mm anuales.

La distribución mensual de las precipitaciones muestra un reparto desequilibrado, concentrándose el grueso de éstas en los meses de otoño-primavera, especialmente entre octubre y marzo; diciembre el mes más lluvioso, con una media de 59 mm, mientras que julio y agosto comparten el registro más pobre: tan sólo 2 mm. En cuanto a los valores extremos, destaca el mes de noviembre de 1954, en el que se alcanza un registro de 323 mm en tan solo ese mes, superando noviembre la media anual de estos cincuenta años (316 mm).

mes	Registro (mm)	año
Enero	162	1979
Febrero	206	1988

Marzo	125	1959
Abril	62	1985
Mayo	44	1976
Junio	23	1969
Julio	23	1971
Agosto	13	1984
Septiembre	53	1981
Octubre	303	1956
Noviembre	323	1955
Diciembre	200	1958

La humedad relativa media anual es de 79.9 %. Por meses, julio presenta la humedad relativa más alta, con un 85.1 %, mientras que marzo registra la más baja, 76.7%; en cualquier caso, la humedad relativa oscila entre unos valores máximos y mínimos del 90% y un 71%, respectivamente.

La media total de horas de sol anuales es de 2080.3 horas. El mes con más horas de sol es mayo, con registros mensuales cuya media es 212.4 horas, mientras que noviembre registra una media de 130.5 horas, lo que lo convierte en el mes con menos horas de sol del año. Por años, 1996 con 1930.9 horas de sol, registró el menor número de horas de sol; en cambio, 1995, contabilizó un total de 2245.2 horas de sol.

Por otra parte, destaca la importancia y sorprendente influencia de los vientos del cuarto cuadrante. En efecto, los vientos de componente N,NNW y NW, sobresalen por su mayor frecuencia a lo largo del año: 13.7%,22.4 % y 22.3 %, respectivamente.

## 2.1.- INDICES CLIMÁTICOS Y CLASIFICACIÓN DEL CLIMA

Pese a contar con una serie corta de años, estadísticamente poco significativos, se han empleado los datos disponibles para calcular diversos índices y confeccionar varios diagramas que contribuyan a una primera clasificación climática del área de estudio.

La utilización simultánea de varios índices aumenta la fiabilidad de las conclusiones, especialmente cuando se obtiene resultados concordantes. En nuestro caso, hemos recurrido, por parecernos los más adecuados, a los índices de Martonne y Thornthwaite.

### 2.1.1.- Índice de Martonne (índice de aridez)

El geógrafo francés Martonne, estableció el llamado índice de aridez para llevar a cabo estudios hidrológicos, siendo utilizado también para señalar las grandes oposiciones climáticas y biogeográficas. Dicho índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = P/T + 10$$

donde

P= precipitación total anual en mm

T= temperatura media anual en °C

Según los valores de A se establece la siguiente clasificación:

- A > 20 .....Clima con humedad suficiente
- 10-20..... ..Clima con tendencia a la sequedad
- 5-10.....Clima árido
- A ≤ 5.....Clima hiperárido

**Este índice anual se puede completar con un índice mensual, tomando los valores de precipitación y temperatura del mes y multiplicando por 12 la precipitación:**

$$a = 12p/t + 10$$

donde

**p**= precipitación total mensual en mm

**t**= temperatura media mensual en °C

De esta manera, se puede analizar la variación a lo largo del año del índice “a” de aridez.

En el área de estudio, el valor de A es de 10.8. Por tanto, según la clasificación establecida por el geógrafo Martonne, el campus de Tafira tiene un clima con **tendencia a la sequedad**.

Desglosando por meses el índice de aridez, se obtiene la siguiente clasificación mensual:

CUADRO DEL INDICE DE MARTONNE		
MESES	Valores de a	Carac. Del mes según índice
Enero	19.1	Tendencia a la sequedad
Febrero	20.5	Humedad suficiente
marzo	13.3	Tendencia a la sequedad
abril	8	Aridez
mayo	4.2	Hiperaridez
junio	2	Hiperaridez

julio	0.8	Hiperaridez
agosto	0.7	Hiperaridez
Septiembre	4.6	Hiperaridez
octubre	13.9	Tendencia a la sequedad
noviembre	24	Humedad suficiente
diciembre	26.1	Humedad suficiente
Caract. Climáticas de la estación	10.7	Tendencia a la sequedad

### 2.1.2.- Clasificación climática de Thornthwaite

En esta compleja clasificación juega un papel relevante el concepto de evapotranspiración potencial, es decir, la cantidad de agua evaporada de la superficie del suelo más la transpirada por los vegetales que crecen sobre dicho suelo. Por lo tanto, representa al contrario que las precipitaciones, el transporte de agua del suelo y las plantas a la atmósfera. Lógicamente, la temperatura del aire, humedad ambiental, vientos, estructura del suelo, vegetación, etc. condicionan la evaporación

Thornthwaite dedujo una fórmula empírica para calcular el factor e, que posteriormente es utilizado para hallar el valor de la evapotranspiración potencial de un lugar conociendo su latitud y las temperaturas medias mensuales. Dicha fórmula es:

$$e = 1.6(10t/l)^a$$

Donde:

e= evapotranspiración potencial mensual en cm de agua, para meses de 30 días y días de 12 horas de luz solar

t= temperatura media mensual en °C

a= constante para cada estación, que se determina a su vez mediante la siguiente expresión:

$$a = 0.0000006751^3 - 0.00007711^2 + 0.01792l + 0.49239, \text{ siendo}$$

$$I = \sum (t/5)^{1.514}$$

1

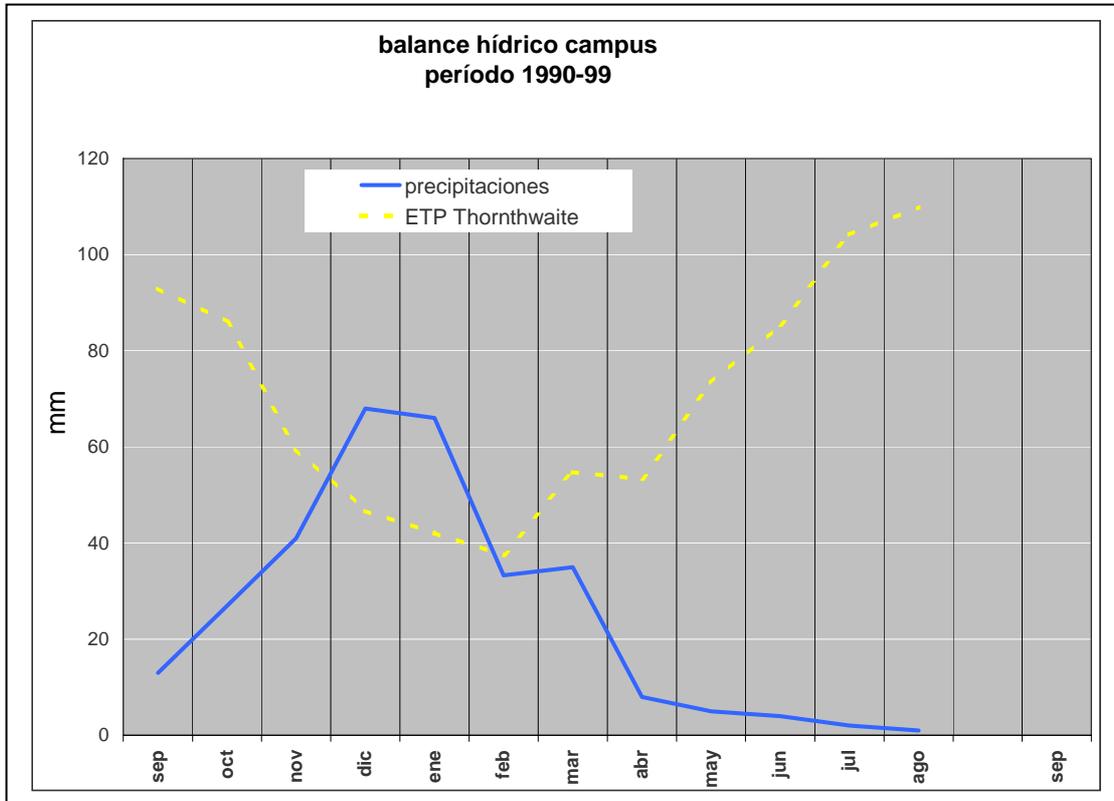
Una vez obtenido el valor de  $e$  para cada mes del año, se procede a multiplicar dichos valores por los correspondientes factores de corrección, que varían en función de la latitud, para tener en cuenta el número de días de cada mes y la duración teórica de éstos. El producto de  $e$  por los correspondientes factores de corrección permite obtener la evapotranspiración potencial mensual expresada en cm. En nuestro caso, la elaboración de un informe hidrogeológico por la geóloga e ingeniera civil Dra. Inmaculada Menéndez, nos ha permitido contar ya con estos datos calculados, que se presentan en la siguiente tabla estadística:

#### Evapotranspiración mensual (datos de la Dra. Inmaculada Menéndez)

MES	ETP
ENERO	93
FEBRERO	86
MARZO	59,6
ABRIL	46,7
MAYO	42,1
JUNIO	37,5
JULIO	54,8
AGOSTO	53,4
SEPTIEMBRE	73,3
OCTUBRE	85,4
NOVIEMBRE	104
DICIEMBRE	110
total	845,8

Una vez obtenidos estos datos, se puede elaborar el correspondiente gráfico de Thornthwaite para la estación de Tafira. Para ello, se disponen en el eje  $Y_1$  la

precipitación mensual en mm y en el eje Y<sub>2</sub> la evapotranspiración potencial mensual también en mm, ambas a una misma escala.



El comentario del diagrama va aquí, a continuación.

Finalmente, para clasificar el clima según Thornthwaite, mediante la obtención de las respectivas fórmulas, es necesario previamente definir tres índices: índice de humedad o exceso de agua ( $I_h$ ), índice de aridez o falta de agua ( $I_a$ ), e índice hídrico ( $I_m$ ). el cálculo de estos índices se efectúa de acuerdo a las fórmulas siguientes:

$$I_h = 100s/n$$

$$I_a = 100 d/n$$

$$I_m = I_h - 0.6 I_a$$

donde  $s$  = exceso de agua en el suelo

$d$  = falta de agua en el suelo

$n$  = necesidad de agua, que es igual que la ETP

El caso que nos ocupa, los valores obtenidos para cada uno de ellos son los siguientes:

$$I_h = 0$$

$$I_a = 64.1$$

$$I_m = -38.46$$

A partir de estos índices, y siguiendo la clasificación propuesta por Thornthwaite, podemos caracterizar el clima del Campus de Tafira como semiárido, con escaso exceso hídrico, mesotérmico de segundo grado,

TEMPERATURAS MEDIA DEL MES													
	EN E	FEB	MA R	MA ABR Y	JUN	JUL	AG O	SEP	OCT	NO V	DIC	ME DIA	
1993	14,6	14,5	15,8	16,2	17,2	19,4	20,2	21,4	20,9	19,4	16,5	15,6	17,6
1994	14,9	15,5	15,4	16,9	18,2	20	21,7	22	21,2	20,4	19,8	17,9	18,7
1995	16,1	16,7	17	17,5	19,2	20,4	22	22	21,4	21,9	20	17,6	19,3
1996	16,7	15,6	16	17	19	19,7	21	21,9	21,6	21,5	18,9	17	18,8
1997	16,2	17,8	18,6	18	19,2	20,8	21,1	21,8	22,2	21,6	20	18,2	19,6
1998	17,4	19,2	19,4	17,4	18,1	19,8	20,8	22	21,8	21	20,6	16,5	19,5
1999	15,7	15	15,8	17,4	18,4	19,8	21,2	23,4	22,1	20,2	18,9	16,2	18,7
2000	14,9	16,8	17,6	17	18,3	19,7	21	22	22	20,4	18,4	17,6	18,8
media	15,8	16,4	17	17,2	18,4	20	21,1	22,1	21,6	20,8	19,1	17,1	18,9

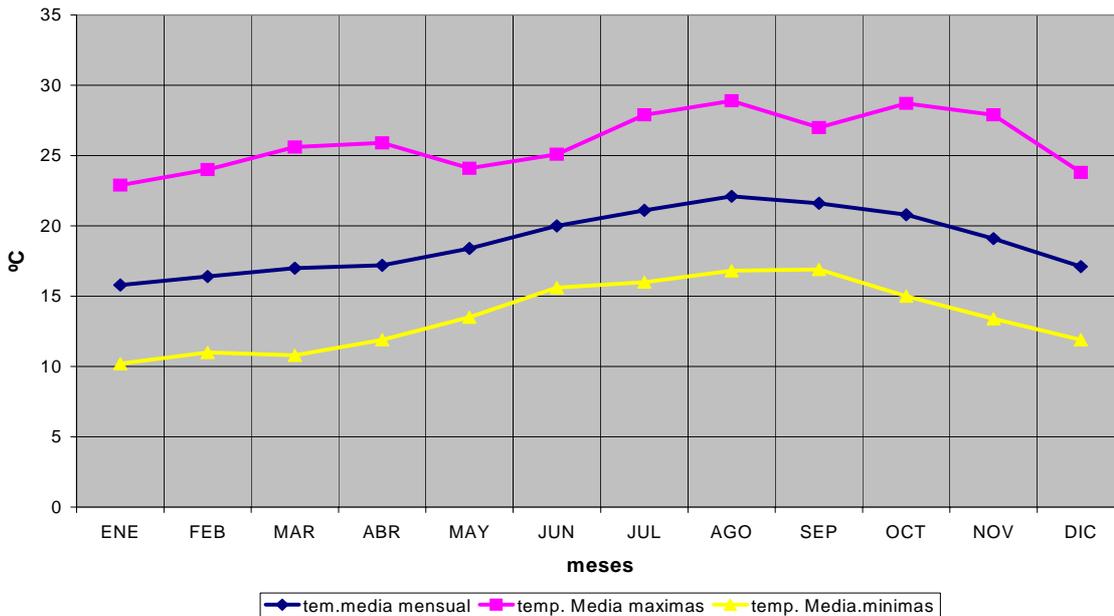
Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira U.L.P.G.C.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1993	18,8	21,4	25	25,4	23	24,2	26	28	25,5	29,5	21,5	22,4	29,5
1994	23,5	24,5	20	33,5	25,4	26,2	40	31	27,5	28,6	29,5	24,5	
1995	22		26	22,5	25	27		27	28		31	25,2	
1996		23,6				25	29	26	29,5	32	26,2	23,7	
1997	25	26,5	29,5	24,5	25,2			26	28	28,5			
1998			28,8	24		24,5	26,5	32	25,5	27,5	30,2	21,2	
1999	23,5		22,5	25,6	23,2	23,5	27	33,5	26,5	25	31,5	23,5	
2000	24,5		27,6	25,5	23		29	27,8	25,5	30,1	25,5	26,2	
MAXIMA	25	26,5	29,5	33,5	25,4	27	29,8	33,5	29,5	32	31,5	26,2	33,5
MEDIA	22,9	24	25,6	25,9	24,1	25,1	27,9	28,9	27	28,7	27,9	23,8	28,5

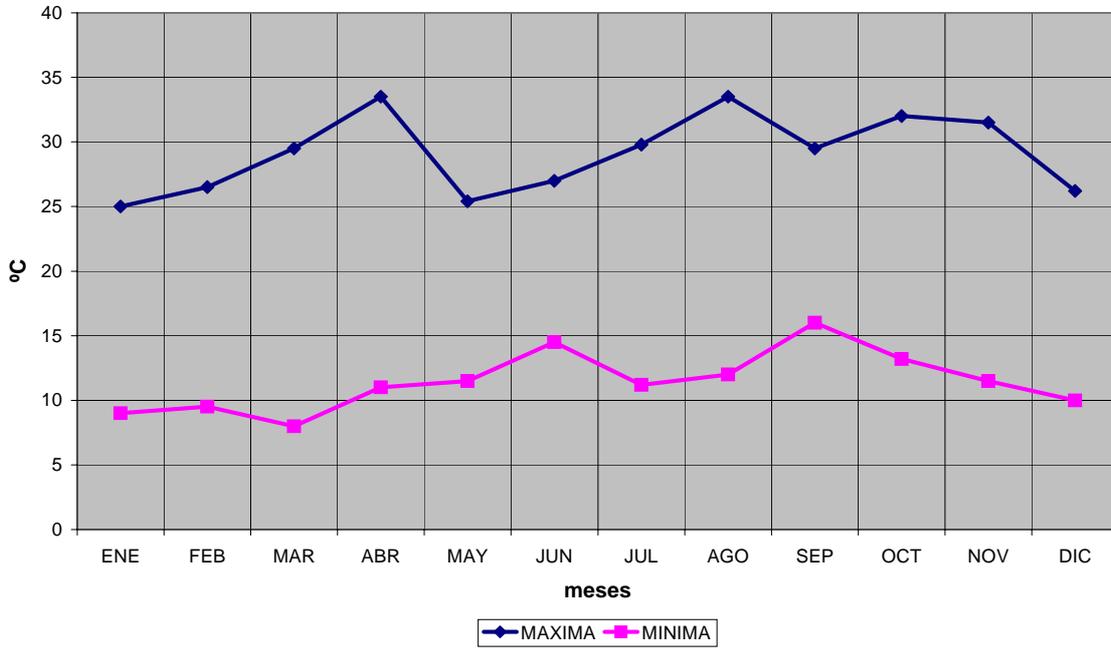
TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA DEL MES

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1993	9,5	9,5	10	11	11,5	14,5	12,6	17,5	16	13,5	11,5	11,4	9,5
1994	9	9,5	8	11,2	13	16	17,5	12	16	15,2	14,6	13,2	8
1995	11	11,5	11,5	12	15,5	15,5	17		16,5		12,5	12,2	
1996	11	10				15,2	11,2	18	17	15,5	13	11,5	
1997	9,5	12,2		12,5	14,5	15,2	17,5	14,9	18	16	14	13,2	
1998	11,5	13,2	12,5	12,4	13,8	15,8	17,5	18	17	16	15	12	11,5
1999		10,5	10,6	12,5	13,5	16,5	17,5	19,4	17,8	13,2	12,6	12	
2000	9,6	11,8	12	12	13	16	17	17,5	17,2	16,5	14	10	9,6
MINIM	9	9,5	8	11	11,5	14,5	11,2	12	16	13,2	11,5	10	8
A													
MEDIA	10,2	11	10,8	11,9	13,5	15,6	16	16,8	16,9	15	13,4	11,9	13,383

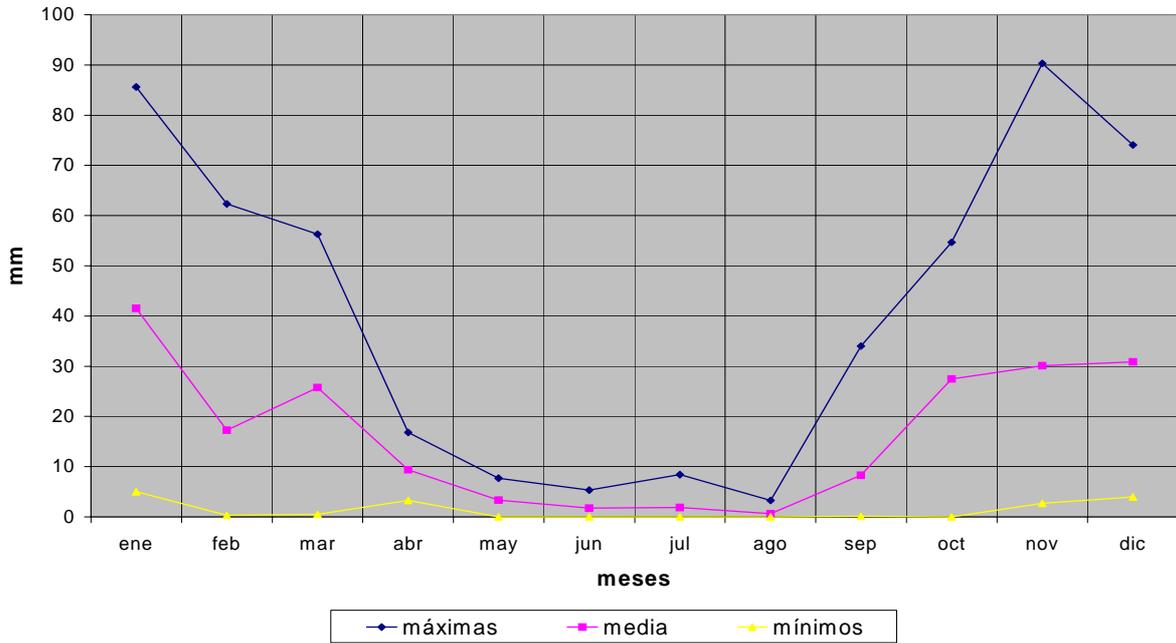
temperaturas medias, máximas y mínimas en el Campus de Tafira



