

En el Valle del Guadalquivir, desde siempre, la salud, la riqueza, y el disfrute van ligados al río Grande. En nuestros días, una gran presión demográfica, la necesidad de mejorar la calidad de vida, y unos intereses económicos, a veces, muy particulares, nos han llevado a una excesiva explotación de los recursos, y a una mayor actividad en sus orillas, que deben ser compensados, para recuperar la relación del río con su entorno, y con sus habitantes.

Con estar de acuerdo con las palabras no es suficiente, es momento de actuar y así, la Diputación de Sevilla, sabedora de la dependencia de todos y cada uno de los pueblos de la provincia de Sevilla, ha liderado un Proyecto, pionero en España y casi en Europa, que quiere ser dinamizador de los deseos y necesidades de sus ciudadanos de mejorar su calidad de vida, y sus posibilidades de futuro, que van unidas a las de su río.

Poner en valor de mercado el *Río Vivo*, significa evaluar los costes, y esfuerzos, necesarios para conseguirlo, y medir la riqueza generada por ella. Así el debate se centra en términos de economía, además de los usuales de estética, ecología o buenas prácticas.

La implantación de la *Marca de Calidad Río Vivo*, con la puesta a punto de los métodos para medir la calidad química y ecológica, de los diversos puntos y estaciones de muestreo en cada cauce, y de las rutinas de trabajo que permitan incidir sistemáticamente en todos los aspectos de la gestión de la cuenca fluvial, ha sido el objetivo de este Proyecto, que después de mas de un año de trabajo conjunto ha dejado a la Diputación de Sevilla, a sus pueblos y al Grupo TAR, de la Escuela Universitaria Politécnica en una posibilidad privilegiada para encarar el futuro necesario, al ir por delante de lo que ahora empieza a ser norma obligada en la Unión Europea (*Propuesta Común de Directiva sobre Gestión de Recursos Hídricos 30.10.99*).

El trabajo realizado nos ha puesto en la obligación de revisar conceptos, recorrer los ríos y los ciclos del agua, y la gestión de los recursos, pero sobre todo lo demás, nos



ha puesto en contacto con la ciudadanía que nos ha ofrecido el cariño que siempre el pueblo le ha dispensado al Guadalquivir, y a sus ríos tributarios. Ahora sabemos que será posible que todo el río sea *Río Vivo* y espejo para los demás porque sus ciudadanos así lo quieren. La Diputación de Sevilla y el Grupo TAR, se sienten fuertes, pero también responsabilizados, por este maravillosos desafío, que hemos asumido de la mano.

INTRODUCCIÓN

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

En el marco de La Implantación de *Marca de Calidad Río Vivo*, el Grupo T.A.R. ha llevado a cabo diversos estudios ligados a este proyecto.

Entre ellos, el **Estudio de la calidad integral del agua de los ríos** del Parque Natural Sierra Norte. Este trabajo comprende un análisis físico-químico de las aguas, un estudio hidrobiológico del cauce y el establecimiento de un índice de ribera.

Se presentan en este estudio los resultados analíticos procedentes del **análisis físico-químico** de las aguas de los ríos del Parque Natural Sierra Norte.

El estudio de la calidad del agua de los ríos se ha completado realizando un **estudio hidrobiológico** de los cauces, mediante la identificación de los macroinvertebrados presentes en ellos y la cuantificación de los mismos. La relación entre la densidad y la diversidad de estos organismos conduce al establecimiento de un índice hidrobiológico que caracterizará el grado de calidad de los cauces fluviales estudiados.

Como parte de este estudio se ha elaborado un **índice de ribera** mediante el cual se llega a determinar el estado del bosque de ribera de los cauces analizados. Para el establecimiento de este índice se considera tanto, la diversidad de especies encontradas como el grado de cobertura de las mismas sobre el río. Asimismo, se tiene en cuenta la presencia/ausencia de especies autóctonas de la zona, y las posibles actuaciones y alteraciones de origen humano que se adviertan en el tramo analizado. En el índice de ribera se incluyen también aspectos relacionados con la geomorfología del cauce los cuales influyen en la calidad de la cubierta vegetal.

Paralelo a estos trabajos se ha elaborado un **estudio turístico** de los diversos municipios que se enclavan en la Sierra Norte sevillana. En él se recoge un inventario de las infraestructuras turísticas de la zona, realizando una valoración del patrimonio cultural y de su vinculación con el río.

Completando los trabajos anteriores se presentan los siguientes:

Encuesta hidrológica.

Plan de mantenimiento de depuradoras.

Costes de explotación de E.D.A.Rs. Ordenanza de vertido

Tarifa Provincial del agua.

En la **encuesta hidrológica** se realiza un inventario de los recursos hidráulicos del municipio; se detallan los usos del agua y las características de la red de abastecimiento. También se incluyen otros aspectos tales como los usos recreativos del agua y la depuración de las aguas residuales.

Se ha elaborado un **Manual de Operadores de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales** (E.D.A.R.), en el que se recogen los conocimientos generales tanto, sobre los procesos que tienen lugar en los diversos tratamientos, como sobre el funcionamiento de los mismos. Se relacionan las rutinas de trabajo a llevar a cabo en dichas plantas de tratamiento, y la forma adecuada en que deben ser realizadas.

En el mismo sentido, se ha elaborado un **estudio sobre Costes de Explotación de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales** de los municipios del Parque Natural Sierra Norte, en el que, mediante la realización de balances económicos se establecen los costes de mantenimiento de las EDARs.

Adjunto al proyecto se ha redactado una propuesta para establecer la **Tarifa Provincial del Agua**, según la cual los ciudadanos soportarán los costes íntegros de la gestión del agua de la provincia, incluyéndose la amortización de la obra pública.

Se incluye también en el presente trabajo la redacción de una **Ordenanza de Vertidos**, en la que se detallan los valores límite de los parámetros característicos de la composición de las aguas que son vertidas al Dominio Público Hidráulico. Esta ordenanza será útil para los vertidos industriales y para las emisiones de las estaciones depuradoras de aguas residuales.

**AMBITO DE ACTUACIÓN**

El ámbito territorial de actuación de esta fase del trabajo son los afluentes del Guadalquivir en su recorrido por el Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Los límites y extensión de este espacio natural aparece recogida en el anexo I de la Ley 2/1989, de 18 de Julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, donde además se declara como espacio protegido.

Los tramos fluviales a estudiar son las siguientes:

**-Riviera del Cala:** Desde su entrada en la provincia de Sevilla, en el término municipal de El Real de la Jara, hasta el propio límite del Parque, en la intersección con la carretera C-435 en el término de Almadén de la Plata. Su longitud dentro del Parque es de 18 Kms.

**-Río Viar:** Desde la cabecera del Embalse del Pintado, el río sirve de límite a los términos de Cazalla de la Sierra y el Real de la Jara, hasta el propio límite del Parque Natural en la confluencia del propio Río con el Arroyo Malhombre, en el término municipal de El Pedroso. Es el cauce fluvial con mayor longitud de los estudiados con un total de 37 Kms de longitud en el interior del Parque.

**-Riviera del Huesna:** Es el único que discurre desde su nacimiento por el Parque Natural, este se produce en un manantial situado en las cercanías de San Nicolás del Puerto. El tramo a estudiar tiene una longitud de 29 Kms, hasta su llegada al Embalse del Huesna.

El Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla, se sitúa en el extremo Norte de la provincia de Sevilla, y cuenta con una superficie total de 167.653 Has; repartidos en los siguientes términos municipales: Cazalla de la Sierra, Las Navas de la Concepción, San Nicolás del Puerto y El Real de la Jara, que se encuentran totalmente incluidos dentro del Parque; Alanís, Almadén de la Plata, Constantina, Guadalcanal, El Pedroso y La Puebla de los Infantes, que sólo se encuentran incluidos parcialmente.

De estos, tan sólo Cazalla de la Sierra, San Nicolás del Puerto, El Real de la Jara, Almadén de la Plata, Constantina y El Pedroso cuentan en su término municipal con la presencia de alguno de los ríos estudiados.

Desde el punto de vista físico, la Sierra Norte sevillana forma parte de Sierra Morena. Esta corresponde al sector meridional del Macizo Hespérico, arrasado por la erosión y rejuvenecido por la orogénia Alpina, que la dotó de su aspecto de barrera montañosa que muestra desde la Depresión Guadalquivir. La posterior acción erosiva es la responsable de las formas quebradas y de fuertes pendientes; amén de la pobreza de los suelos, poco evolucionados y predominantemente ácidos.

Esta área está formada, principalmente, por pizarras y granitos. Se caracteriza por un paisaje de formas suaves y alomadas (300-600 mts), organizándose en unidades de orientación dominante NW - SE, cuyas alturas van descendiendo progresivamente aproximándose a la Vega del Guadalquivir. Tan sólo la acción erosiva de los cursos fluviales, que han abierto valles encajados y los relieves residuales, confieren un aspecto más abrupto al sector septentrional del Parque Natural.

Climatológicamente, esta zona posee los rasgos típicos de las regiones mediterráneas, caracterizada por las altas temperaturas (24-25°) y aridez estival y unas precipitaciones irregulares tanto estacional como interanualmente. Si bien, la altitud introduce ciertas modificaciones, como el aumento de las precipitaciones, o el descenso térmico invernal que aumenta el riesgo de heladas.

El ritmo estacional de las precipitaciones concentra los máximos pluviométricos en invierno, siendo Diciembre, Enero y Febrero los más lluviosos y, secundariamente, en primavera y otoño. El verano se caracteriza por una acentuada sequía, en las que los meses de Julio y Agosto es prácticamente total.

Estas características climáticas genera que el régimen hídrico de los cursos fluviales, presenten fuertes oscilaciones de caudal interanuales y un régimen anual con un mínimo estival muy acentuado y un máximo invernal. Estos ríos siguen un trazado sinuoso de orientación Norte - Sur, con un corto trayecto desde su nacimiento hasta su desembocadura en el Guadalquivir, que les obliga a salvar en pocos kms. desniveles de 600-800 mts, lo que les confiere una importante velocidad a sus aguas y un fuerte poder erosivo.

La vegetación dominante es la característica del bosque esclerófilo mediterráneo, representado por encinares y alcornoques, si bien en las zonas mas altas y en vaguadas o umbrías encontramos quejigos. De forma mas puntual y asociadas a cauces fluviales se conservan formaciones de bosque de galería, junto a formaciones mas extensas de adelfares y tamajares.

El paisaje dominante es el de la dehesa, producto de la transformación del bosque autóctono de encina o alcornoque en su aprovechamiento para la ganadería y la madera.

En cuanto a la estructura general del territorio, la ocupación humana tradicional de este espacio ha sido bastante débil, organizándose en un hábitat concentrado de pequeños núcleos de población, muy dispersos entre sí que dejaban mínimamente poblada la mayor parte del territorio (densidades menores a 30 hab/Km<sup>2</sup>).

El despoblamiento generalizado y la disposición del relieve han condicionado una distribución longitudinal de las vías de comunicación que unen la meseta con el Valle del Guadalquivir, mientras que la ausencia de comunicaciones transversales impide la estructuración interna del espacio serrano.

En este sentido, la mitad occidental se encuentra prácticamente aislada de los restantes núcleos de la sierra por la cuenca tectónica del Viar, en la que el Embalse del Pintado y el profundo valle del río han constituido un fuerte obstáculo al desarrollo de las comunicaciones entre ambas zonas.

## 2.2. APROXIMACIÓN SOCIO – ECONÓMICA.

El Parque Natural Sierra Norte está localizado en la prolongación occidental de Sierra Morena y ocupa la parte oriental de la comarca agraria de la Sierra Norte. Declarado espacio Natural protegido por la Ley 2/89.

El Parque Natural Sierra Norte está integrado por los municipios siguientes:

1. **Alanís de la Sierra.**
2. **Almadén de la Plata**
3. **Cazalla de la Sierra**
4. **Constantina**
5. **Guadalcanal**
6. **Las Navas de la Concepción**
7. **El Pedroso**
8. **La Puebla de los Infantes**
9. **San Nicolás del Puerto**
10. **El Real de la Jara**

Además de los núcleos principales, existen en el Parque 16 pedanías de los distintos municipios.

El Parque ubicado en la zona Norte de la provincia tiene una superficie de **1.648,4 Km<sup>2</sup>**, y una población total de **29.620** habitantes en el año 1998, lo que supone una densidad de **14,2 hab/Km<sup>2</sup>**.

La tasa anual de crecimiento de la población es negativa, del orden de **-1,228 %**, aproximadamente, siendo muy inferior a la existente en la provincia que es **0,56%**.

**Demografía:**

La Sierra Norte posee, como se ha indicado antes, una densidad poblacional muy baja, menos de la media anual. Además, esta zona sufrió un agudo proceso de decrecimiento entre los años 50 y 80, aunque en los últimos años este proceso se ha detenido manteniendo prácticamente estable la población.