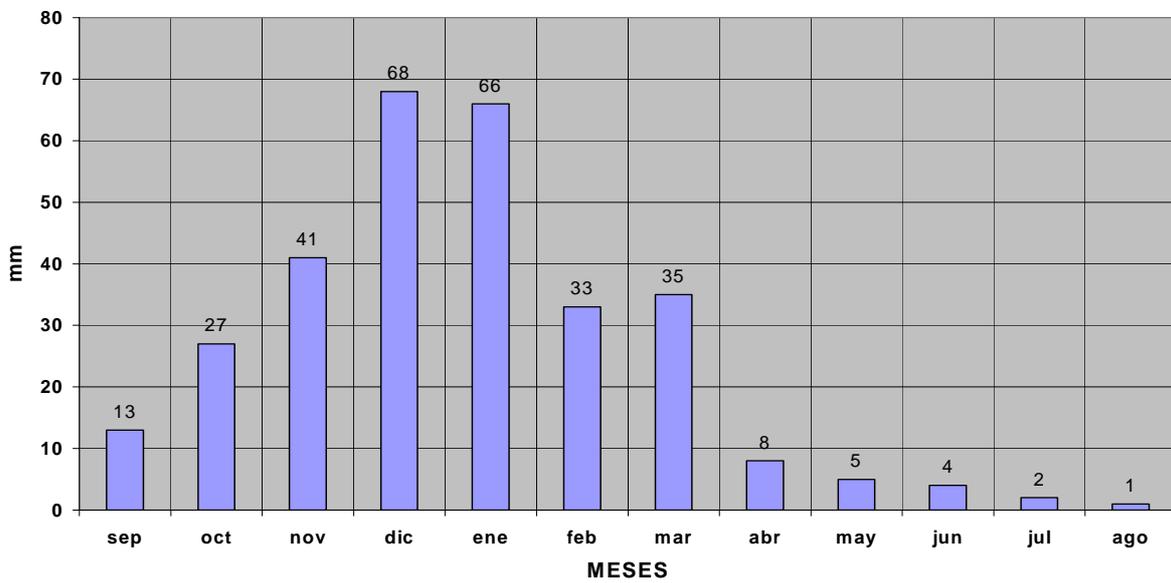
temperaturas maximas y minimas absolutas en el Campus de Tafira



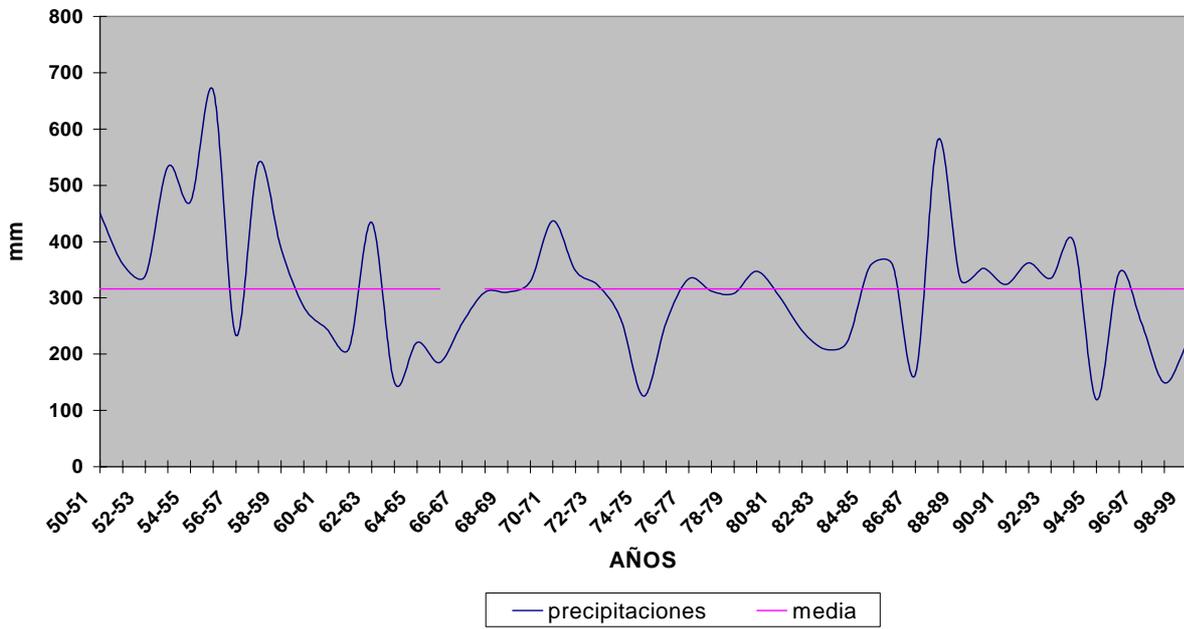
**GRÁFICO DE PRECIPITACIONES MEDIAS, MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN EL CAMPUS DE TAFIRA (1993-2000).**



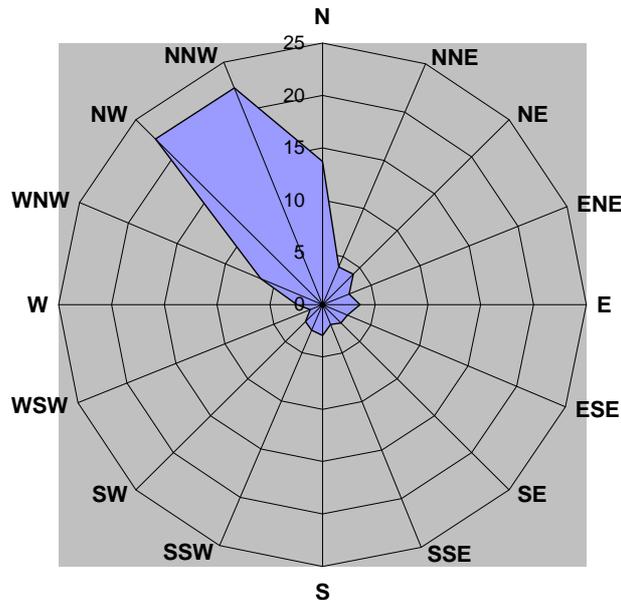
**PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES EN EL CAMPUS DE TAFIRA (1950-2000)**



### EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN EL CAMPUS DE TAFIRA (1950-200)



### ROSA DE FRECUENCIA DE VIENTOS (%) EN EL CAMPUS DE TAFIRA



### 3.- BIOCLIMATOLOGÍA

Podemos considerar a la Bioclimatología, en íntima relación con lo expuesto por Rivas- Martínez (1987), como una ciencia ecológica que busca la relación existente entre los seres vivos y el clima. Es por esta consideración, por la cual su principal diferencia con la Climatología se basa, en que la información, obtenida a través de índices que utiliza están relacionadas con las especies y su biocenosis, especialmente por las vegetales, dadas sus adecuadas condiciones de estadismo.

Ha evolucionado en las últimas décadas como una ciencia independiente, favoreciendo enormemente el diagnóstico de las comunidades vegetales.

La temperatura y la precipitación destacan, entre todos los factores climáticos, como aquellos que manifiestan una mejor correlación con la corología de los ecosistemas.

De esta manera, han sido muy empleados, en diferentes índices, para revelar las relaciones entre los seres vivos y el clima.

### **3.1- ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS**

A la hora de la caracterización bioclimatológica del campus de Tafira, es menester previamente, obtener una serie de índices muy sencillos pero ilustrativos y definitorios.

#### **3.1.1.- Índice de continentalidad atenuado.**

El índice de continentalidad simple atenuado ( $I_c$ ) expresa la diferencia, en grados centígrados, entre la temperatura media del mes más cálido ( $T_{max}$ ) y la del mes más frío ( $T_{min}$ ) del año:

$$I_c = T_{max} - T_{min}$$

Por tanto, en Tafira, con unos valores de  $T_{max} = 28.9$  y de  $T_{min} = 10.2$ , el índice de continentalidad ( $I_c$ ) es 18.7

#### **3.1.2.- Índice de termicidad compensado.**

Antes de calcular el índice de termicidad compensado ( $I_{tc}$ ), se requiere poder contar primero con el denominado índice de termicidad ( $I_t$ ), el cual se define como la suma, en décimas de grado centígrado, de  $T$ , (temperatura media anual),  $m$  (temperatura media de las mínimas del mes más frío) y  $M$  (temperatura media de las máximas del mes más frío), multiplicado por 10. Se expresa como:

$$I_t = (T + m + M) \times 10$$

Este índice pondera la intensidad del frío invernal, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales.

Calculando el índice de termicidad en nuestra zona, obtenemos la siguiente clasificación:

$I_t = (18.5+10.2+22.9) \times 10 = 516$  que corresponde con el Infracanario superior, sin embargo, este dato no es realmente orientativo o, mejor dicho, fidedigno, pues contempla solamente las temperaturas registradas en el periodo de 1993-2000 . Carlos Suárez (1994), realiza este mismo índice con datos de un registro superior, pues abarca 20 años y el resultado es el siguiente, más acorde con la realidad bioclimática

$I_t = (15+8.5+16.2) \times 10 = 399$  termocanario superior.

### **3.1.3.- Índices de mediterraneidad**

Es uno de los índices más frecuentemente empleados para caracterizar bioclimáticamente una región. Representa el cociente entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación (P). El índice de mediterraneidad estival es empleado para discriminar las regiones eurosiberianas o mediterráneas. Existen tres índices de mediterraneidad estival, resultados de la relación entre la ETP de Thornthwaite de los meses estivales y la precipitación media del mismo período, aunque aquí sólo emplearemos uno.

Si el valor obtenido del cociente en verano es mayor que UNO, si hay influencia mediterránea o mediterraneidad. Para nuestra estación tendremos:

**$I_m = \text{ETP junio+julio+agosto} / \text{P junio+julio+agosto}$**

**$I_m = 32.1$**  que se traduce en una fuerte influencia mediterránea, no en vano, la vegetación potencial del área (termesclerófila de la clase Oleo-Rhamneta crenulatae), presenta una gran afinidad con los bosques mediterráneos, sobre todo en la presencia de especies típicas de estas formaciones como los acebuches (*Olea europaea ssp. cerasiformis*), sabinas (*Juniperus turbinata ssp. canariensis*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), y muchas más.

### 3.2.- TIPOS DE OMBROCLIMA

Siempre en función de la precipitación registrada,, se distinguen en la región macaronésica las siguientes unidades ombroclimáticas:

P(precipitación media anual)	
Árida	<200 mm
Semiárida	200-350 mm
Seco	350-550 mm
Subhúmedo	550-850 mm
Húmedo	>850 mm

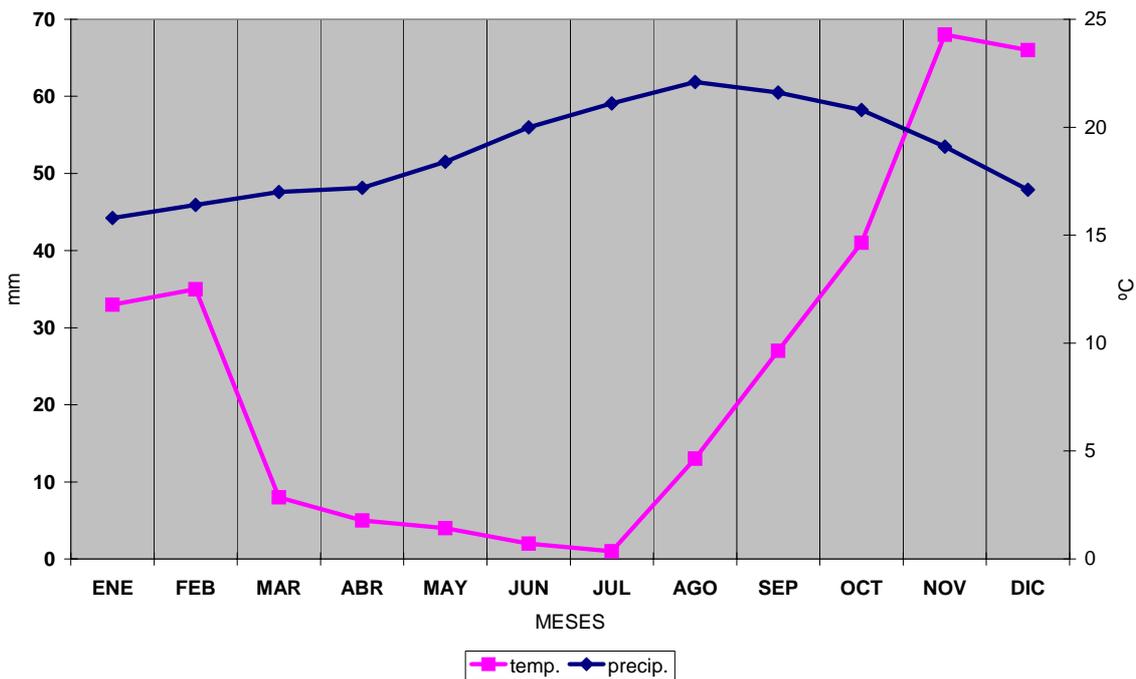
Para nuestra estación y en función de los datos registrados entre 1950 y 2000, tenemos que  $P = 316$  mm con lo que se corresponde con el ombroclima semiárido. Es importante señalar como Carlos Suárez (1994) contempla una media de 366 mm para su periodo estudiado (1950-1970), mientras que para nuestros registros que amplían los datos a 50 años, el registro pluviométrico anual desciende 50 mm (316 mm).

#### 3.2.1.- Diagramas ombrotérmicos

Gausson estableció un sistema de diagramas ombrotérmicos o pluviométricos para estudiar gráficamente las características climáticas, que luego fue universalizado por muchos investigadores.

la relación de este diagrama con la vegetación es muy elevada y particularmente expresiva, por ello, incorporamos la estación meteorológica, la temperatura media anual (T), la precipitación anual (P), índice de termicidad (It), temperatura máxima absoluta del mes más cálido (M'), temperatura media de las mínimas del mes más frío (Mm), Índice de mediterraneidad (Im3).

DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DEL CAMPUS DE TAFIRA



#### **4.-BIBLIOGRAFÍA**

Gausсен, H (1954) Théorie et classification des climats et des microclimats du point de vue phytogéographique VII Congr. Inst. Bot., 125-130.

Hernández García, F. (1995) Manual de climatología aplicada: clima medio ambiente y planificación Ed. Síntesis, Madrid

Marzol Jaén, María Victoria (1993) El clima: rasgos generales in Geografía de Canarias Ed. Prensa Canaria. Las Palmas de Gran Canaria

Rivas Martínez, S. (1987) Memoria del Mapa de Series de vegetación de España. Icona. Madrid

Rivas Martínez, S. (1987) "Nociones sobre fitosociología, Biogeografía y bioclimatología" In "La vegetación de España. Madrid, pp. 17-45 . Icona. Madrid"

Suárez Rodríguez, C. (1994): Estudio de los relictos actuales del monteverde en Gran Canaria Ed Cabildo Insular Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria

Cuadrat , J.M. (1992) Climatología In Geografía Física. Ed. Cátedra. Madrid

**Javier Estévez Domínguez**

## **Anexo nº II**

### **Informe hidrogeológico**

En este anexo se presenta el Informe hidrogeológico elaborado por **Inmaculada Menéndez González y M. Carmen Cabrera Pérez** para el Proyecto Agroambiental del Campus de Tafira.

## **1.- LOCALIZACIÓN**

El punto de estudio conforma un interfluvio del barranco del Guinguada. Se localiza, siguiendo la zonificación hidrológica de la Isla de Gran Canaria, en la zona Norte, sector 3 y área baja.

Pertenece a la Alisiocanaria, sector seco-subhúmedo, en el límite de medianías-costa (cota media 300 m). Los suelos representados son (J. Sánchez, 1978; J. Sánchez et al., 1995):

- **Vertisoles:** perfil: A, B<sub>t</sub>, Ca, C; con contenidos bajos en materia orgánica e importante desarrollo de arcilla de neoformación (montmorillonita, caolinita y haloisita) originadas por alteración del material volcánico, y, acumulación de carbonatos en la parte profunda del perfil.
- **Inceptisoles** (suelos jóvenes de poco desarrollo) para algunos restos aislados de vegetación termófila.

El substrato está formado por materiales volcánicos (pequeñas coladas, conos de tefra y piroclastos de dispersión) de composición basanítica, pertenecientes al ciclo Post Roque Nublo (Pleistoceno Medio, unos 300.000 años, Barcells, R. et al., 1990). De los sondeos realizados en los estudios geotécnicos de las edificaciones del campus, se han diferenciado 3 niveles de superficie a profundidad:

Arcillas marrones plásticas y expansivas, procedentes de la alteración de los basaltos (vertisoles)

Colada de lavas y piroclastos de basalto (Post Roque Nublo)

Gravas y bolos basálticos en matriz areno-limosa (Miembro Superior Formación Detrítica de Las Palmas)

## **2.- CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DEL SUSTRATO**

Se ha dividido el campus según sus características hídricas. Se definen las siguientes **zonas:**

1. **agrícola**, de cultivo, de aproximadamente 12 Ha, son vertisoles modificados.

silvestre, loma del comedor universitario y pico de Salvago, donde se conservan retazos de vegetación termófila, con escaso desarrollo de suelo (inceptisoles) edificada: escuelas, facultades y áreas de servicios, son vertisoles; viaria: accesos al campus, que por su diseño, actúan como capas impermeables evacuando la escorrentía hacia las zonas aledañas; y removida: caminos sin asfaltar y zonas de tierras removidas. ajardinada, alrededor de la zona edificada, son vertisoles modificados.

Por no disponer de ningún ensayo sobre la permeabilidad de los materiales geológicos y edáficos del campus, se hará una estimación relativa en función del tipo de material. De este modo, las zonas con buen desarrollo de suelo (zona de cultivo), presentan una permeabilidad por porosidad, relativamente buena, mientras que en las zonas con escaso desarrollo de suelo y con roca aflorante (zona silvestre), la única permeabilidad existente es por fracturación, en principio menos efectiva que la de zonas con buen desarrollo de suelo.

## **2.1.- Circulación del agua: balance hídrico**

### **2.1.2.- Metodología**

Se van a valorar las entradas y salidas de agua considerando el interfluvio a estudio como un sistema abierto, conectado pendiente arriba con la parte alta de la cuenca, y delimitado, debido a su morfología de interfluvio, por la ruptura de pendiente que lo individualiza dentro del barranco.

Las posibles entradas de agua al sistema van a ser:

la precipitación atmosférica

los riegos (localizados en los campos de cultivo y jardines)

pérdidas en las conducciones de agua (infiltraciones de entrada).

Los posibles flujos laterales de la zona no saturada, procedentes de partes topográficamente más altas del interfluvio, superficial y subsuperficial, no se van a considerar en este balance por dos razones: el bajo valor relativo obtenido en su estimación (considerando pendientes y pluviometrías bajas, y buen desarrollo de suelo y vegetación, que frenan la escorrentía); y otra de las razones, la falta de tiempo y medios para plantear un estudio experimental de flujos laterales en la zona no saturada. Por tanto

se reducen a flujos oblicuos, a favor de la pendiente, con escaso desarrollo en la horizontal.

La entrada de agua freática se realiza a una profundidad aproximada de 90 m por debajo de la superficie topográfica (véase Ficha del Pozo de la Palmita), lo cual conlleva a excluirlo como entrada de agua en el sistema.