**Evolución de la Población 1900 – 1981**

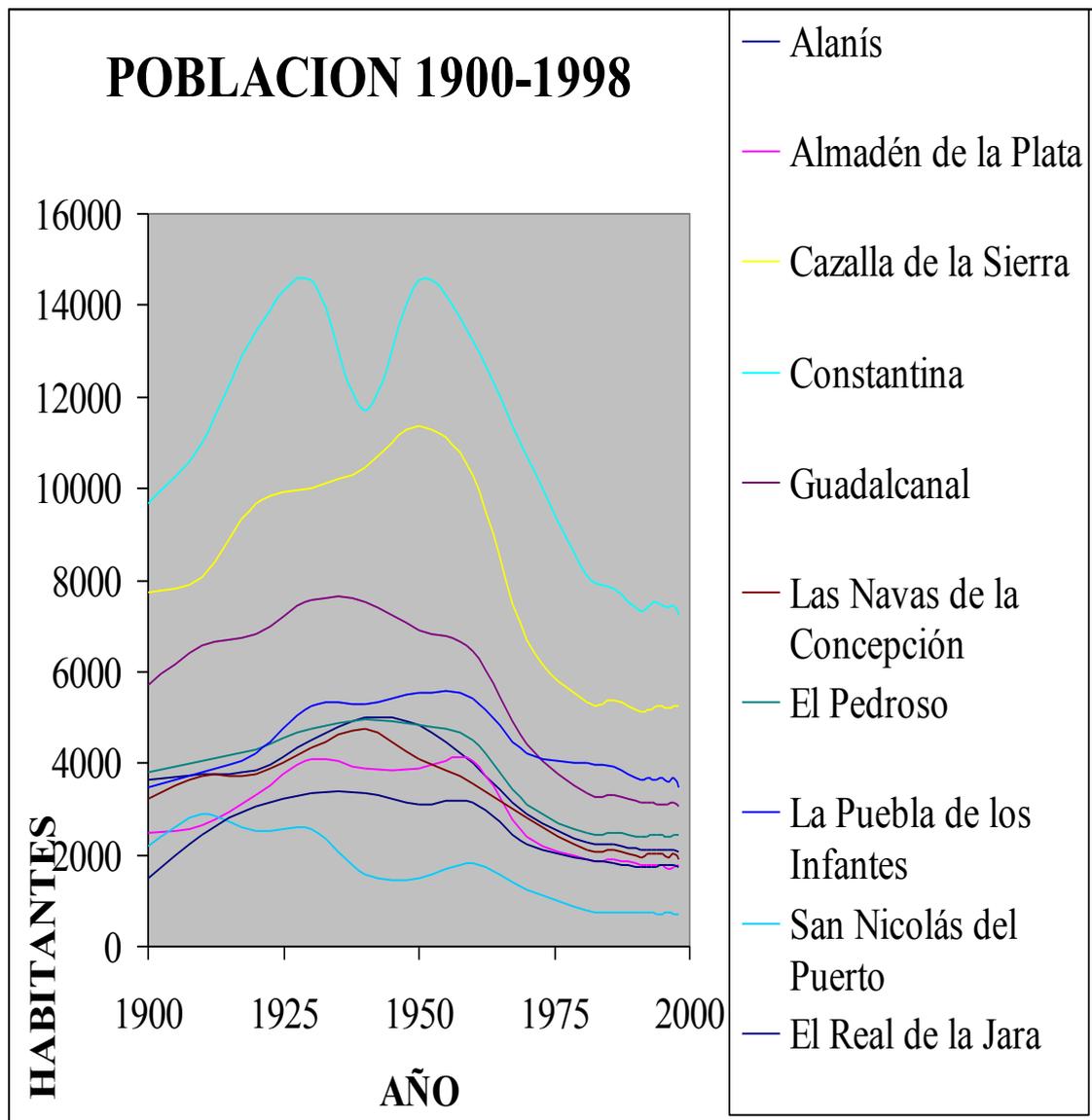
Munic/ Año	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981
<b>1</b>	3637	3745	3833	4499	5009	4856	4027	2901	2278
<b>2</b>	2461	2629	3312	4073	3906	3904	4035	2384	1901
<b>3</b>	7748	8048	9682	10004	10468	11375	10301	6695	5337
<b>4</b>	9687	11004	13451	14543	11686	14561	13215	10710	8123
<b>5</b>	5702	6557	6811	7568	7520	6893	6470	4431	3364
<b>6</b>	3214	3733	3767	4344	4749	4078	3575	2811	2171
<b>7</b>	3785	4056	4286	4773	4964	4821	4514	3113	2484
<b>8</b>	3466	3816	4198	5230	5275	5522	5401	4216	4012
<b>9</b>	2186	2914	2537	2547	1557	1500	1808	1251	770
<b>10</b>	1497	2434	3060	3350	3332	3103	3129	2252	1886
<b>Total</b>	43383	48936	54937	60931	61466	60613	56475	40764	32326

**EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN 1981-1998.**

1981	1986	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2278	2235	2125	2097	2109	2114	2114	2108	2112	2047
1901	1905	1793	1791	1766	1771	1771	1696	1716	1779
5337	5357	5147	5167	5155	5235	5263	5229	5263	5242
8123	7825	7315	7419	7463	7522	7449	7390	7449	7246
3364	3287	3144	3159	3134	3121	3121	3095	3124	3067
2171	2129	1947	2008	2010	2008	2014	1926	2014	1899
2484	2474	2395	2398	2419	2445	2428	2403	2428	2422
4012	3936	3652	3660	3644	3649	3660	3591	3660	3464
770	748	728	737	729	717	715	726	715	702
1886	1828	1748	1756	1745	1745	1769	1761	1769	1752
32326	31724	29994	30192	30174	30327	30304	29925	30250	29620

### Gráfico de la evolución de la población 1900-1998

Al estudiar la distribución de la población, encontramos que el número de mujeres es muy parecido al número de hombres en todos los pueblos de la Sierra Norte.



Tabla, con la relación de mujeres y varones en 1998.

Municipio	Varones	Mujeres
Alanís de la Sierra	1056	1052
Almadén de la Plata	857	839
Cazalla de la Sierra	2619	2610
Constantina	3638	3752
Guadalcanal	1530	1565
Las Navas de la Concepción	960	966
El Pedroso	1177	1226
La Puebla de los Infantes	1816	1775
San Nicolás del Puerto	377	349
El Real de la Jara	861	900
<b>Total</b>	14.891	15.034

La tasa de natalidad es inferior a la de mortalidad, por lo que el indicador de crecimiento de las poblaciones es negativo, con una tasa de crecimiento de  $-1,228\%$ . Por esto las variaciones de población de los pueblos que integran el Parque Natural Sierra Norte son negativas, aunque no sean muy altas. Todo ello se observa en la siguiente tabla, donde se indican los nacidos y fallecidos en el año 1998, para cada pueblo, pudiéndose observar que la diferencia entre ambos es proporcionalmente considerable, siendo el caso más significativo Alanís de la Sierra, donde los fallecidos (30) casi triplican a los nacidos (8).

**Número de nacidos y fallecidos en 1998.**

<b>Municipio</b>	<b>Nacidos vivos por residencia materna</b>	<b>Fallecidos por lugar de residencia</b>
<b>Alanís de la Sierra</b>	8	30
<b>Almadén de la Plata</b>	15	32
<b>Cazalla de la Sierra</b>	42	54
<b>Constantina</b>	80	98
<b>Guadalcanal</b>	34	49
<b>Las Navas de la Concepción</b>	18	27
<b>El Pedroso</b>	25	25
<b>La Puebla Los Infantes</b>	29	36
<b>San Nicolás del Puerto</b>	3	6
<b>El Real de la Jara</b>	18	19
<b>Total</b>	272	376

El nivel de estudios de los habitantes que integran el Parque está por debajo de la media provincial, 50.09%, situación típica de una comarca con tendencia a disminuir su población, con alta tasa de senilidad y una actividad económica basada fundamentalmente en el sector primario. Pero la tasa de analfabetismo se encuentra entre las más bajas de la provincia, destacando Almadén de la Plata con la menor tasa de toda la provincia, un 1,05% de analfabetos, frente a pueblos de la Sierra Sur, como Martín de la Jara con la tasa de analfabetismo más alto, 14,38%. El pueblo de la Sierra Norte que presenta mayor tasa destaca Constantina (11.79%).