Las salidas de agua del sistema van a ser:

Evaporación y evapotranspiración real (ETR)

Infiltraciones (de salida, que pueden quedar retenidas constituyendo la humedad del suelo, o pueden llegar al nivel freático, considerándose entonces una recarga del acuífero).

Por las mismas causas explicadas en las entradas de agua al sistema, los flujos laterales, en este caso de salida, no se van a cuantificar en el balance.

Según la zona a tratar, el balance hídrico tendrá su peculiaridades:

- **zona agrícola**, donde las entradas fundamentales van a ser la precipitación atmosférica y los riegos; y en las salidas los cálculos de ETR incluirán el aporte del riego;
- **zona silvestre**, las entradas de agua en este caso se van a restringir a la precipitación atmosférica y las salidas: todas las descritas anteriormente;
- **zona edificada**, cuyas entradas de agua fundamentales son: las pérdidas por conducción de aguas (infiltraciones de entrada) y las salidas: las infiltraciones de salida; viaria, se considera como una zona de desviación de escorrentía hacia sus márgenes, aunque como aproximación vamos a considerarla dentro del balance de esta zona; y removida, con entradas: de pluviosidad y salidas: de ETP e infiltraciones;
- **zona ajardinada**, con entradas: de aguas por precipitación, riego y pérdidas por conducción y, las salidas: la ETR y la infiltración.

Por último, hay que tener en cuenta que muchos de los datos barajados en el balance hídrico son estimados, y por ello su valor es sólo orientativo.

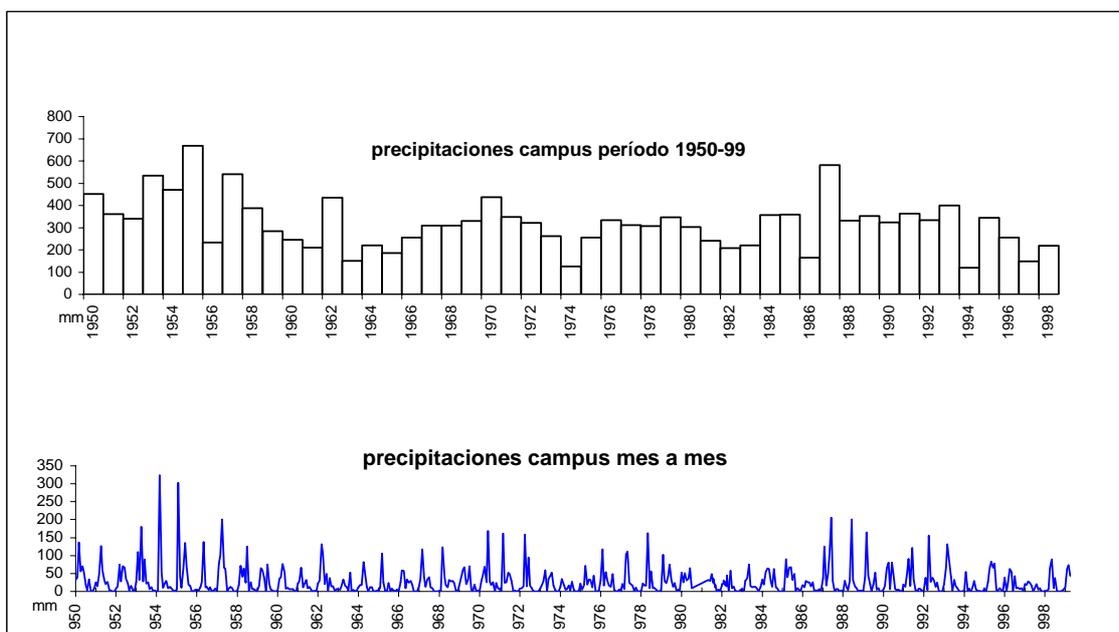
**Resumen del balance hídrico por zonas:**

zona	agrícola	silvestre	edificada-viaria	ajardinada
Entradas	lluvias y riegos	lluvias	pérdidas conducción	lluvias y riegos
salidas	ETP e infiltración	ETP e infiltración	infiltración	ETP e infiltración

**2.2.- Cálculo de la precipitación atmosférica**

Los datos de precipitación atmosférica del Campus se han obtenido de 2 estaciones meteorológicas próximas (la 066 del Vivero y la 209 del Jardín Canario). El período obtenido ha sido de 49 ciclos hidrológicos (de septiembre de 1950 a septiembre de 1999), con medias mensuales. Los datos se detallan en las siguientes gráficas.

La media de pluviosidad interanual para este período es de 318 mm/año. El reparto de lluvias durante el ciclo presenta un máximo en los meses de invierno (diciembre y enero) y un mínimo en los meses de verano (de junio a agosto).



### **2.2.1.- Cálculo de los riegos**

**La dotación de riegos** en la zona de **cultivo** para los meses de invierno (de septiembre a abril) es de unas 300 horas ( $36 \text{ m}^3/\text{hora}$ ) y de 400 horas para los meses de

verano (de mayo a agosto). El riego es por aspersión. Los cultivos habituales son papas, zanahorias, calabaza y forrajeras, alternándose, y dejando en barbecho algunas tierras. El resultado es una productividad cuasi continua de la zona, estimando una ocupación por cultivos de 9 a 12 meses al año. La procedencia del agua de riego es de mezcla, en parte de reutilización (Central de Barranco Seco) y de pozos pertenecientes a la Comunidad de Regantes del Centro.

Los volúmenes de agua de riego para la zona de cultivo tienen un valor anual de unos  $1020 \text{ L/m}^2$  ( $\pm 180 \text{ mm}$ ). La dotación de riegos en la zona de jardines es, de forma estimada:

- $60 \text{ L/m}^2$  por semana para el césped (por aspersión)
- $30 \text{ L/m}^2$  por semana para plantas, arbustos y árboles (por goteo)
- $80 \text{ L/m}^2$  por semana para zonas sin goteo o aspersor (a manguera)

Los volúmenes de agua de riego para la zona de jardines se estiman del siguiente modo:

riegos aspersión: 40% de superficie

riegos goteo: 50% de superficie

riegos con manguera: 10% de superficie.

Los volúmenes de agua de riego para la zona de jardines tienen un valor anual de unos  $10416 \text{ L/m}^2$ .

### **2.3.- Cálculo de pérdidas por conducción de aguas**

Este dato sólo se va a cuantificar para las zonas construidas y viarias, teniendo en cuenta las redes de: abastecimiento, de riegos y contra incendios, y de saneamiento y drenaje. Se estiman las pérdidas de agua por conducción en un 15% ( $\pm 10\%$ ),

equiparándolas a las del consumo urbano calculadas por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria.

## 2.4.- Cálculo de la evaporación (ETP)

La evaporación se ha medido según el método de **Thornthwaite**. Su valor equivale al de la evapotranspiración potencial (ETP, en mm/mes) y se deduce de la siguiente fórmula:

$$ETP = 16 (t / I)^a \cdot N/12 \cdot d^2 /30$$

siendo:

- $t$  = temperatura media diaria del mes en °C
- $I$  = índice de calor anual =  $\sum(t/5)^{1.514}$
- $a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 1972 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0.49239$
- $N$  = número máximo de horas de sol, según latitud
- $d$  = número de días del mes

El valor de la ETP de Thornthwaite se ha utilizado para las zonas silvestres, viarias y edificadas. Para el cálculo de la ETP de zonas de cultivo y ajardinadas es más adecuada la fórmula de Blaney y Criddle, ya que tiene en cuenta el tipo de vegetación o cultivo. La fórmula es la siguiente:

$$ETP = K \cdot p (45.7t + 813)/100$$

Siendo:

- $t$  = temperatura media diaria del mes en °C
- $K$  = coeficiente empírico según tipo de vegetación

- P = porcentaje de número máximo de horas de insolación en el mes, respecto al total anual.

Los valores máximos corresponden a los meses de mayo a septiembre y los mínimos a los meses de octubre a abril.

## 2.4.- Cálculo ETR

La ETP es un límite superior de la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera. Para determinar la evapotranspiración real (ETR), se ha seguido la siguiente fórmula de **Turc**:

$$ETR = P / (0.9 + (P^2/L^2))^{1/2}$$

donde:

P = precipitación atmosférica en mm

$$L = 300 + 25t + 0.05t^2$$

T = temperatura, en °C

Esta fórmula es válida para las zonas en las que no existe otra entrada de agua que la precipitación atmosférica, ni existen aportes laterales de agua significativos. Por lo tanto es aplicable a las zonas silvestre y viaria. Para las zonas agrícola y ajardinada, el valor de P representa la precipitación y los riegos, y en la zona de edificación, se suman a la precipitación atmosférica, las infiltraciones de entrada.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el valor de ETR siempre es menor o igual ETP. En el caso de sobrepasarlo, ello ha de considerarse como exceso de agua en el perfil, que se traduce en infiltraciones de salida.

## 2.5.- Cálculo de la humedad del sustrato

El agua de infiltración (de salida del perfil) puede seguir dos vías, una quedar retenida en la porosidad y grietas del perfil, constituyendo la humedad del sustrato, y otra circular hacia zonas más profundas, hasta alcanzar el nivel freático, y de este modo representan una recarga del acuífero.

La capacidad de retención de la humedad del sustrato está determinada por las características del mismo (porosidad, contenido en arcillas y materia orgánica...).

Para suelos, la humedad retenida estará en función de su porosidad y su espesor. Considerando el valor de la humedad del material arcilloso definido en los estudios geotécnicos de las edificaciones del campus, se estima una porosidad media para estos suelos en un 25% ( $\pm 5$ ) en peso. El espesor de los suelos es variable, estimándolo para la zona agrícola entre 1 y 4 m; y para la zona silvestre entre 0 y 0.1 m.

Para la zona agrícola la humedad máxima retenida por el suelo será de 100 L/m<sup>2</sup> ( $100 \pm L/m^2$ ), calculado para un espesor de suelo entre 1 y 4 m. Para la zona silvestre la humedad máxima retenida por el suelo será de 2.5 L/m<sup>2</sup> ( $\pm 2.5$ ), calculado para un espesor de suelo entre 0 y 0.1 m.

De los estudios geotécnicos hechos para las edificaciones del campus se ha obtenido el valor de humedad natural del sustrato:

- 25 a 35% en peso para las arcillas marrones,
- 10 a 15 % en peso para las gravas y bolos basálticos en matriz areno-limosa (Miembro Superior Formación Detrítica de Las Palmas).
- Para el material coherente (lavas de basalto) no se dispone de valor de humedad, aunque se presupone bajo.

Una estimación del frente de desecación producido en el suelo en cada período de desecación de cada ciclo hidrológico será el mayor valor de ETR respecto a lluvias + riegos, considerando que la evapotranspiración real se consigue a costa de la humedad del suelo. Para suelos agrícolas y jardines se ha estimado en 7 L/m<sup>2</sup> (mm, con una humedad del 30%) que supone un frente de desecación de unos 23 mm de profundidad. Si se tomara el valor de ETR, el resultado sería 19 mm, y un frente de desecación de 60 mm. Para suelos silvestres se ha estimado en 14 L/m<sup>2</sup> (mm, con una humedad del 30%), que supone un frente de desecación continuo (de enero a noviembre) de 10 a 100 mm de profundidad. Para suelos removidos se ha estimado en 14 L/m<sup>2</sup>, (mm, con una humedad del 10-15%), que supone un frente de desecación continuo (de enero a noviembre) de 1.0 a 1.2 m de profundidad.

## **2.6.- Cálculo del balance hídrico y de la recarga al acuífero**

El balance hídrico del campus se realiza con datos de pluviometría y temperaturas medias mensuales de los últimos 10 años (1990-1999).

### 2.6.1.- Zona agrícola

#### Entradas de agua:

Pluviometría = 286 mm/año

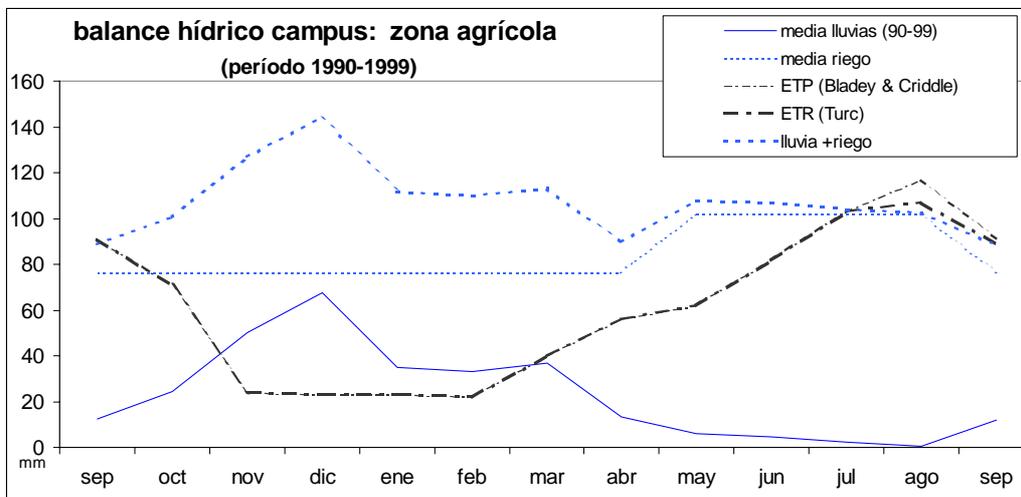
Riegos = 1020 mm/año ( $\pm 180$ ).

Valor **total** de **entradas**: 1306 mm/año ( $\pm 180$ ).

#### Salidas de agua:

- **ETR** = 704 mm/año.
- **Infiltración** (de salida) = 609 mm/año ( $\pm 54$ ), de los cuales 45 mm/año ( $\pm 14$ ), van a parar a la **humedad** del suelo y 580 mm/año ( $\pm 14$ ), son una **recarga** al acuífero. Referido a toda la superficie de la zona (12 Ha) el valor de recarga anual supone 70 Dm<sup>3</sup>/año

media lluvias (50-99)	riegos 1 (12 m)	riegos 2 (9 m)	lluvias y riegos 1 - ETP (+/-)	media temp (+/-)	media lluvias (90-99)	media riego	ETP (Bladey & Criddle)	ETR (Turc)	pérd humedad (+/-)	ETR +exc ed	lluvia +riego (+/-)	ETR sin riego (+/-)	dem riego	exceden te (infiltr)	hume 2,3 cm 7 mm (+/-)	recar ga (+/-)					
12	90	63	11	0	22	12	77	91	91	0	-2	93	89	14	13	0	11	11	-		
34	90	63	43	0	21	24	77	71	71	0	30	105	101	14	26	0	30	14	14	30	
57	90	63	116	0	19	50	77	24	24	0	103	132	127	14	53	0	103	14	-	14	103
59	90	63	135	0	17	68	77	23	23	0	121	149	144	14	71	0	121	14	-	14	121
42	90	63	102	0	16	35	77	23	23	0	89	116	112	14	37	0	89	14	-	14	89
46	90	63	101	0	17	33	77	22	22	0	88	114	110	14	35	0	88	14	-	14	88
30	90	63	87	0	17	37	77	40	40	0	73	118	113	14	39	0	73	14	-	14	73
19	90	63	47	0	17	13	77	56	56	0	34	94	90	14	14	0	34	14	-	14	34
10	120	84	64	0	18	6	102	62	62	0	46	112	108	14	6	0	46	14	-	14	46
5	120	84	43	0	20	5	102	82	82	0	25	112	107	14	5	0	25	14	-	14	25
2	120	84	19	0	21	2	102	103	103	0	1	109	104	14	2	0	1	14	-	14	1
2	120	84	4	0	22	1	102	117	107	0	-4	107	103	14	1	12	0	9	9	9	-
2	120	84	4	0	22	12	77	91	89	0	-1	93	89	14	13	2	0	11	11	11	-
318	1200	840	772	0	19	286	1020	714	704	0	-7	1394	1394	176	12	609	54	45	126	580	
					*12 Ha			15+			0			Dm <sup>1</sup>							
					*12 Ha			15+			167			Dm <sup>2</sup>							
					*12 Ha			15+			70			Dm <sup>3</sup>							



### 2.6.2.- Zona silvestre

### 2.6.2.-Zona silvestre

Entradas de agua:

Pluviometría = 286 mm/año

Valor total de entradas: 286 mm/año

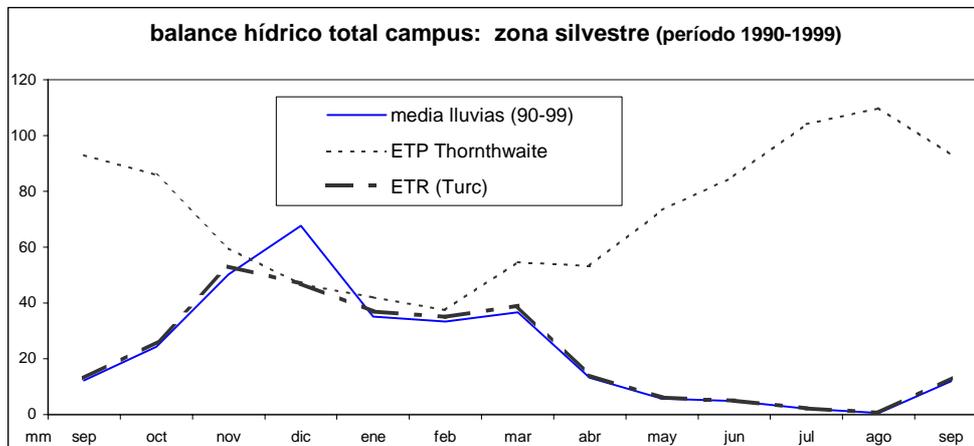
Salidas de agua:

ETR = 278 mm/año.

Infiltración (de salida) = 21 mm/año, de los cuales 15 mm/año, van a parar a la humedad del suelo y 6 mm/año, representan la recarga al acuífero. Referido a toda la superficie de la zona (1.8 Ha) el valor de recarga anual supone 0.72 Dm<sup>3</sup>/año.

media lluvias (50-99)	media temp		media lluvias (90-99)	ETP Thornthwaite	ETR (Turc)	ETR (Turc) +exced	excedente (infiltr)/ pérdidas humed	hume 0- 0,1 m 15 mm	recarga
12	22	<b>sep</b>	12	93	<b>13</b>	13	-1	-	-
34	21	<b>oct</b>	24	86	<b>26</b>	26	-2	-	-
57	19	<b>nov</b>	50	60	<b>53</b>	53	-3	-	-
59	17	<b>dic</b>	68	47	<b>47</b>	<b>71</b>	21	15	6
42	16	<b>ene</b>	35	42	<b>37</b>	37	-2	-	-
46	17	<b>feb</b>	33	37	<b>35</b>	35	-2	-	-
30	17	<b>mar</b>	37	55	<b>39</b>	39	-2	-	-
19	17	<b>abr</b>	13	53	<b>14</b>	14	-1	-	-
10	18	<b>may</b>	6	73	<b>6</b>	6	0	-	-
5	20	<b>jun</b>	5	85	<b>5</b>	5	0	-	-
2	21	<b>jul</b>	2	104	<b>2</b>	2	0	-	-
2	22	<b>ago</b>	1	110	<b>1</b>	1	0	-	-
		<b>sep</b>	12	93	<b>13</b>	13	-1	-	-
318	19		286	846	278	313	21 / 14	15	6

recarga: **\*1,8 Ha 0,72 Dm<sup>3</sup>/año**



### 2.6.3.- Zona ajardinada

#### Entradas de agua:

- Pluviometría = 286 mm/año
- Riegos = 10.416 mm/año
- Valor total de entradas: mm/año 10.702

#### Salidas de agua:

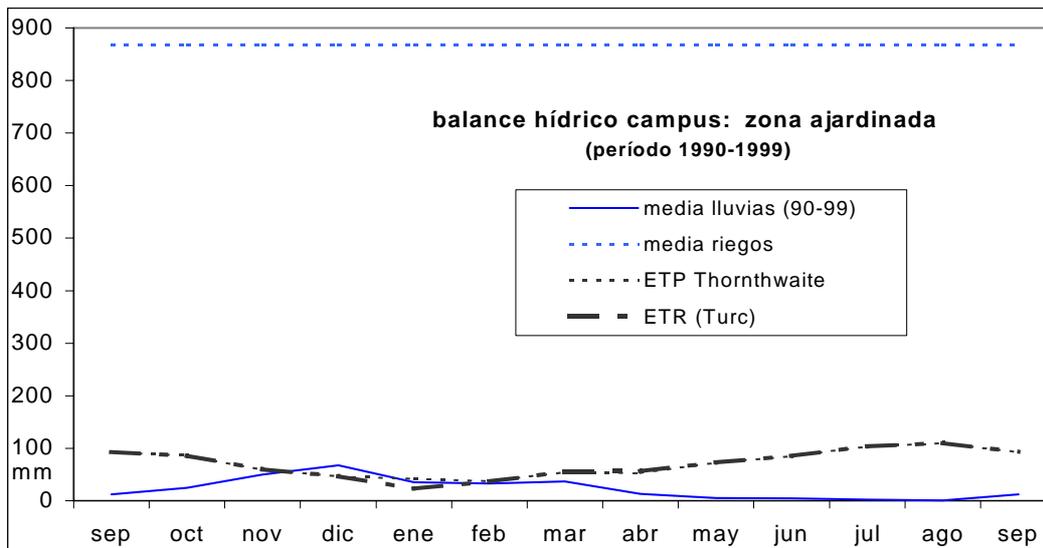
ETR = 829 mm/año.