Cabe destacar que el analfabetismo es más elevado entre las mujeres que en los hombres.

**Relación de tasas de analfabetismo en los municipios del Parque.**

<b>Municipios</b>	<b>Tasas de analfabetismo</b>	<b>Nº de analfabetos</b>
<b>Alanís de la Sierra</b>	7,97	229
<b>Almadén de la Plata</b>	1,05	16
<b>Cazalla de la Sierra</b>	10,51	484
<b>Constantina</b>	11,79	765
<b>Guadalcanal</b>	8,42	229
<b>Las Navas de la Concepción</b>	8,30	142
<b>El Pedroso</b>	8,00	169
<b>La Puebla Los Infantes</b>	11,57	367
<b>El Real de la Jara</b>	9,15	141
<b>San Nicolás del Puerto</b>	10,23	67

### Situación económica

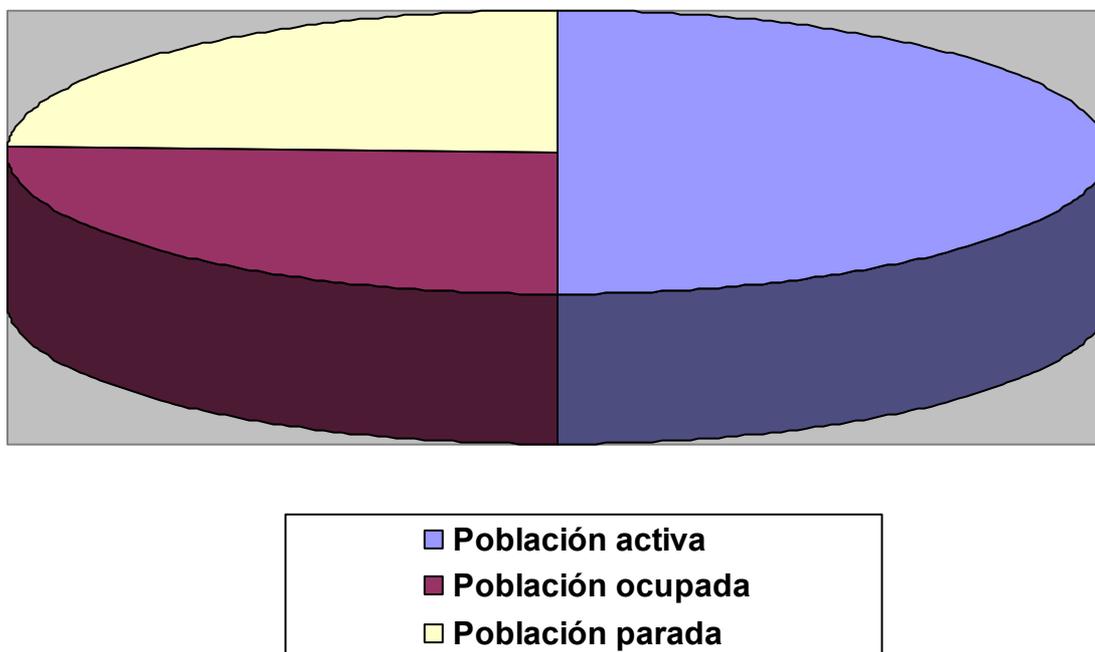
En el año 1998, la renta per cápita de los municipios que componen el Parque Natural Sierra Norte, es inferior a la media provincial y también a la media nacional en más de un quince por ciento.

La tasa de desempleo es inferior a la media provincial, situada en un 19,63 %, Esto se observa en la relación siguiente, donde se indica por municipios, La fracción de la población activa que se encuentra ocupada y la que está desempleada.

### Relación de la población activa:

Municipio	Población Activa	Población ocupada	Población Desempleada
Alanís de la Sierra	733	375	358
Almadén de la Plata	670	585	85
Cazalla de la Sierra	1842	1311	531
Constantina	2842	1854	988
Guadalcanal	1160	698	462
Las Navas de la Concepción	876	378	498
El Pedroso	861	586	275
La Puebla de los Infantes	1632	602	1030
San Nicolás del Puerto	262	163	99
El Real de la Jara	578	470	108
<b>Total</b>	<b>11.456</b>	<b>7.022</b>	<b>4.434</b>

**Gráfico de población activa, ocupada y desempleada en la comarca.**



Por las características topográficas y edafológicas no se trata de una comarca apta para los cultivos, pero si de clara vocación ganadera.

La ganadería porcina es la principal actividad ganadera, especialmente de cerdo ibérico. La superficie de pastos sin arboleda o con árboles desperdigados y de pequeño porte se explota en régimen de pastoreo con ganado ovino y vacuno. Existen también exportaciones de ganado lanar y bovino destinadas al consumo humano. Todo ello se detalla, por pueblos, en la siguiente tabla.

**Relación de la ganadería existente en los distintos municipios.**

<b>Municipio.</b>	<b>Bovinos</b>	<b>Caprinos</b>	<b>Ovinos</b>	<b>Porcinos</b>	<b>Diversos</b>
<b>Alanís de la Sierra</b>	238	3800	43000	4200	-
<b>Almadén de la Plata</b>	1000	9000	2000	1000	-
<b>Cazalla de la Sierra*</b>	-	-	-	-	-
<b>Constantina</b>	-	-	35800	25000	660
<b>Guadalcanal</b>	160	1100	16000	300	300
<b>Las Navas de la Concepción</b>	-	366	3200	1829	28
<b>El Pedroso</b>	5707	-	15200	1500	100
<b>La Puebla de los Infantes*</b>	-	-	-	-	-
<b>San Nicolás del Puerto</b>	-	-	-	-	-
<b>El Real de la Jara</b>	-	6000	6000	1600	-
<b>Total</b>	7105	20266	121200	35429	1088

El desarrollo industrial es escaso y el existente, en su práctica totalidad, se dedica a actividades directamente relacionadas con la agricultura o la ganadería, así como a algunas relacionadas con la minería en pueblos como Alanís de la Sierra.