**Infiltración** (de salida) = 9875 mm/año, que representan una **recarga** al acuífero.

Referido a toda la superficie de la zona (3.2 Ha) el valor de recarga anual supone 316 Dm<sup>3</sup>/año

En la  
página  
10 se  
represe-  
tan los  
valores  
de los  
parámetr-  
os  
consider-  
ados.

media lluvias (50-99)	media temp		media lluvias (90- 99)	media riegos	ETP Thornth- waite	ETR (Turc)	lluvia +riego	ETR (+exced)	ETR sin riegos	dem riego	excedente (infiltr)	hume 1,5 m 75 mm	recarga
12	22	<b>sep</b>	12	868	93	93	880	516	12	95	787		789
34	21	<b>oct</b>	24	868	86	86	892	515	19	79	806		806
57	19	<b>nov</b>	50	868	60	60	918	512	25	41	858		858
59	17	<b>dic</b>	68	868	47	47	936	505	25	26	889		889
42	16	<b>ene</b>	35	868	42	23	903	487	22	24	880		880
46	17	<b>feb</b>	33	868	37	37	901	493	21	19	864		864
30	17	<b>mar</b>	37	868	55	55	905	494	22	39	850		850
19	17	<b>abr</b>	13	868	53	56	881	486	12	49	825		825
10	18	<b>may</b>	6	868	73	73	874	490	6	79	801		801
5	20	<b>jun</b>	5	868	85	85	873	502	5	95	788		788
2	21	<b>jul</b>	2	868	104	104	870	506	2	120	766		766
2	22	<b>ago</b>	1	868	110	110	869	511	1	128	759		759
		<b>sep</b>	12	868	93	93	880	85	12	95	787		787
318	19		286	10416	846	829	10702	6018	172	793	9875	-	9875
												*3,2 Ha	316 Dm <sup>3</sup>



## 2.6.4.- Zona edificada y viaria

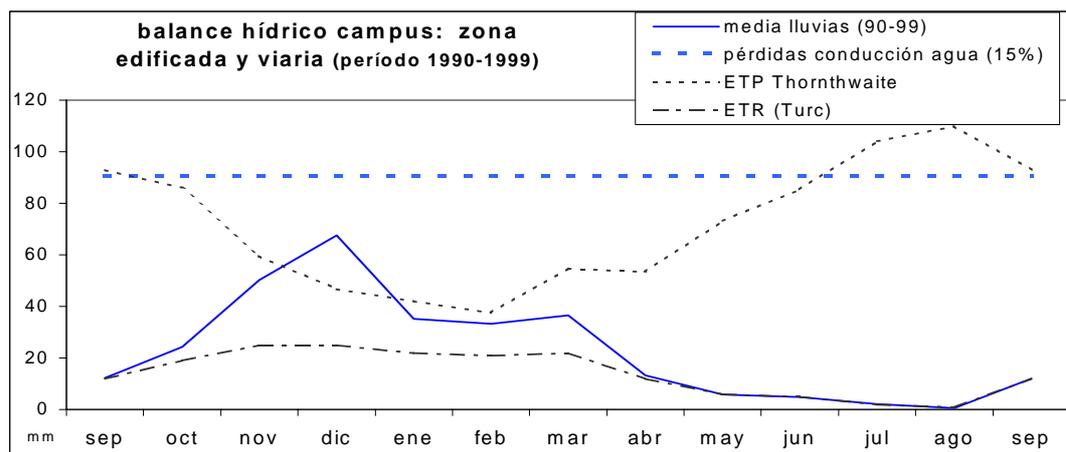
### Entradas de agua:

- Pluviometría = 286 mm/año, que en principio, son recogidas en las conducciones de agua de escorrentía.
- Infiltraciones de entrada (pérdidas por conducción de aguas) = 1086 mm/año ( $\pm 360$ ).
- Valor total de entradas: 1086 mm/año ( $\pm 360$ ).

### Salidas de agua:

**Infiltración** (de salida) = 1086 mm/año ( $\pm 360$ ); bajo el supuesto de que dicha zona es impermeable a las precipitaciones atmosféricas y en consecuencia también a la evaporación, se considera que toda la infiltración por pérdidas pasa la recarga. Referido a toda la superficie de la zona (48.3 Ha) el valor de recarga anual supone **52.4 Dm<sup>3</sup>  $\pm$  17.4 Dm<sup>3</sup>/año.**

media lluvias (50-99)	media temp		media lluvias (90-99)	pérdidas conducción agua (15%)	( $\pm 10\%$ )	ETP Thornthwaite	ETR (Turc)	excedente (recarga)	( $\pm 10\%$ )	
12	22	sep	12	90	30	93	12	90	30	
34	21	oct	24	90	30	86	19	90	30	
57	19	nov	50	90	30	60	25	90	30	
59	17	dic	68	90	30	47	25	90	30	
42	16	ene	35	90	30	42	22	90	30	
46	17	feb	33	90	30	37	21	90	30	
30	17	mar	37	90	30	55	22	90	30	
19	17	abr	13	90	30	53	12	90	30	
10	18	may	6	90	30	73	6	90	30	
5	20	jun	5	90	30	85	5	90	30	
2	21	jul	2	90	30	104	2	90	30	
2	22	ago	1	90	30	110	1	90	30	
		sep	12	90	30	93	12	90	30	
318	19		286	1086	360	846	147	1080	360	
								*48,3 Ha	52,4 Dm <sup>3</sup>	( $\pm 17,4$ )



### 2.6.5.- Subzona removida

#### Entradas de agua:

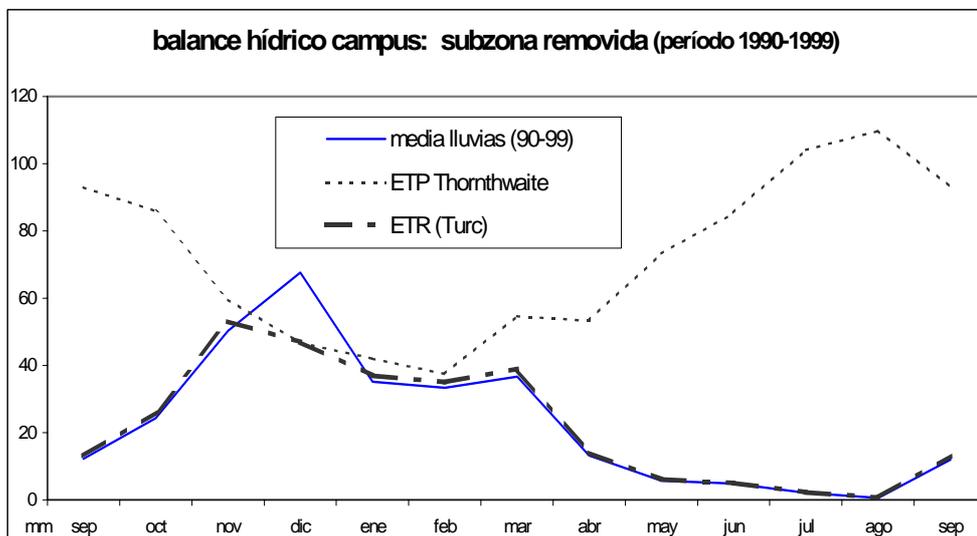
- Pluviometría = 286 mm/año
- Valor **total** de **entradas**: 286 mm/año

#### Salidas de agua:

- **ETR** = 278 mm/año.
- **Infiltración** (de salida) = 21 mm/año, los cuales), van a parar en su totalidad a la **humedad del suelo**, con lo cual, la **recarga** al acuífero es nula (0 Dm<sup>3</sup>/año).

media lluvias (50-99)	media temp		media lluvias (90-99)	ETP Thornthwaite	ETR (Turc)	ETR (Turc) +exced	excedente (infiltr)/ pérdidas humed	hume 100 mm/m 10-15%	recarga
12	22	sep	12	93	13	13	-1	-	-
34	21	oct	24	86	26	26	-2	-	-
57	19	nov	50	60	53	53	-3	-	-
59	17	dic	68	47	47	71	21	21	-
42	16	ene	35	42	37	37	-2	-	-
46	17	feb	33	37	35	35	-2	-	-
30	17	mar	37	55	39	39	-2	-	-
19	17	abr	13	53	14	14	-1	-	-
10	18	may	6	73	6	6	0	-	-
5	20	jun	5	85	5	5	0	-	-
2	21	jul	2	104	2	2	0	-	-
2	22	ago	1	110	1	1	0	-	-
		sep	12	93	13	13	-1	-	-
318	19		286	846	278	313	21 / 14	21	-

recarga: \*1Ha **0 Dm<sup>3</sup>/año**



## **2.7.- Hidrogeología subterránea del campus**

Se han recopilado datos de uno de dichos pozos, situado en la zona de La Palmita, aunque no ha sido posible visitarlo. Este pozo ha pertenecido a la Red de Control de Acuíferos Costeros del Instituto Geológico y Minero durante los años 1985-86, y además ha sido incluido dentro del inventario de puntos de agua de la zona Norte de Gran Canaria llevado a cabo por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria en 1997.

De dichos datos se desprende que se trata de un pozo emboquillado a cota 285, con una profundidad de 102 m, que se encuentra prácticamente inactivo en 1997 (saca un Caudal Medio diario de 0.05 l/s). El nivel piezométrico ha descendido entre los 87 m de profundidad (cota 198) en 1985 y los 91m de profundidad (cota 194) en 1997. El agua extraída es bicarbonatada-clorurada sódica, apuntando a un posible origen en la Formación Fonolítica, con conductividades que ha oscilado entre los 1252  $\mu\text{S/cm}$  en 1985 y los 1800  $\mu\text{S/cm}$  en 1997.

El modelo de flujo de la isla se puede esquematizar como un cuerpo único de agua en el que la recarga tiene lugar en las cumbres y la circulación hacia la costa se canaliza preferentemente por los materiales más permeables de la superficie (SPA-15, 974).

Dentro de este esquema, la zona del Campus se encuadra como una zona de transferencia de agua hacia la costa, donde parece que el flujo tiene lugar en la parte superior de la Fm. Fonolítica.

## **3.- CONCLUSIONES**

En este informe se ha realizado un inventario y descripción de la hidrogeología del área del Campus.

Aunque de modo estimativo, se ha llegado a cuantificar el balance hídrico en el campus.

### 3.1.- Resumen del balance hídrico total del Campus

Zonas	agrícola	silvestre	ajardinada	edificada y viaria	removida	totales
Balance						
entradas año (L/m <sup>2</sup> )	1394	286	10702	1080	286	13.748
salidas año (L/m <sup>2</sup> )	580	6	9875	1080	0	11.541
consumo año (L/m <sup>2</sup> )	814	280	829	0	286	2.209
Total salidas año/ (Dm <sup>3</sup> )	70	0,7	316	52.4	0	439

1. Las salidas de agua de la zona no saturada (recarga al acuífero) son significativas, proporcionadas en su mayoría por los riegos y las pérdidas estimadas en la conducciones. Así, se cuantifica una recarga estimada de 439 Dm<sup>3</sup>/año.
2. Tal como se refleja en los materiales sondeados en los estudios geotécnicos de las edificaciones del campus, parece que el comportamiento del sustrato no es impermeable porque no se han encontrado niveles freáticos colgados.

### 3.2.- Posibles vías de estudio de la hidrogeología del campus

Por cuestiones de tiempo y medios no ha sido viable hacer un estudio riguroso de:

- los suelos del campus,
- de flujos laterales en la zona no saturada,
- permeabilidades,

### **3.2.1.- Temas que quedan abiertos para un futuro proyecto.**

La posible explotación del pozo de la Palmita o de los otros 2 existentes en el campus, requeriría su localización, una analítica, medida de niveles de agua y caudales actualizados.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Unidad Técnica de la ULPGC, a D. Eduardo Murillo, a Dña. Lidia Romero, a Dña. Pino Pérez, a D. Rafael Hernández, al Consejo Insular de Aguas, al Servicio Hidráulico del Gobierno de Canarias y a las empresas AT Hidrotecnia y Urbaser, a todos ellos, por su valiosa colaboración y disponibilidad.

## **4.- BIBLIOGRAFÍA**

- ITGE (1990): Mapa Geológico de España, escala 1:25.000: Santa Brígida. II09-1, 84-83; ITGE, Madrid.
- Cimentaciones del Archipiélago (1989): Estudio geotécnico para la construcción de las Canchas Polideportivas del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)
- Consejo Insular de Aguas (1999): Plan hidrológico de Gran Canaria. Cabildo de Gran Canaria.
- Cotas Internacionales S.A. (1989): Estudio geotécnico para la construcción del edificio de Traductores e Intérpretes del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)
- Cotas Internacionales S.A. (1994): Estudio geotécnico para las Residencias Universitarias del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)
- Cotas Internacionales S.A. (1995): Estudio geotécnico para la construcción la Biblioteca, el Auditorio y el Edificio Departamental de CC. Jurídicas del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)
- Cotas Internacionales S.A. (1995): Estudio geotécnico para la construcción del edificio de Ciencias de la Computación del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)
- Cotas Internacionales S.A. (1995): Estudio geotécnico para la construcción del edificio de Humanidades del Campus de Tafira Baja. (Sin publicar)

- Custodio, E & Llamas, M. R. (1983): Hidrología subterránea. Tomo I: 653-659; editorial Omega, Barcelona.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998): Guía para la elaboración del estudios del medio físico. 809 pp.
- Sánchez, J. (1978): Características y distribución de los suelos en la Isla de Gran Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Sánchez, J. et al. (1995): Cartografía potencial del medio natural. Gran Canaria. Memoria y Planos. Cabildo Insular de Gran Canaria, Universidad de Valencia, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- SPA-15 (1975): Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515). Minist. Obras Públ, Dir. Gral. Obr. Hidr. UNESCO.. Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. 3 vol.+ mapas.

**Inmaculada Menéndez González**

**M. Carmen Cabrera Pérez**

## **Anexo nº III**

### **Datos de consumo de la Oficina Técnica de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria**

En este anexo se presentan los resultados obtenidos en el periodo de seguimiento de contadores de consumo, realizado por la Oficina Técnica de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, durante el curso 97/98.

Está adaptado por Albert Torrents Sallent

**AQUÍ VA LAS TABLAS ESCANEADAS**

## **Anexo nº IV**

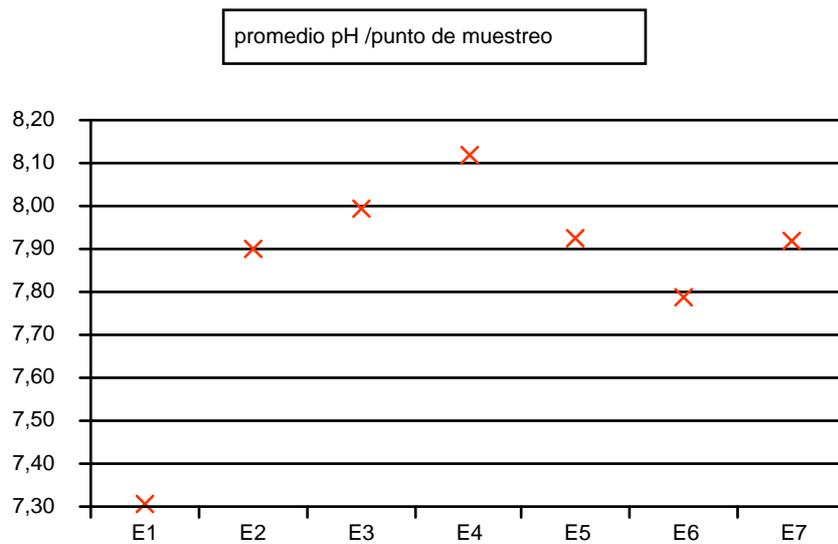
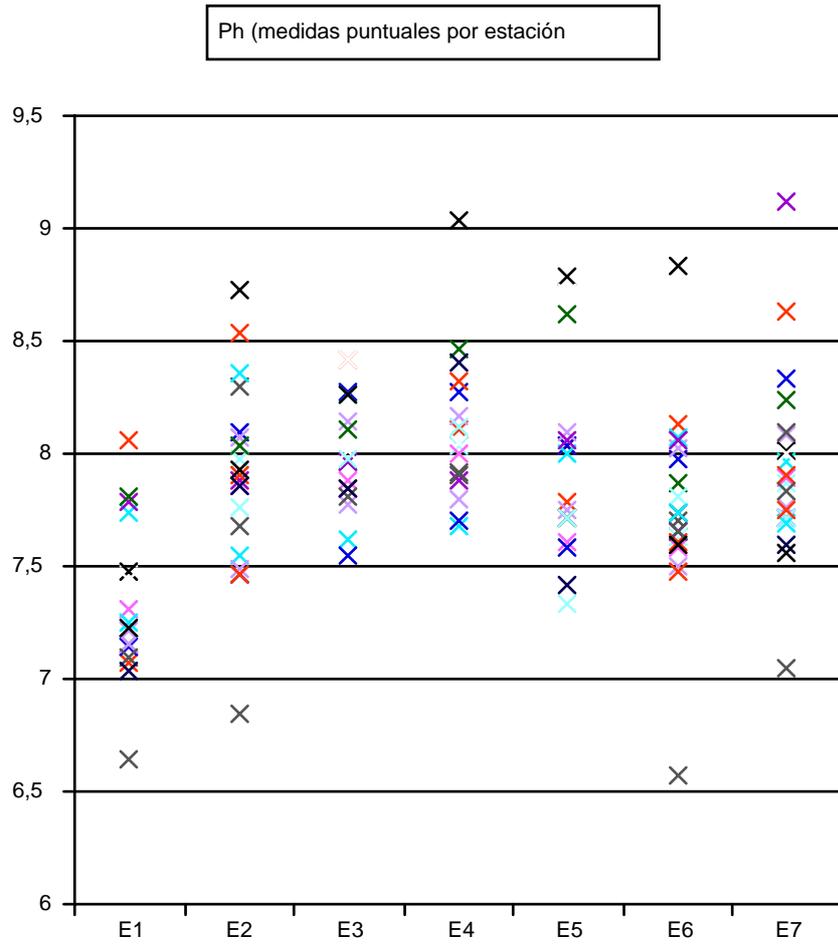
### **Datos depuradora**

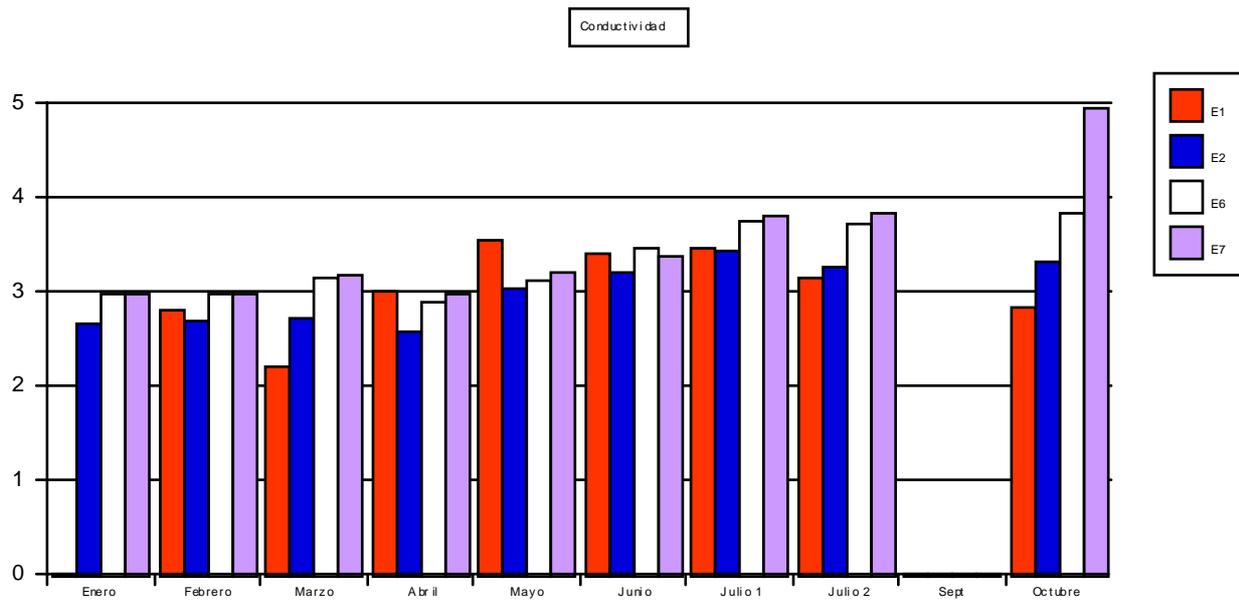
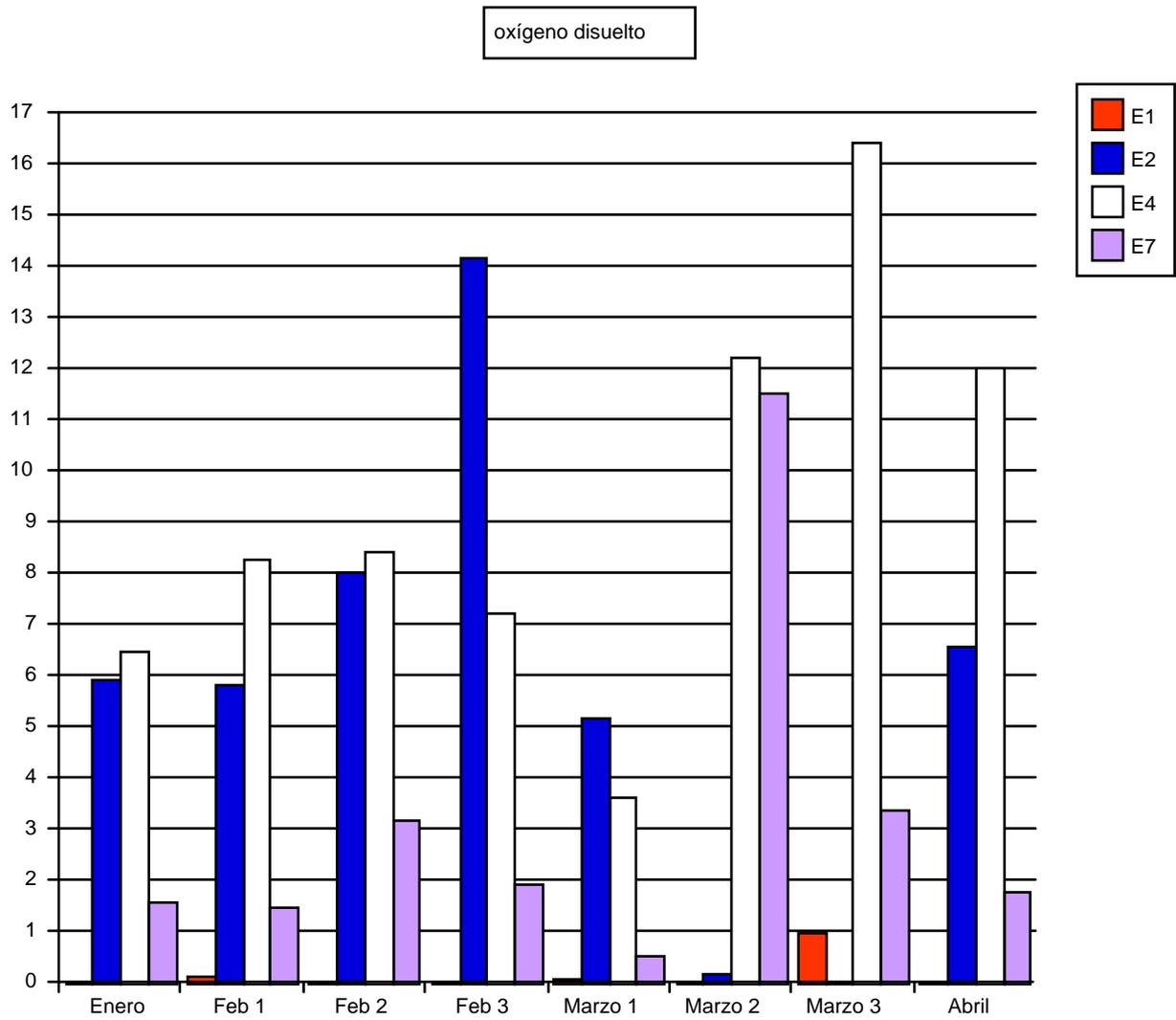
En este anexo se presentan una serie de gráficos obtenidos de los datos analíticos muestreados en el seguimiento del funcionamiento de la depuradora experimental instalada en el Campus de Tafira.

En estos, las leyendas E1, E2, E3,...Ex, corresponden a las diferentes estaciones de muestreo (siendo E1 la entrada de agua residual y E7 la salida de la depuradora)

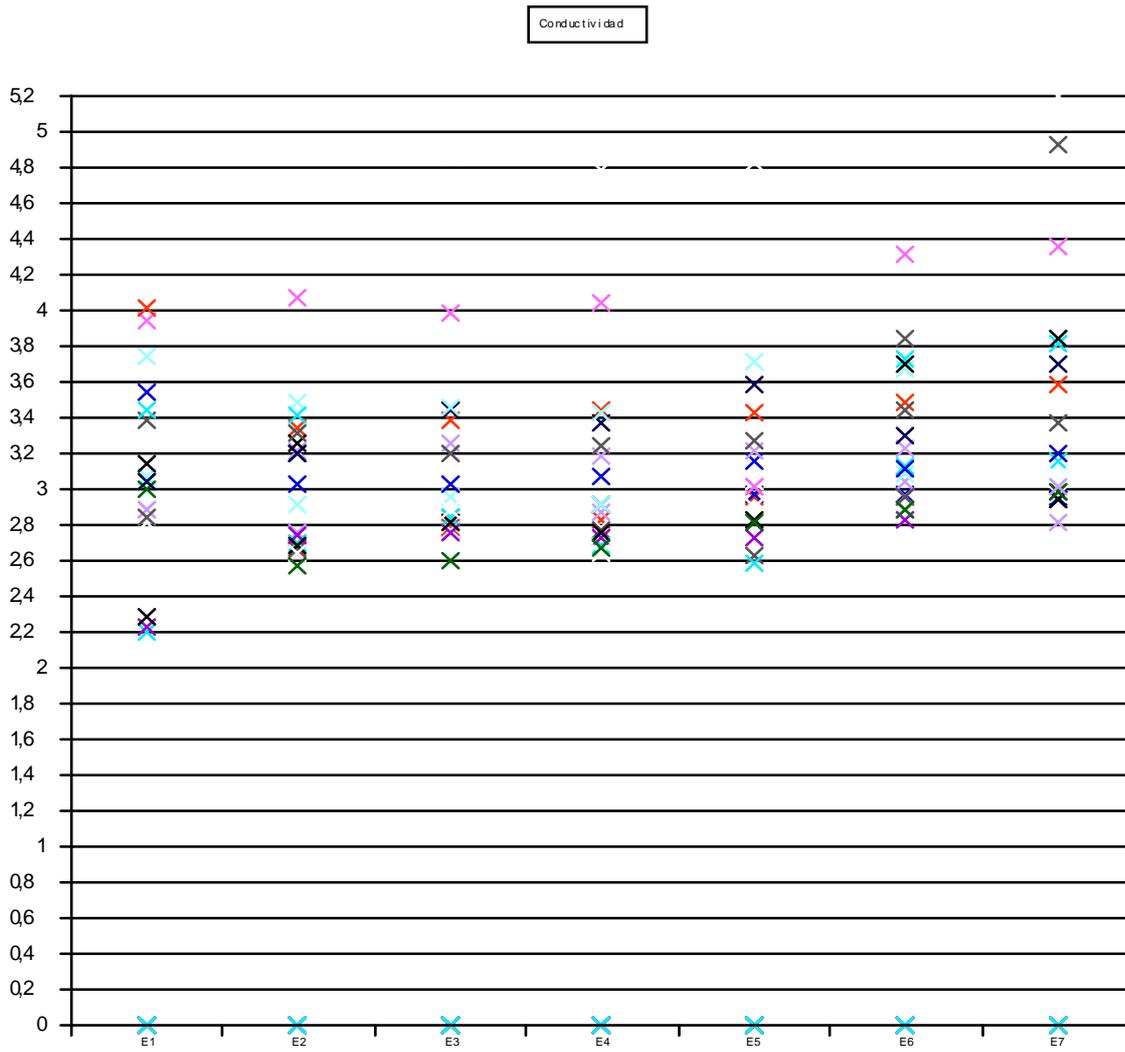
Las leyendas con "serie x" corresponden a los diferentes días en los que se realizó analíticas.

Las mismas están elaborados a partir de los datos obtenidos por la **Oficina de Residuos del Campus de Tafira**, a cargo de **José Alberto Herrera**.

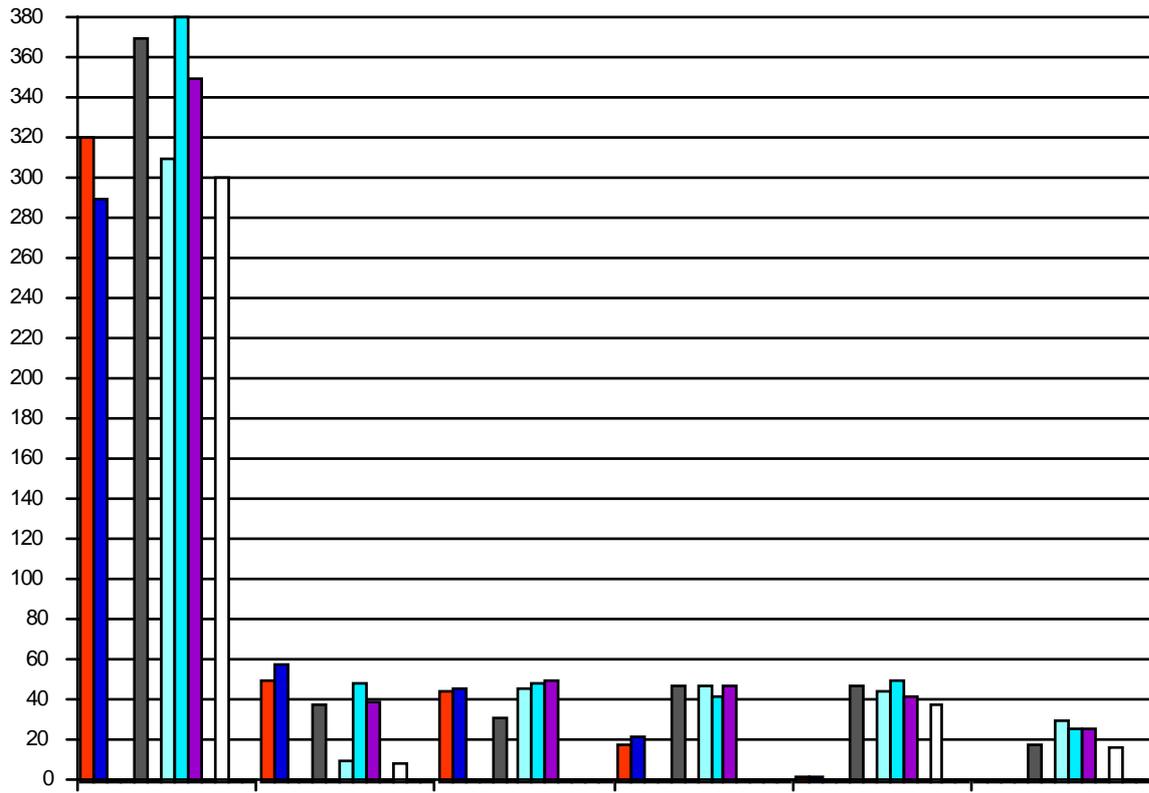


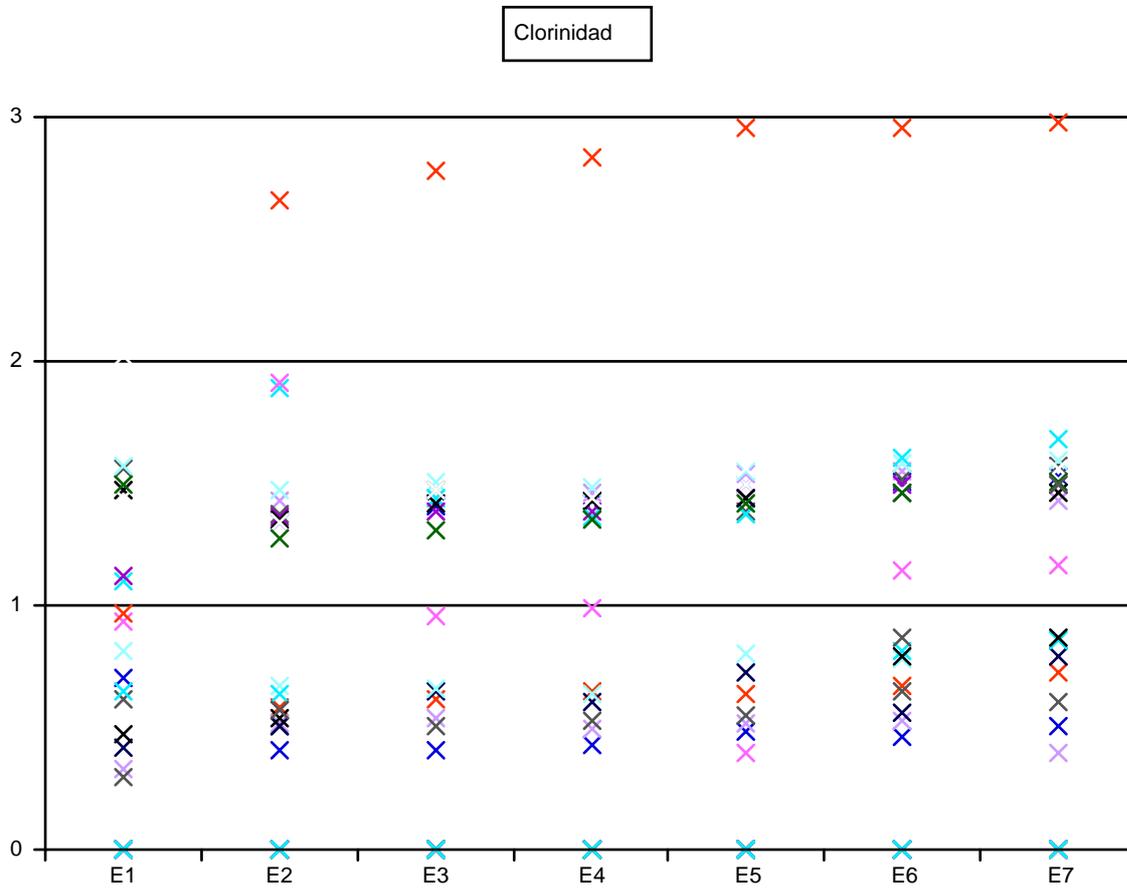
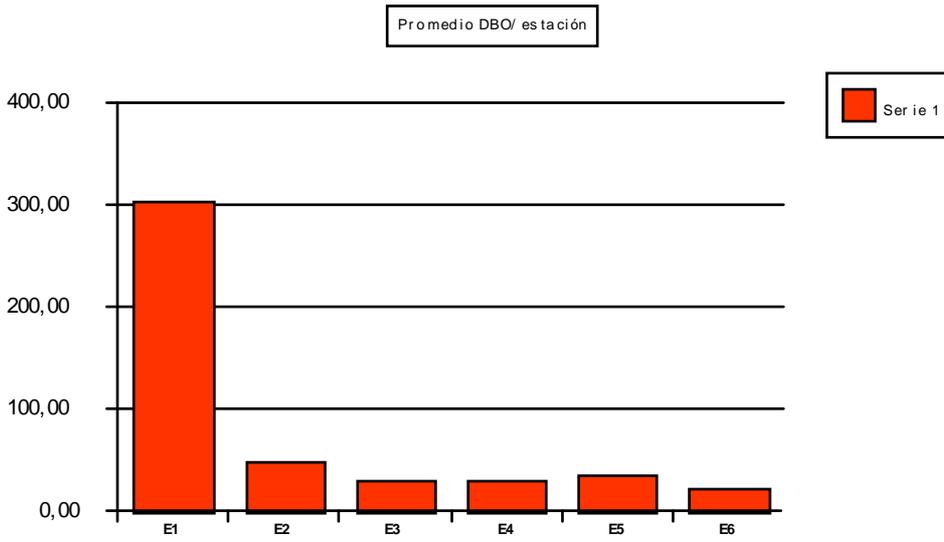


Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira U.L.P.G.C.