---

- No existen datos registrados

<b>Municipios</b>	<b>Industrias</b>
<b>Alanís de la Sierra</b>	Extracción de aceites Extracción de hierro, cobre y plomo
<b>Almadén de la Plata</b>	Cestería Extracción de aceite Dos fábricas de embutidos Matadero de cerdos Aserradero de mármol Destilería de esencias aromáticas
<b>Cazalla de la Sierra</b>	Tres fábricas de aguardiente Fabrica de tapones de corcho Cooperativa olivarera Cooperativa de ganaderos Fábrica textil Productos zoosanitarios
<b>Constantina</b>	Fabrica de aguardiente Fabrica de aceite y orujo Sociedad agraria Dos fábricas de envasado de azúcar
<b>Guadalcanal</b>	Minería Dos fábricas de muebles Aserradora Cooperativa olivarera Industria metálica Fábrica de ladrillos
<b>Las Navas de la Concepción.</b>	Matadero Cooperativa olivarera Dos cooperativas de costura Explotación minera de barita
<b>El Pedroso</b>	Fábrica de Queso

<p><b>La Puebla de los Infantes</b></p>	<p>Cooperativas de molturación de aceitunas                  Dos fábricas de embutidos                  Industria semiartesanal de dulces y repostería</p>
<p><b>San Nicolás del Puerto</b></p>	<p>Camping</p>
<p><b>El Real de la Jara</b></p>	<p>Fábrica de quesos                  Explotación de corcho</p>

El cultivo agrícola es secundario en el Parque. Las tierras labradas representan, sólo el 17,69% de la superficie, siendo el cultivo más generalizado el cereal. Un 38% de la misma está representada por las zonas forestales, (que se aprovecha en mayor o menor medida); el trabajo más rentable de los realizados en estos terrenos es la recogida de corcho.

El territorio no labrado restante, un 44,31%, se reparte entre matorral, pinos, eucaliptos de repoblación y terrenos improductivos. La caza, tanto mayor como menor, es su principal forma de aprovechamiento, existiendo gran número de fincas cinegéticas.

En los manchones calizos se explota el denominado “olivar de sierra”, siendo las explotaciones normalmente pequeñas, el 40% de ellas menores de 5 Ha.

Una pequeña parte del terreno cultivado se dedica al cultivo de la vid, concentrándose, principalmente, en el municipio de Constantina y, en menor medida, en el de Cazalla de la Sierra. El destino final de la uva es la destilación, fundamento de una importante industria de anisado.

La propiedad está, en general, muy concentrada en grandes fincas, salvo en las cercanías de los pueblos, situados habitualmente en las zonas más fértiles y, por tanto, con tendencias a explotaciones de menor tamaño.

En la siguiente tabla se representan los distintos cultivos que se realizan dentro del Parque Natural Sierra Norte.

**Relación de productos agrícolas por municipios.**

Municipios	Agricultura	
	Cereales	Árboles
Alanís de la Sierra	Maiz, sorgo y girasol	Encina, olivares, alcornoque y huertas-
Almadén de la Plata	*	Pastos
Cazalla de la Sierra	*	Encinas y alcornoques Vid
Constantina	Trigo y avena	Bosque mediterráneo huertas y vid
Guadalcanal	*	Olivar y bosque mediterráneo
Las Navas de la Concepción	*	Olivares, encinas, alcornoques y álamos
El Pedroso	Trigos y otros	Huertas
La Puebla de los Infantes	*	Olivares y huertas
San Nicolás del Puerto	Veza, avena y cebada	Huertas estivales
El Real de la Jara	*	*

**METODOLOGÍA DEL MUESTREO**

### 3.1. ASIGNACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Para la elección de los puntos de muestreo, en función de los cuales determinar la calidad de las aguas, no se han seguido criterios cuantitativos, ni lineales, sino criterios cualitativos que permitan encontrar las causas de posibles variaciones de los parámetros a estudiar.

Por ello, no se han establecido puntos equidistantes entre sí, sino que estos se han localizado en zonas donde fuesen previsibles variaciones en alguno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. Estos puntos, de forma general, son los siguientes:

- ◆ Nacimiento del río.
- ◆ Zonas de confluencia de distintos afluentes, generalmente los que abarquen las cuencas más extensas, cuyas características puedan hacer variar al río estudiado.
- ◆ Puntos que recojan los vertidos de aguas residuales urbanas e industriales.
- ◆ Puntos de vertido de explotaciones agropecuarias.
- ◆ Cabecera y cola de los embalses situados en los ríos estudiados.
- ◆ Puntos de fácil acceso en los que pueda ser más frecuente la afluencia de visitantes

#### 3.1.1. Puntos de Muestreo

##### Rivera del Huéznar

Punto 1: Nacimiento junto a San Nicolás del Puerto.

Punto 2: Confluencia con el Arroyo de los Parrales.

Punto 3: Arroyo de las Truchas/Palo (junto a Camping La Fundición)

Punto 4: Arroyo de Castillejo (junto a Área Recreativa “Molino del Corcho”).

Punto 5: Arroyo s/n en margen izquierda (Cortijo Sartenija).

Punto 6. Arroyo San Pedro (Fábrica del Pedroso).

Punto 7: Cola del Embalse del Huesna.

## **Río Viar**

- Punto 1: Salida del Embalse del Pintado.
- Punto 2: Arroyo de la Fragua.
- Punto 3: Arroyo del Candelero.
- Punto 4: Arroyo de Juan Asensio de Pedregosa.
- Punto 5: Aguas debajo de la Central Hidroeléctrica (La Ganchosa).
- Punto 6: Arroyo s/n, junto a la carretera A-450.
- Punto 7: Arroyo del Tamujar.
- Punto 8: Arroyo de Garganta fría.
- Punto 9: Arroyo de Malhombre (Límite Parque Natural).

## **Rivera de Cala**

- Punto 1: Arroyo de la Víbora (Límite provincial).
- Punto 2: Arroyo Barranco Marín.
- Punto 3: Puente sobre la CC-435 (Límite Parque Natural).

### 3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

#### 1. Rivera del Cala.

##### **Punto 1. Confluencia con el arroyo de la Víbora.**

Situado exactamente en la entrada del Rivera del Cala en la provincia de Sevilla, a escasos metros de la confluencia con el citado arroyo; nos encontramos en un tramo del río que establece los límites de las provincias de Huelva, Badajoz y Sevilla. El punto de muestreo se localiza dentro del término de El Real de la Jara.

El arroyo de la Víbora recoge las aguas procedentes del municipio de El Real de la Jara, una vez depuradas en la EDAR municipal.



**Entrada del Cala en la Provincia de Sevilla.**

El río en esta zona transcurre tranquilo, debido a las escasas pendientes, esto ha generado una llanura de inundación de importantes dimensiones, especialmente cuando estamos hablando del tramo alto del río.

La especial configuración de este espacio, genera la presencia de cauces residuales por los que solo discurre agua en época de crecidas, llegando incluso a la formación de una amplia laguna en esta zona aprovechando el exceso de caudales.

Esta presencia discontinua de agua ha generado la presencia de sustrato en sus márgenes provoca la inexistencia de vegetación riparia en la zona, limitada a la presencia de tarajes y adelfares muy dispersos.

Entorno de Dehesas (encinas y alcornoques), suaves lomas con alturas en torno a los 450 mts.