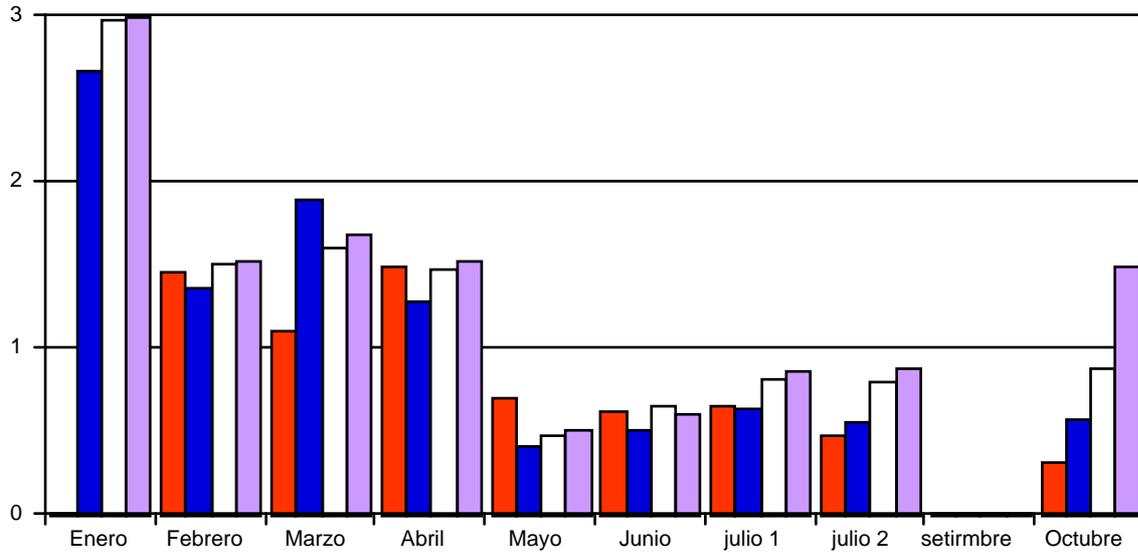


DBO5 por estación

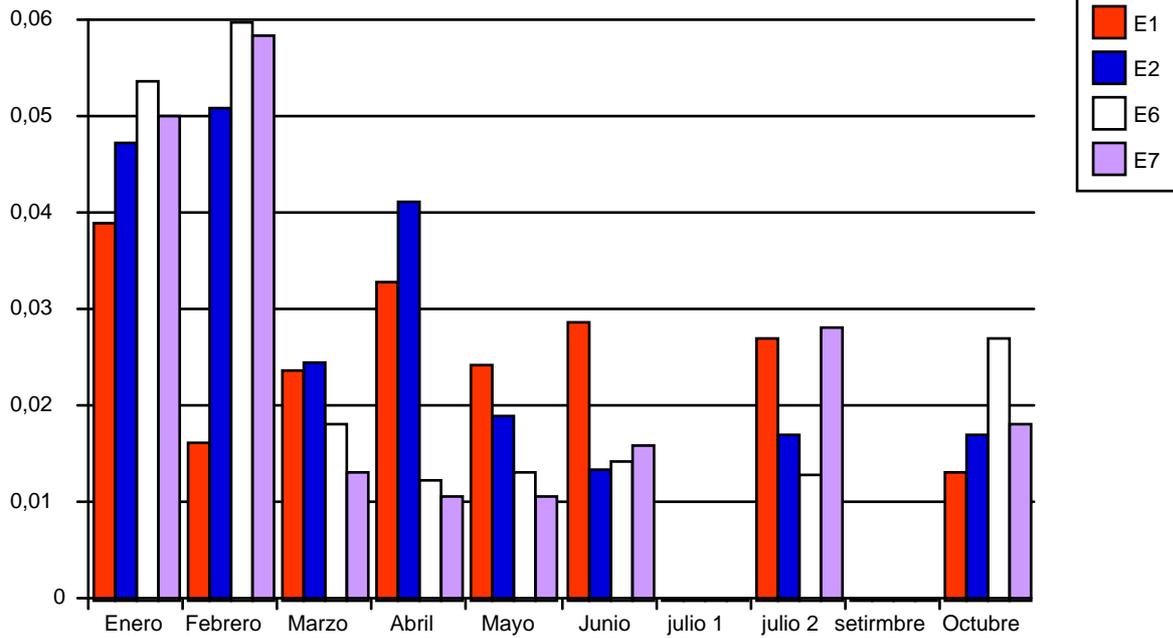


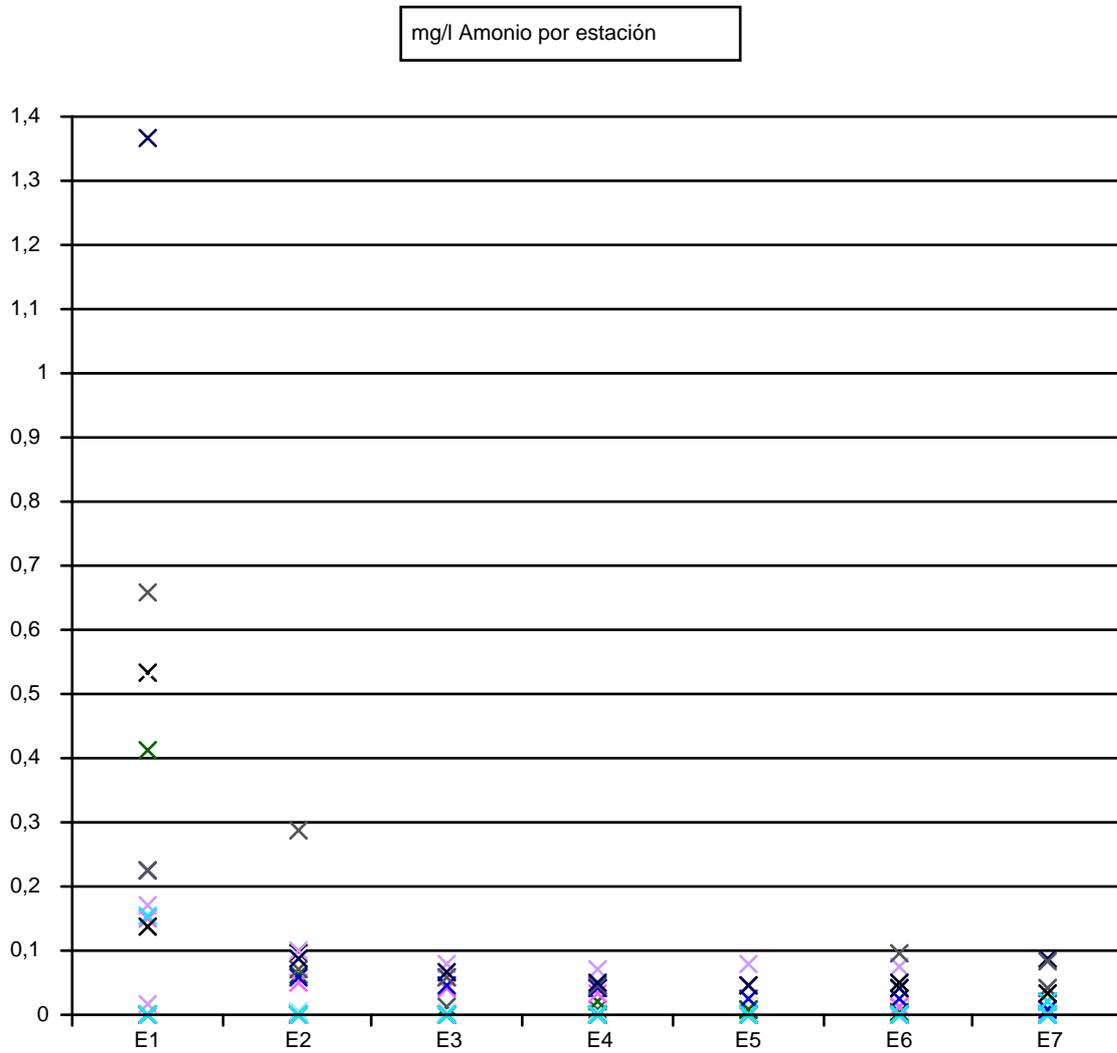
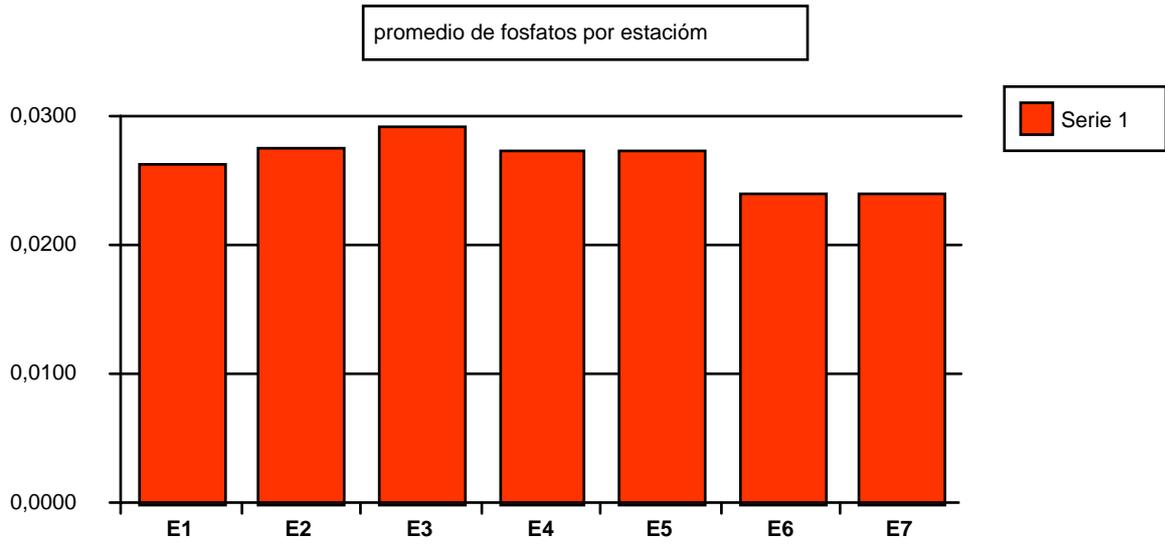


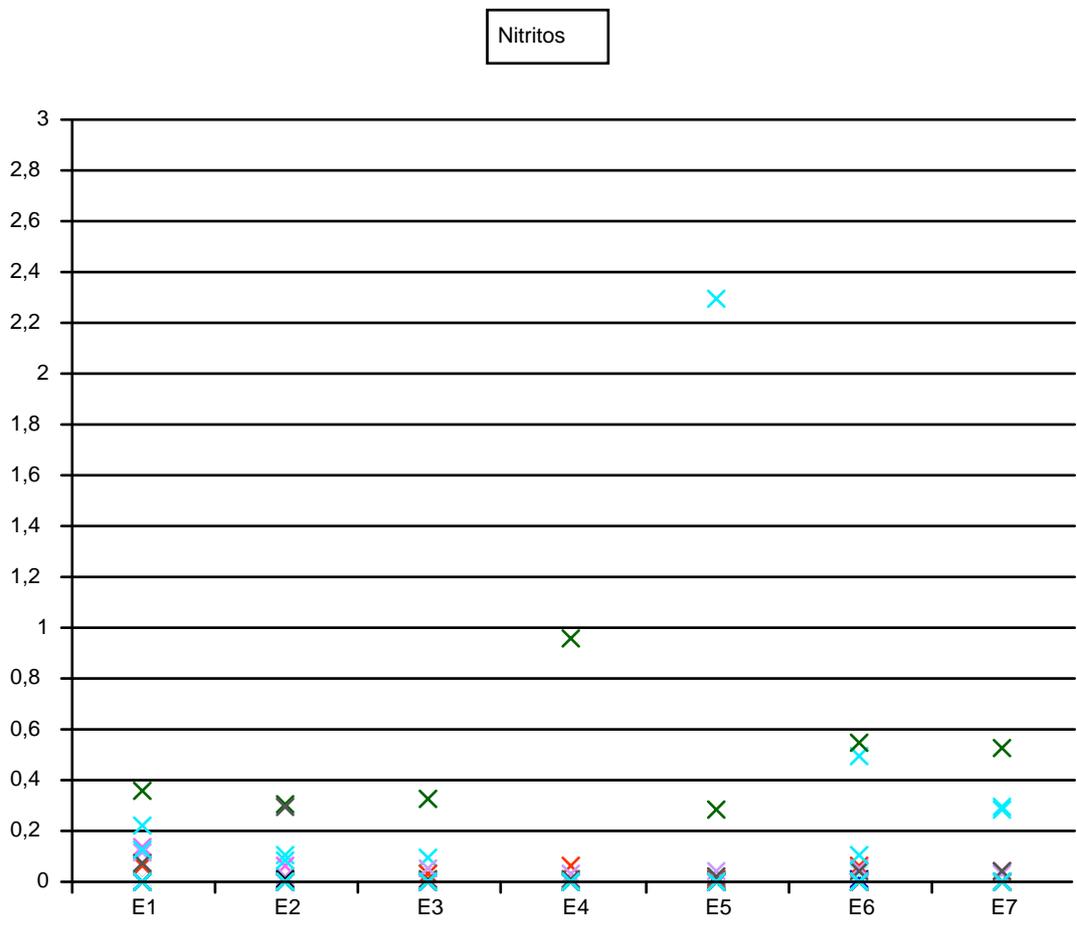
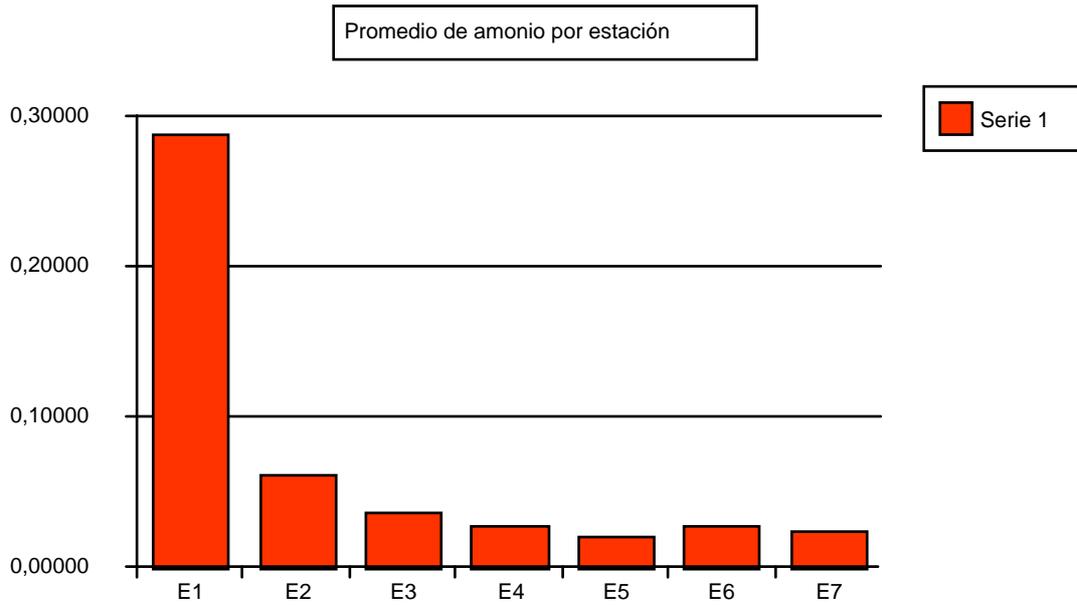
Clorinidad

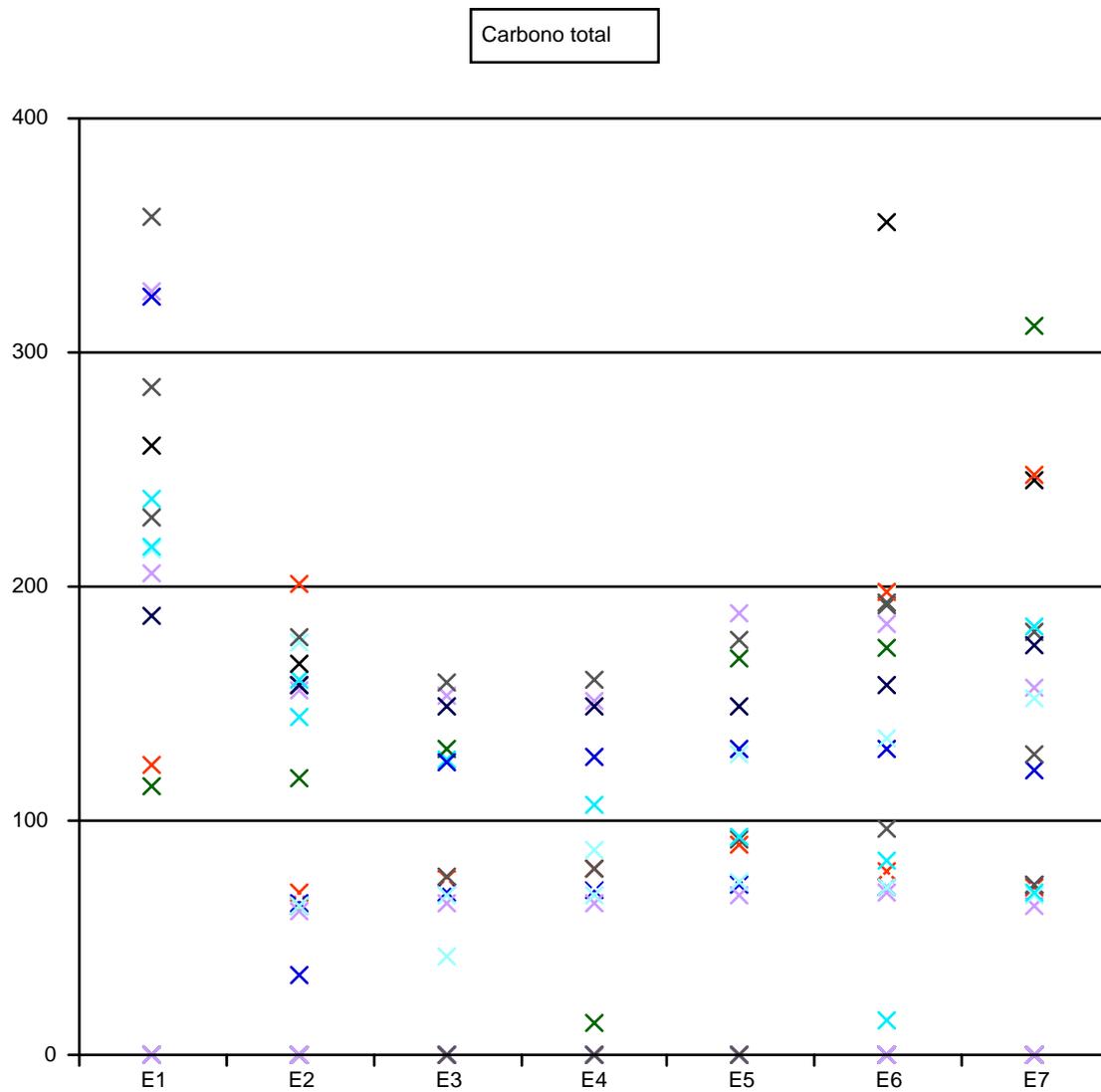
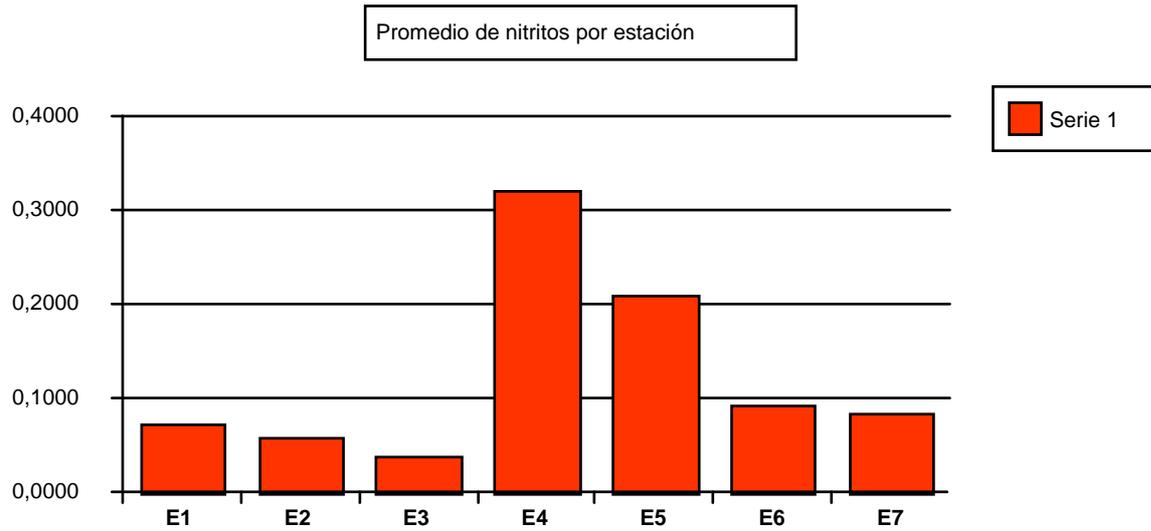


Fosfatos mensual (mg/l)

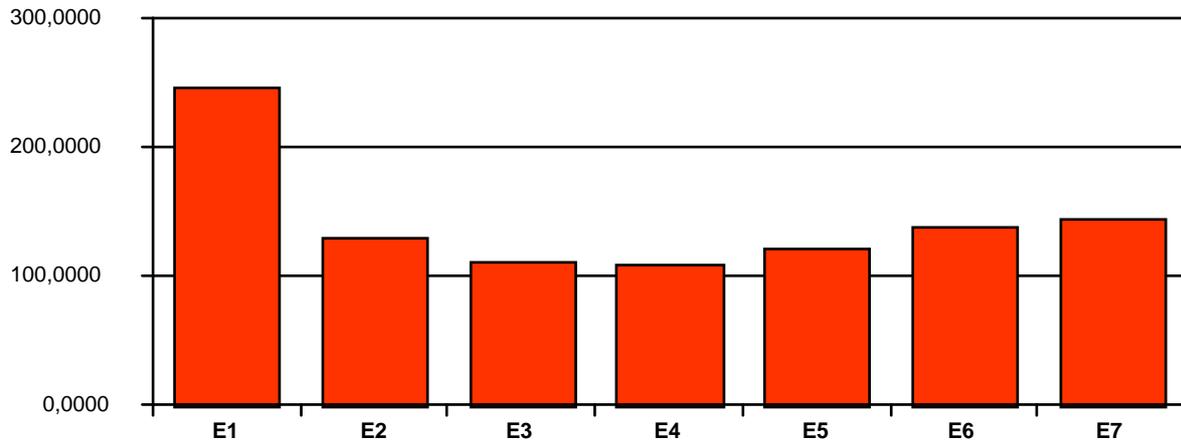




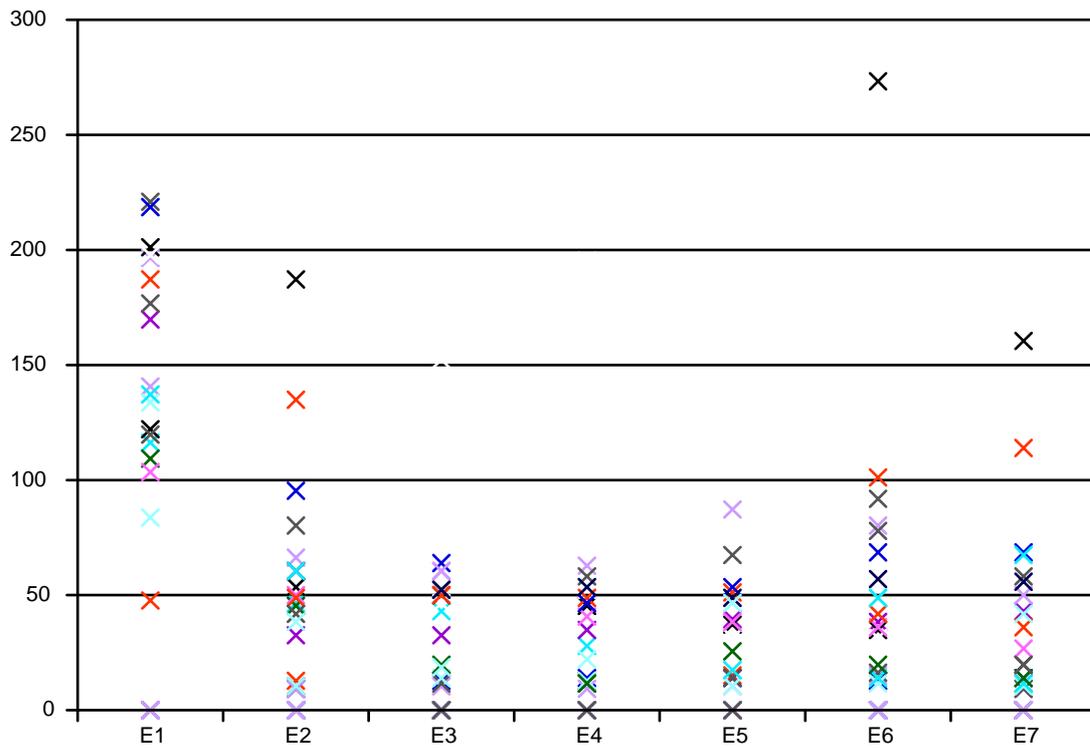


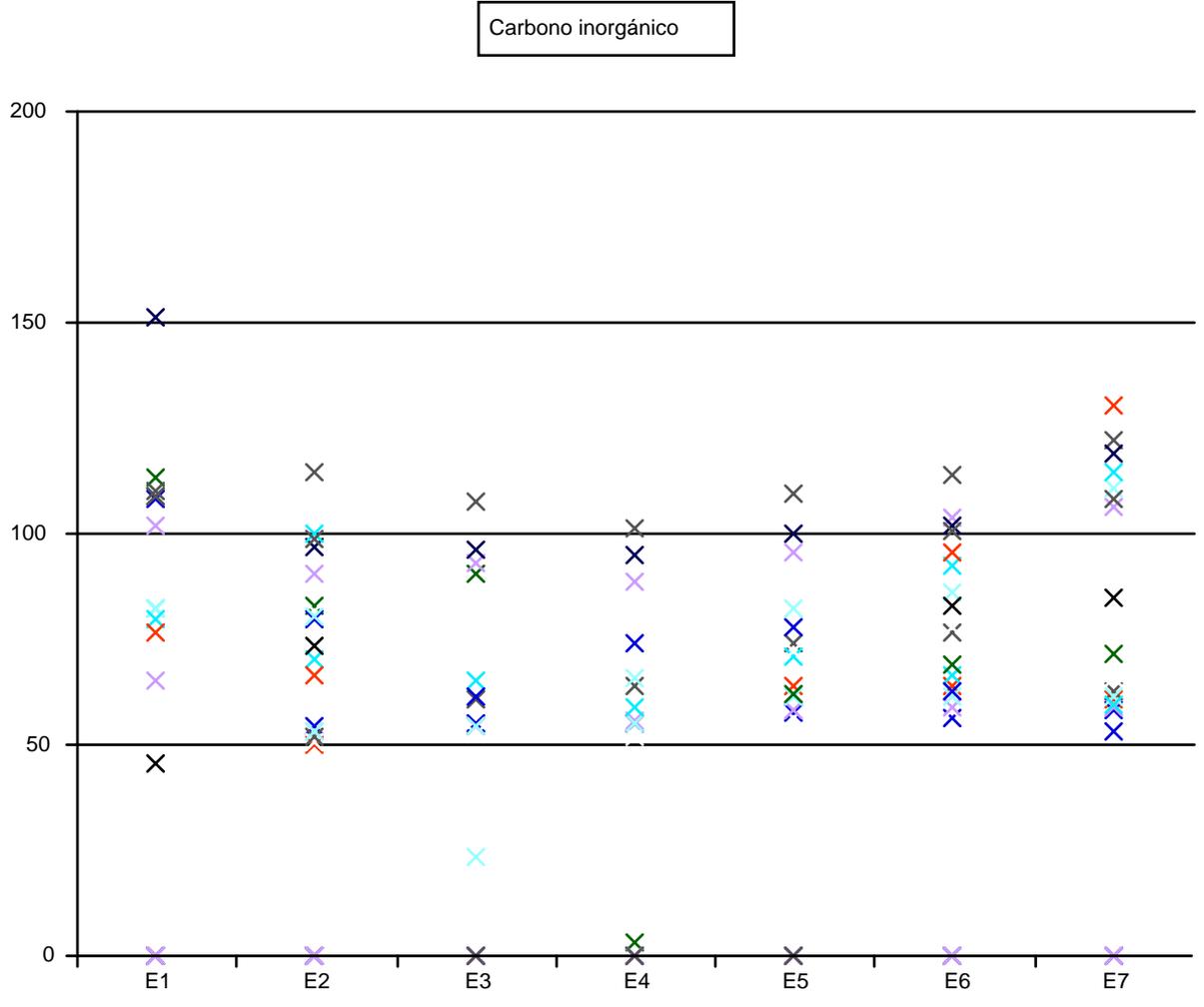
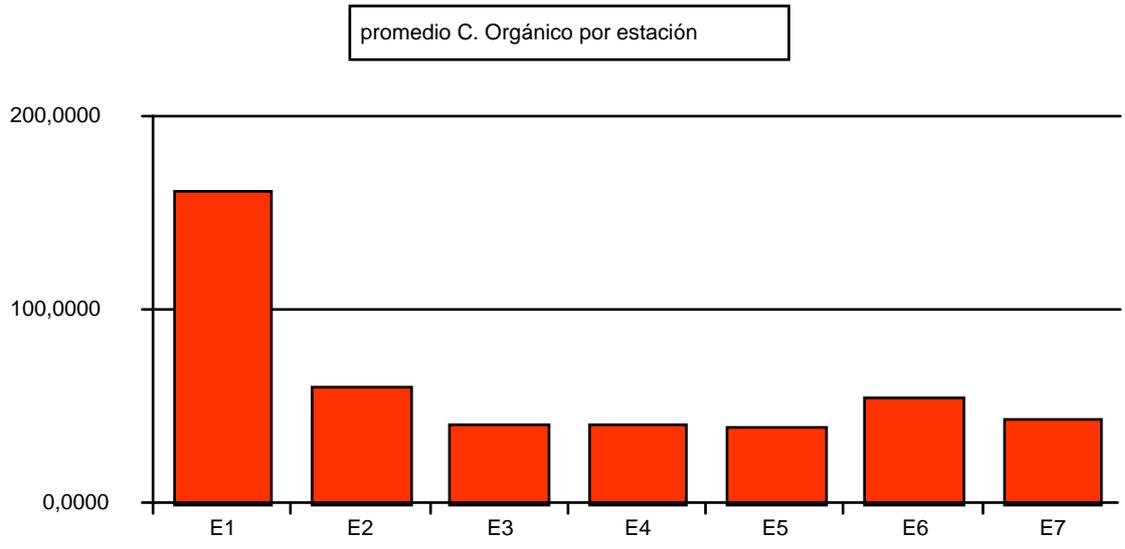


Promedio de carbono total por estación

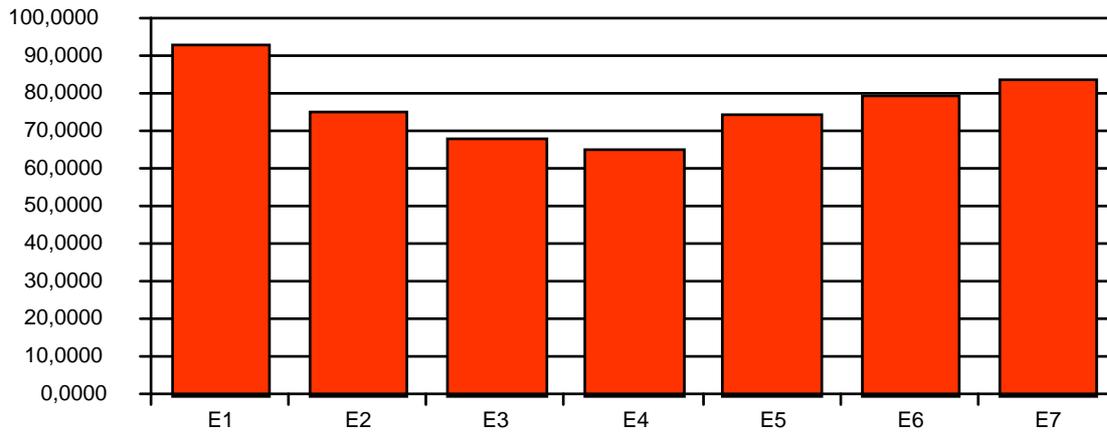


Carbono orgánico

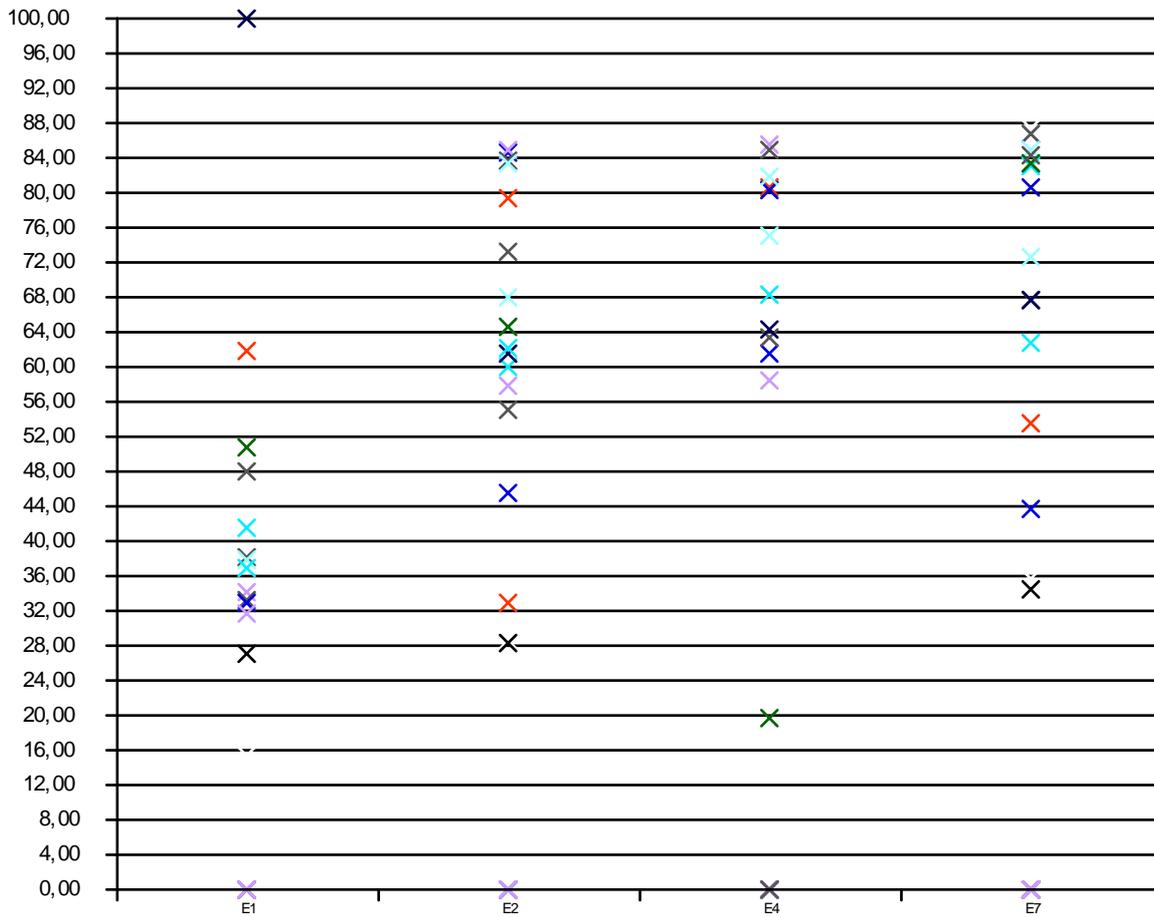




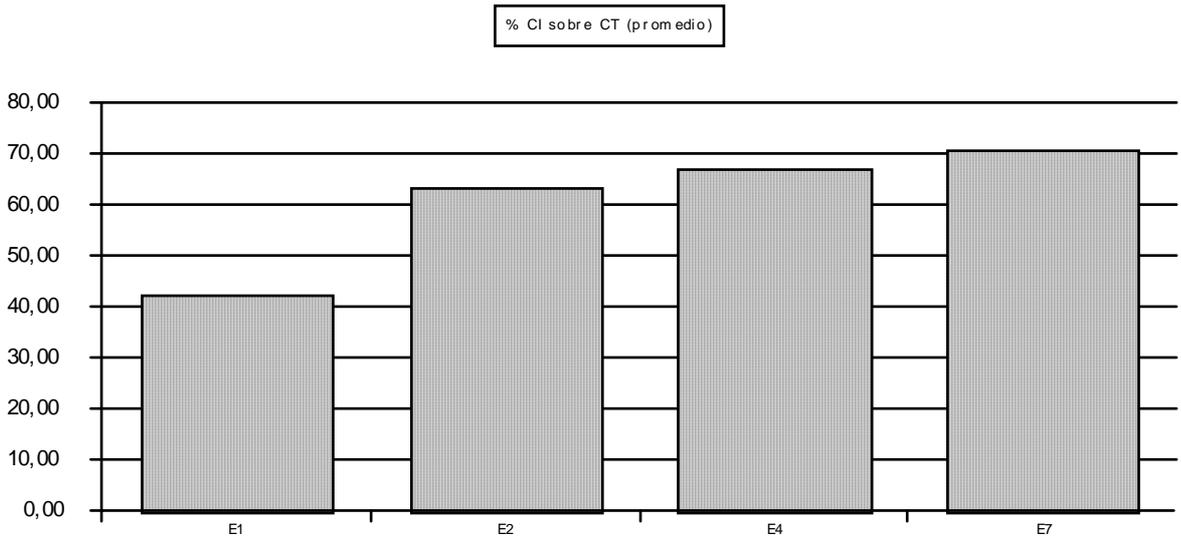
promedio de C. inorg. por estación



% C inorgánico sobre C total



Proyecto de gestión integral del agua en el Campus de Tafira U.L.P.G.C.



## **Anexo nº V**

### **Descripción de la red de canales y cantoneras**

En este anexo se presenta el estudio del estado de la red de canales y cantoneras del Campus de Tafira, extraído del Proyecto Agroambiental del Campus de Tafira, del informe elaborado por **Héctor García Sánchez, Elisenda Monzón Peñate, Fernando Pérez Zúñiga y Eva Llorca Alfonso**

## **2 HOJAS DE TEXTO JUNTO CANTONERAS Y FOTOS**

## **Anexo nº VI**

Propuesta inicial del Informe sobre la gestión del agua en al Campus de Tafira de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria

En este anexo se presenta la propuesta inicial elaborada para la realización del Informe sobre la gestión del agua en al Campus de Tafira.

En el mismo se presentan los objetivos y mecanismos propuestos para el estudio de la gestión sostenible del agua en el Campus, y se sintetizan las líneas generales que se han seguido en la elaboración del presente proyecto.

Informe sobre el Plan de Uso y Gestión Sostenible del Agua en el Campus de Tafira -1-

## **Informe sobre la gestión del agua en al campus de Tafira**

### **1- Introducción**

En el presente informe se evaluará de forma preliminar (por la naturaleza del informe y la carencia de algunos datos necesarios) el actual esquema de uso y gestión del agua, así como las propuestas contenidas en el informe de Uso y Gestión del agua en el Campus de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, en el Campus de Tafira.

## **2- Propuesta de Plan de Uso y Gestión:**

Siguiendo el esquema de la propuesta planteada, el plan plantea afrontar el tema del agua a partir de un planteamiento clásico de Gestión de la Demanda de Agua, que se cimentaría en cuatro pilares:

- a. Infraestructuras hidráulicas
- b. Programas de ahorro de agua
- c. Programas de eficiencia
- d. Sustitución

A continuación, detallaremos los ámbitos básicos que deberían tenerse en cuenta para cada uno de estos apartados, para plantear un proyecto de gestión sostenible:

### **a. Infraestructuras hidráulicas**

Que contemplará conducciones y pérdidas en suministro y evacuación, pero que en un análisis más global debería de contemplar asimismo las instalaciones de tratamiento de potabilización, depuración y bombeos de agua, con un análisis crítico ambiental que contemple requerimientos de mantenimiento, energéticos y la utilización de materiales y técnicas constructivas respetuosas con el medio ambiente o de bioconstrucción (no utilización de derivados del cloro o el PVC, minimización de productos procesados, productos químicos, etc. )(Ver anexos) también debe de contemplar las infraestructuras de riego, dentro de las que se incluirían el tradicional sistema de acequias del palmeral.

### **b. Programas de ahorro de agua**

Los programas de ahorro deberán contar, fundamentalmente , con tres puntales básicos:

1. Gestión de proveedores: Siendo el Campus un consumidor importante de agua, tiene la suficiente entidad como para negociar precios competitivos de agua, máxime al contar con pozos propios, que aportarán una cantidad fija de agua de menor coste económico.

2. Esto se debería combinar, en cualquier caso, con otras medidas como: La tipificación de aguas según calidad y posibilidades de uso, un estudio detallado de la Jardinería del Campus (pues se intuye, con creces, el principal consumidor de aguas del

mismo) y propuestas que mitiguen este uso como la reducción de parterres de césped, la reducción de cortes en el césped, máxime en épocas de calor, introducción (o intensificación, puesto que ya se han dado algunos pasos parciales en el Campus) de criterios de xerojardinería, tales como el uso de especies autóctonas que requieran solo un mínimo de riego, el acolchado (mulching) de las zonas de arbustivas y arbóreas, e idealmente la mejora de la capacidad de retención y almacenamiento del agua en el suelo, previniendo la escorrentía y minimizando el requerimiento de riegos (mediante swales o canales de leve inclinación para favorecer la infiltración de aguas, aporte de materia orgánica al suelo y cubierta del mismo [siendo a estos dos fines muy interesante el uso de acolchados]).

#### c. Programas de eficiencia

Como se comenta en el informe de referencia los principales aspectos en este apartado serán, por la naturaleza de la utilización de aguas en la Universidad, el uso de economizadores tanto en griferías como en los sistemas de riego utilizados por la jardinería. Serán menos importantes en este caso las de tipo “industrial”.