- **Pto 2. Confluencia con Arroyo Barranco Marín.**

Situado a 1.800 mts aguas abajo del anterior punto, en la confluencia del citado arroyo una vez que el río estudiado ha discurrido el pequeño embalse del que toma sus aguas para el abastecimiento el municipio de El Real de la Jara.

En cuanto a la fisiografía de esta zona, es muy similar a la del punto anterior, si bien el cauce del río está bastante mas definido.



**Pto 2, Rivera del Cala**

La vegetación de ribera es escasa, predominando los tarajales. En cuanto al entorno dominan las dehesas, aunque es de destacar la presencia de zonas de esparcimiento.

- **Punto 3. Puente sobre la CC-435 (Límite Parque Natural)**

Situado exactamente en el límite del Parque Natural, bajo el puente de la CC-435, que une los municipios de Santa Olalla y Almadén de la Plata, a 16 Km 850 mts del Punto 2.

En esta zona finaliza el tramo mas sinuoso y accidentado del Rivera del Cala, que es su paso a través de la Sierra de Galasperosa. Lo abrupto de esta zona producto de las acentuadas pendientes provoca una velocidad de la corriente estimable en este punto. Y a su vez la existencia de los fondos típicos de estas zonas (piedra y gravas) y el afloramiento del sustrato rocoso tanto en los fondos como en las márgenes.



**Punto 3, Rivera del Cala, junto al Puente entre Santa Olalla y Almadén de la Plata.**

Desde este punto una vez superada la Sierra de la Traviesa, el valle del río se abre considerablemente, reduciéndose la velocidad de la corriente.

En cuanto a la vegetación, dominan las formaciones arbustivas de adelfares, si bien el taraje está presente en todo esta área. El entorno de este punto es ocupado por las Dehesas de quercineas, en las que la ganadería extensiva es su aprovechamiento principal.

## 2. Río Viar.

- **Pto 1. Salida de la presa del Embalse del Pintado.**

Se localiza a unos 100 mts, de la presa de el embalse de El Pintado. En el municipio de Cazalla de la Sierra.



**Pto 1, Vista desde la presa de el Embalse de el Pintado**

El Desembalse continuo proveniente de la presa para el mantenimiento del caudal ecológico en el río, produce que en esta zona haya una continua renovación de sus aguas.

Nos encontramos en una zona encajada, limitada por la monumental presa que cierra, solo accesible gracias al camino construido por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para el mantenimiento de la presa.

El sustrato dominante es rocoso, aunque el afianzamiento del suelo en una parte del valle ha generado la aparición de una exuberante vegetación riparia en la que encontramos variedad de especies como alamos blancos, olmos, fresnos e incluso un impresionante chopo, emblema de este punto. Todo ello acompañado por una densa vegetación arbustiva umbrófila formada por zarzas, hiedras, higueras.. .

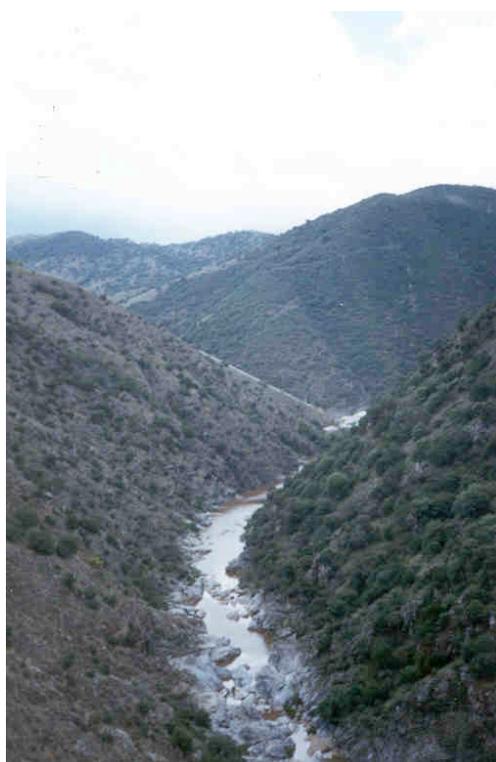
- **Ptos 2, 3 y 4. Confluencia con los Arroyos de la Fragua, Candelera y Pedregosa.**

Todo esta zona constituye una unidad topográfica y paisajística basada en su origen tectónico; donde la acción erosiva del Río Viar ha abierto un valle encajonado, con fuertes escarpes donde el río se hace prácticamente inaccesible. Estas fuertes pendientes, unidas a la estrechez del cauce, generan que la velocidad de la corriente sea normalmente elevada.



**Pto 4 : Confluencia con el Arroyo Juan Asensio Pedregosa**

En cuanto al régimen hídrico del río, en esta zona (al igual que los puntos 5 y 6) se produce una circunstancia que altera totalmente el ritmo estacional de caudales de un río típicamente mediterráneo como sería éste. Hablamos concretamente del desembalse del Pintado, que en los meses de verano conduce las aguas almacenadas en él por el cauce natural del río hasta el comienzo del Canal Principal del Viar, lo que produce que el régimen natural del río se haya invertido produciéndose los picos de caudal en verano.



**Configuración típica del Río Viar en este tramo**

En estos puntos el sustrato rocoso aflora constantemente fruto de la fuerte erosión; en este sentido el fondo del cauce está formado por lo general por roca, piedra y en menor medida gravas.

Todos los puntos concretos de toma de muestras se sitúan a escasos metros de la afluencia de arroyos, de carácter generalmente estacional y torrencial. El arroyo de la Fragua se sitúa a 1.4 Kms del Punto 1, mientras que los arroyos del Candelero y Juan Antonio Pedragosa se encuentran a 7.8 y 9.3 Kms respectivamente de este primer punto de referencia.



**Pto 3. Arroyo del Candelero**

La escasez de suelos hace que la vegetación sea muy pobre y dispersa; estando totalmente ausente el estrato arbóreo, circunscribiéndose la vegetación de ribera a algunos adelfares.

En cuanto al entorno de los cauces, formado por empinadas laderas, la vegetación dominante es el matorral mediterráneo, salpicado por importantes agrupaciones de coscoja.

- **PTO 5. Aguas abajo de la Central Hidroeléctrica (La Ganchosa).**

Morfológicamente, este punto es similar al anterior, situado a escasos 2 Km de éste. Nos seguimos encontrando en un valle encajonado entre cumbres de considerable pendiente, de vegetación escasa.

Nos encontramos por tanto en la misma unidad topográfica y paisajística que los puntos anteriores; sin embargo individualizamos la descripción de este punto por la presión antrópica que ha sufrido.

La presencia de la central eléctrica de la Ganchosa en las cercanías de nuestro punto de muestreo ha transformado el cauce natural del río. Tanto en el entorno próximo en el que encontramos las distintas instalaciones necesarias para la producción y almacenamiento de la energía eléctrica. Como en el propio cauce, donde se ha construido una pequeña presa en la central, e incluso aguas debajo de la presa donde el mismo cauce ha sido dragado para permitir el fácil desagüe de las aguas provenientes de la central.