#### d. Sustitución

Sin duda este será el apartado, que dado la situación actual del Campus, será más importante para modificar sensiblemente el balance de agua actual, y quizás uno de los más importantes de cara a conseguir una gestión integrada y sostenible del agua.

Esencialmente tratará sobre la tipificación de los diferentes tipos de agua, el análisis de sus posibles usos y la elaboración de objetivos concretos hacia cada una de ellas, como se desarrolla en el punto 3 de este informe.

### 3. Racionalización del uso, tipificación y potencialidades de los diferentes tipos de agua

Definidos los ámbitos y objetivos sobre los que se deberían fundamentar las futuras actuaciones del Campus, en aspectos relacionados con el agua, para acercarse a una gestión realmente sostenible, será necesario identificar los tipos, cantidades, características, etc. de las aguas a gestionar.

Obviamente la actuación conjunta e inmediata en todos los ámbitos que se plantean en los siguientes apartados, rebasará las disponibilidades económicas e incluso, e algunos casos, técnicas de la Universidad, pero, creemos que es necesario y recomendamos, la realización de un plan general que contemple todos los ámbitos descritos, para tener una visión de conjunto que clarifique los efectos de cada actuación futura en el Campus, no solo en la inmediatez de la misma actuación a realizar, sino dentro del diseño de un plan global de uso y gestión sostenible del agua.

A tal efecto, se impone discernir los diferentes tipos de agua, sus balances, potencialidades de uso y objetivos previstos. (ver cuadro)

Tipo de agua	Objetivo previsto	Potencialidad de uso
Agua de suministro	Minimización o no requerimiento	Todos los usos
Agua de lluvia	Máximización del aprovechamiento	Todos los usos excepto de boca si no se trata
Agua de pozos del Campus o de regantes del área	Utilización de caudales adecuados, tendiendo a minimizar	Todos los usos excepto de boca si no se trata
Agua recuperada de barranco Seco II	Minimización o no requerimiento	Riegos de cultivos controlados

Agua residual negra Tratamiento y Tratamiento en depuradora  
Reutilización a ser y posterior reutilización  
posible del 100%

Agua residual gris Tratamiento y Tratamiento en depuradora  
Reutilización y posterior reutilización,  
del 100% riego directo de algunos cultivos  
controlados

Agua residual recuperada Reutilización del 100% Riego sin restricciones,  
del Campus Limpieza de vías, otros\*

Albert Torrents mayo 2001

A continuación se hace un mínimo de balance de agua, aún que es meramente preliminar, a falta de los consumos divididos por tipo de agua y otra información capital como usuarios por facultad, plano topográfico del Campus, plano de plantaciones del Campus, plano de superficies edificadas y pavimentadas, resultados de la depuradora piloto, etc. afectando tanto a este apartado como al de propuestas)

Aún con estas salvedades, podemos intuir las líneas generales de uso en la Universidad, donde el agua utilizada tiene dos líneas maestras claras:

Agua de uso para suministro a servicios, comedores, polideportivo y laboratorios

Agua de riego para jardines, agricultura y mantenimiento de comunidades como es el caso del palmeral

El primer tipo no presenta especiales problemas para ser tratado de forma natural y extensiva en el propio Campus, (como indica hasta el momento la depuradora piloto, diseñada y dirigida por Sistemas Naturals, financiada por el ITC y monitoreada por la oficina de residuos, y en funcionamiento desde febrero del 2001) pero es sin duda en el segundo grupo donde más podremos actuar a nivel tanto de reducción de la factura de suministro total, como de ahorro de agua en términos totales. A partir de estas previas, y

sin posibilidad de cuantificación por el momento podríamos definir los siguientes objetivos generales para una gestión sostenible, económica y ecológicamente:

**Reducción de la factura de abasto de agua, tanto recuperada como potable**

**Tratamiento del agua residual generada (toda o su mayor parte, en la propia Universidad, y su reutilización, como mínimo, para reducir los requerimientos totales de riego**

**Recorte drástico del volumen total consumido, a partir de el replanteamiento de los tipos y técnicas de jardinería y riegos empleados, recuperación de aguas de la depuradora del Campus y utilización del agua de lluvia**

**Aprovechar el agua de lluvia en su máximo potencial, incluso potabilizándola si se requiriese, reduciendo los requerimientos de recursos externos**

**Disminuir los futuros costes por tratamiento de aguas residuales en E.D.A.R. externa a la universidad**

**Combinar los elementos estructurales de estas obras (principalmente zonas de humedales) con el rediseño del entorno periurbano del Campus y otras entidades ecológicas próximas como el entorno del barranco del Guinguada**

#### **4. Esquema básico del Ciclo Integrado de Agua propuesto**

Una vez definidos los tipos de agua utilizados y generados en el ámbito del Campus, y planteados los objetivos a los que se debería de enfocar la actuación, podemos empezar a considerar cómo debería ser el Plan de Gestión de Agua.

Faltaría para un análisis mas detallado los consumos por tipo de agua e información de la disponibilidad de terreno del Campus, alcantarillado y puntos de vertido, etc., para poder definir más adecuadamente el proyecto.

A pesar de no poder realizar una cuantificación, sí podemos definir cual debería de ser el esquema general de gestión (Ver cuadro)

En el cuadro se detallan los flujos de agua a partir de su origen, su potencialidad de uso y los objetivos planteados en el apartado anterior.

Podríamos separarlo en:

- Entradas al sistema

Todas las entradas externas al Campus

- Usos del agua

Usos principales a los que se destina el agua dentro del Campus

- Aguas generadas

Aguas generadas separadas según su carga contaminante, aunque en la actualidad se canalicen juntas las aguas negras (fecales o con contenidos problemáticos), grises o de aseo y baja carga contaminante y de lluvia, prácticamente potable si está bien gestionada.

- Tratamientos, salidas y reutilización

Los flujos entre tipos de agua, usos y elementos, definen las posibilidades o potenciales de cada tipo de agua, pero dentro de las potencialidades se diferencian cuatro categorías de interés o adecuación a los objetivos globales del plan de gestión.

Estas cuatro categorías son:

Vía preferente

Aquella a la que idealmente debería ser destinada el agua.

Vía apropiada

Aquella que es adecuada al tipo de agua, aún que pueda no ser la más indicada para cumplir los objetivos del proyecto o resultar una agua de excesiva calidad para ese uso en concreto teniendo otros potenciales de mayor valor, etc.

Vía excepcional

Aquella a la que no se debería de recurrir, por existir otras aguas más adecuadas para esta finalidad, resultar de demasiada calidad y/o contradecir directamente los objetivos del proyecto.

Vía no recomendada o a evitar

Aquellas a evitar especialmente, pues principalmente representan pérdidas netas del sistema. Obsérvase que no se incluyen en la misma el agua utilizada para riego, ni la destinada a la recarga del acuífero, aún que esta es más discutible, por la geología concreta del emplazamiento, pues el de abasto se encuentra a unos 90 m de profundidad en el área.

## **5. Propuestas de actuación**

En el presente informe se han planteado o apuntado diferentes propuestas para la actuación, en general podríamos diferenciar los ámbitos de actuación básicos:

### 1. Jardinería, cultivos y comunidades vegetales dentro del Campus

1.1 Estudio de especies, áreas, sistema de riego y técnicas de cultivo y su adecuación a los objetivos del proyecto.

1.2 Prevención de la escorrentía y recogida de aguas de lluvia

### 2. Conducciones y separación de aguas

2.1 Separación de las aguas de lluvia de las residuales

2.2 Separación paulatina de los diferentes tipos de aguas residuales

### 3. Instalaciones

3.1 Aljibes y balsas de recogida de aguas de lluvia y recuperadas

3.2 Depuradora o depuradoras para el total de las aguas generadas

Para definir adecuadamente estas posibilidades deberíamos tener el máximo de información indicada en los diferentes apartados de este informe, para así definir un diseño previo que prevenga la ejecución de actuaciones que posteriormente sean difíciles de integrar en el Plan de Uso y Gestión Sostenible del Agua.

En cualquier caso hay entre las propuestas apuntadas tres categorías principales de actuación:

1. Actuaciones que ya se están ejecutando o que se van a ejecutar de cualquier modo, como es el mantenimiento de la jardinería del Campus, (en el que bastaría modificar técnicas de cultivo, especies a implantar, o sistemas de riego) que de todas formas requerirá del mantenimiento y replantación de especies, sistemas de riego, etc, por lo que serian costes compartidos con el presupuesto de jardinería actual del Campus

2. Actuaciones de nuevas instalaciones, que sería la parte más visible del proyecto, y requeriría de fondos especiales para su ejecución (aún que posteriormente estos se amorticen por el menor requerimiento de agua y otros factores).

Dentro de este apartado encontraríamos las depuradoras, balsas de agua de lluvia y riego, digestores de metano, construcción de swales, adecuación del sistema de acequias, etc.

Como se ha dicho estos se podrían amortizarse completamente o en parte, y algunos se podrían integrar más o menos en otras actuaciones y podrían ser para el total del agua generada o para solo parte de ella, pero es importante que estén diseñados desde principio dentro de unos objetivos globales, para evitar errores que dificulten el posterior desarrollo del Plan de Uso y Gestión Sostenible del Agua en el Campus de Tafira, como sería la combinación de aguas de lluvia con residuales, etc.

3. Por último quedan aquellas actuaciones que implican modificaciones estructurales de las instalaciones ya existentes.

Dentro de este apartado habrá aspectos más fáciles y otros más difíciles de acometer, por ejemplo será relativamente fácil separar las aguas de lluvia de las aguas residuales (incrementan el volumen de agua residual e inutilizan el agua de lluvia, de alta calidad, perdiendo una buena fuente de suministro y disminuyendo la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales), pero seguramente será prohibitivo a corto plazo la separación de aguas grises y negras desde el punto de uso.

No obstante, sí es factible (siempre y cuando se cuente con unas buenas directrices) que se desarrolle una serie de normas o recomendaciones para que futuras instalaciones o edificios del Campus se diseñen de acuerdo a los principios planteados en este informe.

Sería importante de realizar una primera valoración de los costes implicados en cada obra para combinar los beneficios y costes de cada actuación, estableciendo los criterios de prioridades con que diseñar y ejecutar las obras.

## **6. Conclusiones**

El Campus de Tafira, reúne unas condiciones altamente favorables para la implantación de un sistema integrado de gestión del agua. Algunos de estos puntos fuertes son:

- La generación de agua fácilmente tratable
- La facilidad de utilización del agua tratada en el propio entorno del parque
- La disminución del consumo global, y sobre todo del consumo exterior de agua
- Condiciones geológicas muy apropiadas, con la presencia en muchas zonas de capas de arcillas combinadas con otros materiales (ideal para una construcción de bajo coste)
- Condiciones ambientales muy favorables, con alta regularidad de temperaturas a lo largo del año, alta insolación, etc. para el funcionamiento de sistemas biológicos
- La posibilidad de generar puntos de interés florístico y de fauna, junto a la proximidad y facilidad de conexión con otros entornos, como el barranco del Guinguada
- La reducción de residuos
- La obtención de un sistema de gestión integrado, pionero en su enfoque en el estado
- La obtención de un potencial para monitorear y aprender sobre los sistemas de gestión integrada o ingeniería ecológica para alumnos y departamentos del Campus
- La disponibilidad de superficie propia de la Universidad, donde implantar el sistema
- El estudio de un nuevo enfoque, entre tradicional y sostenible del histórico problema del agua en las islas Canarias, etc.

Los principales puntos débiles que se pueden identificar serían los de financiación de las instalaciones y los que se pudiesen presentar de índole técnico, para una buena implantación del proyecto.

En lo referente al primer aspecto cabe considerar que:

- Parte de las inversiones se deberán realizar en cualquier caso (jardinería, etc.)
- Las instalaciones más costosas, no dejan de ser infraestructuras (mejoras de alcantarillado, instalaciones de tratamiento de aguas residuales, recogidas de aguas de lluvia) con sus correspondientes períodos de amortización
- Algunas de las instalaciones se amortizarán total o parcialmente con el tiempo, por el ahorro que significan en otros costes

- Un proyecto de este tipo debidamente desarrollado puede llegar a ser un valor no económico de la universidad, incluyendo a las oportunidades académicas y la divulgación de nuevas tecnologías sostenibles.

Como ejemplo podemos considerar una balsa, el coste de la cual, debido a la presencia de arcillas en el área, podría ser inferior por superficie (m<sup>2</sup>) al de un ajardinado de media intensidad (es más económico que el césped o el ajardinado con árboles de cierta talla) ya que no requiere sistemas de riego, renovación de planta, tierra de buena calidad para la implantación y a unos costes de mantenimiento menores, que no solo cumple el objetivo estético del ajardinado sino que cumple las funciones de estación depuradora de aguas residuales o recogida de lluvia y gestión de riego, aportando además un punto húmedo de entidad en un entorno como es el del Noreste de la isla de Gran Canaria, punto importante por ejemplo de algunas migraciones de aves, y en las que se está perdiendo parte de los puntos húmedos (la mayor parte de ellos antrópicos, como las antiguas balsas de recogida de lluvia) debido al crecimiento urbanístico y al abandono de usos tradicionales del suelo, y que además contribuye significativamente a reducir los costes de abasto y tratamiento de agua del Campus de Tafira.

En cuanto al segundo aspecto, la gestión técnica del proyecto, es también un aspecto de capital importancia para conseguir los objetivos aquí planteados.

A ese nivel es recomendable el encargo de un estudio integral de gestión del agua en el Campus, como mínimo a nivel preliminar, pero es esencial determinar unas líneas maestras claras para facilitar la adaptación de cualquier futura actuación en este ámbito.

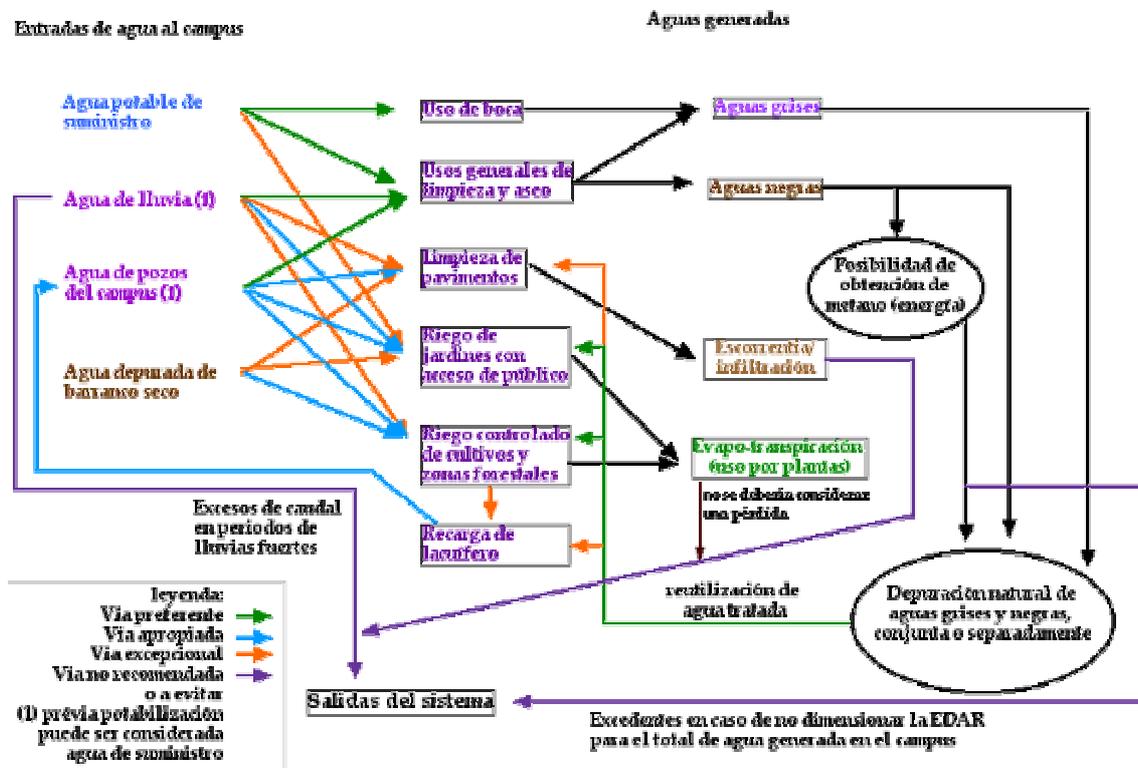
Para este primer paso es necesaria la recogida de toda la información asequible al respecto de forma que se pueda hacer un primer estudio cuantificado, para tener los elementos para decidir las prioridades y el alcance óptimo a corto, medio y largo plazo, del proyecto.

Será también de crítica importancia, la elección de técnicos y expertos que tengan conocimientos contrastados en esta tipo de actuaciones, sobre todo en esta primera fase de proyecto, para sustentar una base sólida, integrada, ecológica y sostenible para la gestión del agua en el Campus de Tafira.

La existencia de experiencias piloto, como se da en este caso, ayudará a partir de la información que ya está aportando, al diseño e implantación en un futuro de otros sistemas a mayor escala.

Por último cabría plantear una reflexión sobre la importancia de un buen diseño, para conseguir el ejemplo comentado anteriormente en este apartado, y es que con frecuencia, “diseñar la simpleza, entraña una de las mayores complejidades”.

Quadro esquemático de Gestión integrada del agua del campus



## **Anexo nº VII**

### **Modelo de ejemplo ya diseñado**

Ejemplo de un modelo de gestión de las aguas, diseñado por Albert Torrents Sallent

En este anexo se presenta un modelo del diseño de una zona del campus, que ya se ha realizado.

Este primer modelo, propone la construcción de una primera depuradora destinada a tratar parte de las aguas residuales generadas en la mitad sur del Campus de Tafira, ubicada en el mismo emplazamiento en el que ya existía históricamente el estanque de barro, (E8), realizando una depuradora extensiva similar a la depuradora experimental, impermeabilizada con arcillas.

El agua tratada en este sistema se podrá enviar mediante bombeo, bien al estanque general de riego (E1) para la reutilización directa del agua depurada en el riego, o alternativamente se podrá bombear al estanque ornamental del Pensador.

El estanque ornamental de los jardines del Pensador, está asimismo diseñado para ser construido con arcillas, y si bien su principal función es la de servir de elemento ornamental y cohesivo de los jardines del Pensador, se aprovecha a la vez como sistema de afinado del agua tratada previamente en la depuradora, (lo que permite minimizar el uso de agua de abasto para el mantenimiento del nivel del mismo) y a la vez, ha sido diseñado para captar las aguas de escorrentía de lluvias intensas de los jardines del Pensador y de las recogidas de aguas pluviales de las cubiertas de los edificios del Seminario.

Este estanque cuenta así mismo con un riachuelo artificial que actúa como elemento estético y como mecanismo de aireación forzada a fin de incrementar el rendimiento como tratamiento terciario del agua ya depurada.

De este estanque, el agua excedente, bien sea por periodos de lluvias o por la entrada continuada de agua depurada, se dirige por gravedad hasta el estanque general de riego (E1), desde dónde puede ser utilizada para el riego de jardinería.

El conjunto forma un modelo parcial de lo que se propone como filosofía para la gestión del agua en el Campus. Tratando el agua residual que sea posible, con técnicas extensivas de bajo coste y mantenimiento, generando puntos húmedos para la fauna y de aprovechamiento estético para el entorno del campus, que a la vez sirven de colectores de aguas pluviales (pero de forma separada de las redes de saneamiento y de la zona de

tratamiento) y reoportando tanto las aguas depuradas como las recolectadas al sistema general de riego del campus, para su posterior utilización.

A parte de este circuito hídrico, es importante señalar que el mismo circuito actúa como un flujo de nutrientes, así al aportar el agua tratada al estanque decorativo, se esta realizando una fertilización continua de la planta presente en el estanque del Pensador, y lo mismo se repite de forma más limitada al aportar estas aguas al sistema general de riego, con lo que cada vez que se realizan riegos de jardinería se esta haciendo una fertilización de baja intensidad, pero continuada en el tiempo y por consiguiente de gran rendimiento de aprovechamiento para la planta de los jardines y reduciendo las necesidades de fertilización de los mismos.

A continuación se presenta un esquema básico de la propuesta.

### Estanque del Pensador