En cuanto a la vegetación, también ha sufrido graves transformaciones encontrándose en la actualidad las orillas totalmente limpias de formaciones vegetales en la ribera del río.

#### ◆ PTO 6. Arroyo en carretera A-450

Situado a 7.3 Kms del anterior punto, en el punto exacto donde desemboca la A-450 procedente de Almadén del la Plata.

Esta zona sigue formando parte de la unidad fisiografica del Viar septentrional cuyas características hemos descrito en los anteriores puntos. Sin embargo en esta zona esta morfología abigarrada de cañones y cauces encajonados comienza a suavizarse en este área, apareciendo valles mas abiertos.



**Pto 6, Río Viar**

El sustrato sigue siendo predominante rocoso, tanto en los fondos de el propio río como en las mismas orillas, donde abundan los afloramientos.

La escasez de suelo provocada por estos afloramientos , genera que tan solo pueda desarrollarse una singular vegetación rupícola. En cuanto al entorno la vegetación dominante es el matorral mediterráneo, salpicada de formaciones de coscojas, amen de algunas encinas y alcornoques.

#### ◆ **PTO 7: Arroyo Tamujar**

Situado a unos 8 kms aguas abajo del anterior punto, esta zona supone un cambio drástico tanto en la configuración morfológica de el cauce y el entorno como del propio régimen hídrico del río.

En cuanto a la morfología y como podemos apreciar en la foto, la diferencia es evidente; los cañones y desfiladeros han sido drásticamente sustituidos por suaves lomas de pendientes moderadas, que permiten un discurrir mas tranquilo del río. Desapareciendo los afloramientos rocosos, dando paso a la aparición de nuevos tipos de

sustrato dominante como son la arena y la grava, que alternan con las piedras y guijarros.



**Toma de muestras en el PTO 7 del río Viar.**

En cuanto al régimen hídrico del río, a partir de este punto el Viar comienza a recuperar las características propias de un río mediterráneo (máximos caudales en invierno y mínimos en verano). Este cambio es debido a la presencia de una pequeña presa unos metros aguas arriba, que conduce las aguas del río (cuando está abierta la presa de El Pintado) hacia el canal principal del Viar para su utilización posterior en el riego de las fértiles tierras de la Vega del Guadalquivir.

El descenso de las pendientes y por tanto el afianzamiento de los suelos, produce la aparición del estrato arbóreo en este sector, si bien tan solo aparece de forma puntual; la vegetación de ribera dominante en esta zona siguen siendo los adelfares, tamajares y tamujales,

#### ◆ **Pto 8. Arroyo Garganta Fría.**

Situado a 4.5 Kms del anterior punto, a unos 100 mts al Sur de la intersección con el camino que une Almadén de la Plata con el Pedroso. El Arroyo Garganta fría es uno de los más importantes afluentes del río Viar tanto por su longitud como por su caudal,

pues es uno de los únicos que aporta agua de forma continua a nuestro río. Además este arroyo recibe las aguas procedentes de la EDAR de Almadén de la Plata.



**Punto 8, Confluencia del arroyo Garganta Fría con el Río Viar**

En cuanto a la morfología, nos encontramos en un valle muy abierto, donde las pendientes son muy escasas generando una amplia llanura de inundación, que en época de avenidas llega a anegarse. Esta circunstancia genera que en la margen izquierda del río el sustrato típico de los fondos de los cauces fluviales se extienda varios metros. Este sustrato está compuesto fundamentalmente de guijarros, gravas y arenas.

En esta zona de confluencia de masas de agua nos encontramos relativa abundancia de vegetación de ribera, destacando la presencia de especies arbóreas (chopos, sauces...) en la margen derecha y arbustivas (tamujares, adelfares....) en la izquierda.

- **PTO 9. Arroyo Malhombre**

Situado a 7.5 Kms del punto anterior, nos encontramos en una zona accesible tan solo por el Canal Principal del Viar o a través de las fincas privadas colindantes.

Geomorfológicamente nos encontramos con las mismas características que los dos puntos anteriores, con dos cauces claramente diferenciados, uno el de aguas máximas por el que solo discurre agua unos pocos días al año y el cauce habitual. Esta configuración genera la presencia de abundantes gravas, arenas y guijarros en las orillas.

En este área la confluencia con el arroyo genera la presencia de una vegetación considerable tanto en el estrato arbustivo como en el arbóreo.

En cuanto al propio del cauce del río, la velocidad de las aguas en este punto es bastante escasa, debido principalmente a la profundidad y anchura de éste area. En cuanto al sustrato generalmente esta formado por arenas y limos si bien salpicado de importantes afloramientos rocosos.

En cuanto al entorno, la cercanía a la vega del Guadalquivir y la mejoría por tanto de la calidad de los suelos, genera la presencia de campos de cultivo en las cercanías , algunos de ellos incluso de regadío.

### **3. Rivera del Huéznar**

- **Pto 1. Nacimiento.**

Situado a escasos metros del manantial considerado como nacimiento del Rivera del Huéznar, junto al área recreativa creada por la Consejería de Medio Ambiente en esta área, junto al núcleo urbano de San Nicolás del Puerto.



**Punto 1, Manantial que supone el nacimiento del Rivera del Huéznar**

Morfológicamente nos encontramos en una zona de suaves lomas, en las que el río discurre tranquilamente flanqueado por un excelente bosque de ribera formado por alisos, fresnos, olmos, etc..., junto a un matorral umbrófilo formado por zarzas, hiedras y madreselvas, principalmente.

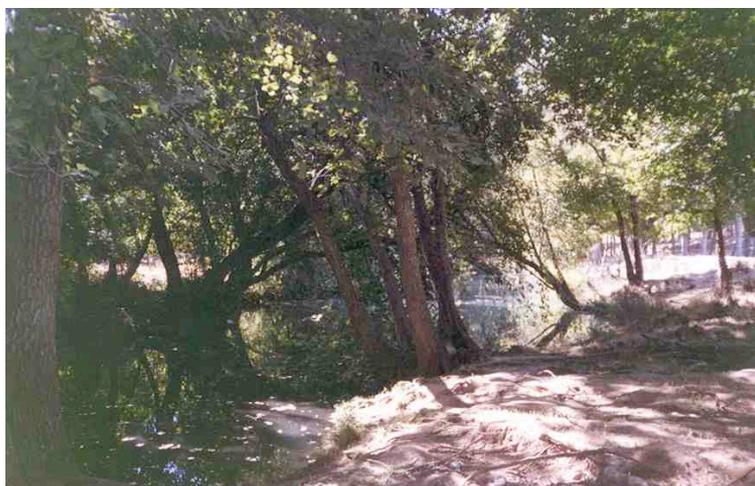
El entorno de este punto es el típico de la corona exterior de cualquier núcleo de población serrano, formado por pequeños huertos familiares y pequeñas explotaciones ganaderas.

- **PTO 2. Confluencia con Arroyo Parrales o Galindón.**

Situado a unos 2 kms. aguas abajo del punto anterior, junto a la carretera que une el municipio de San Nicolás del Puerto con la Estación de Cazalla. Ubicado exactamente frente a la central eléctrica situada en esta zona.

Nos encontramos en una zona fundamentalmente llana, lo que genera una ralentización del flujo de las aguas y la formación de un sustrato formado por arenas y limos.

En cuanto a la vegetación asociada al cauce, nos encontramos con un área en la que la presión antrópica ha despejado del estrato arbustivo del bosque de ribera, quedando circunscrito este a una primera línea de vegetación arbórea caducifolia típica de este tramo del río.



**Rivera del Hueznar, Pto 2.**

El entorno de esta zona se dedica normalmente a huertas o a cultivos herbáceos en general aprovechando la mayor profundidad de los suelos y la escasez de las pendientes.

- **Pto 3. Arroyo del Palo o de las Truchas**

Situado a 9 Kms aguas abajo del anterior punto, en las cercanías del Camping La Fundición, si bien las aguas procedentes de él no llegan a afectarnos pues el punto de vertido se sitúa más al Sur. Sin embargo, sí que este punto se vería afectado por el vertido de las aguas residuales de San Nicolás del Puerto; si bien, estas deben estar previamente depuradas en la EDAR de lecho de turba existente en esta localidad.



**Pto 3, típica formación de bosque de galería del Rivera del Huéznar**

El valor más significativo de esta zona, incluida en la red de Espacios de Especial Interés del Parque Natural Sierra Norte, es sin duda la vegetación de ribera, por cuanto conserva en numerosos tramos la organización espacial de las distintas comunidades en función de las necesidades hídricas (alisedas, saucedas, olmedas y fresnedas), acompañadas de un denso cortejo arbustivo umbrófilo en el que destacan las especies trepadoras.

En cuanto al entorno de este punto si exceptuamos la presencia del Camping, es el típico paisaje de la Sierra Norte, formado por dehesas.

#### 4. Arroyo del Castillejo (“Molino del Corcho”).

Situado a 4.5 Km del punto anterior, en una zona de especial atractivo desde el punto de vista paisajístico y natural, el acceso a esta zona se produce mediante un camino que parte del paso al nivel de la carretera que une a Cazalla con Constantina con el ferrocarril Sevilla - Cazalla.



**Puente sobre el Rivera del Huéznar, en las cercanías del pto 4**

Nos encontramos en el comienzo del sector más inaccesible del Rivera del Huéznar. La ausencia de vías de comunicación y la complicación de la orografía, genera que nos encontremos con una de las zonas con menos presión antrópica de este río.

El bosque de ribera sigue siendo la característica más importante de esta zona, aunque su variedad y densidad comience a disminuir desde este punto.

En cuanto al propio cauce del río, la velocidad de las aguas en este punto es moderada, si bien la presencia de ciertas construcciones, como pequeñas represas generan ciertas aceleraciones en puntos concretos. En cuanto al sustrato esta generalmente formado por arenas y limos si bien como vemos en la foto aparece salpicado de afloramientos rocosos.

- **PTO 5. Arroyo “Cortijo Sartenija”**

A 1.8 Kms del punto anterior, se accede por el mismo camino de acceso que el punto 4 por una parte del mismo que es privado. Por ello es bastante notable la ausencia de presión antrópica a lo largo de la ribera.



**Punto 5 junto al Molino de Corcho en la Rivera de Hueznar.**

Se puede observar una galería de bosque de ribera muy intensa, aunque disminuye la variedad del mismo con respecto a puntos anteriores de la Rivera del Hueznar.

La velocidad de la corriente que transcurre por la zona es prácticamente nula, encontrándonos una zona tranquila y con poca profundidad, apta para el baño, al poseer un sustrato de gravas, arenas y algunas áreas con limos.

- **Pto 6. Arroyo San Pedro (Fábrica del Pedroso).**

Situado junto al poblado de la Fábrica del Pedroso, en el termino municipal de El Pedroso, a 6,750 Kms aguas abajo del anterior punto. Punto de fácil acceso al estar muy próximo a la carretera de El Pedroso – Cazalla de la Sierra.

Punto considerado como zona de baño por la Consejería de Salud.



**Punto 6, zona de baño en la Rivera del Huéznar.**

El aporte del arroyo al Huéznar, produce corrientes en la zona, pero en general, se observa la falta de las mismas en el punto. Posee un sustrato donde predominan los limos, aunque existen intercalaciones de pizarras a lo largo de la rivera.

La presión antrópica que ha sufrido históricamente este punto (fábrica del Pedroso) lo ha alterado significativamente. Tanto su morfología (creación de un dique para almacenamiento de agua), como su vegetación (aclaramiento de las zonas más próximas a la fábrica).

En cuanto al entorno, la presencia de la fábrica y de algunos cortijos dan una imagen muy humanizada a esta zona.

## **7. Cola del Embalse del Huesna.**

A 3.4 Kms del punto 6 sobre el cauce de la rivera, se encuentra ubicada en una zona de muy fácil acceso, al estar junto al puente que une la carretera de El Pedroso con Constantina.



**Punto 7, Cola del Embalse del Huesna.**

Posee junto a él un área recreativa, y es considerado, al igual que el punto anterior, zona de baño por la Consejería de Salud.

El cauce de la rivera discurre tranquilo por la falta de pendientes en la zona, viéndose afectado por las crecidas y bajadas del embalse, al cual antecede.

La vegetación de ribera es muy escasa, reduciéndose a alguna mancha aislada de adelfares. El entorno es el típico de toda la Sierra Norte, formado por Dehesas de grandes extensiones.

### 3.3. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transporta con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud las características del material del que procede.

La base metodológica para la toma y conservación de muestras es la que se recoge en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas: Standard Methods APHA-AWWA-WPCF, sección 1060 B y C.

Siguiendo esta metodología, en cada punto la muestra se ha subdividido en diversos recipientes, debidamente codificados, con diferentes tipos de conservación en función de los parámetros a analizar, como se recoge en la siguiente tabla.

Para la ejecución de los muestreos, se han utilizado hojas de trabajo de campo normalizadas en las que se recoge el sistema de codificación e identificación de las muestras así como la siguiente información:

- Denominación e identificación del punto
- Código de identificación de las muestras
- Fecha y hora de muestreo
- Responsable de la toma de muestra
- Técnicas de conservación de las muestras
- Resultados de los parámetros medidos *in situ*

RECIPIENTE	CONSERVACIÓN	PARÁMETRO
	Sin conservación. Determinación “ <i>in situ</i> ”	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PH</li> <li>- Transparencia</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> <li>- Turbidez</li> <li>- Conductividad</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Salinidad</li> </ul>
Polietileno, 1000 ml (x 2)	Refrigeración a 4° C. Análisis inmediato	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coliformes totales</li> <li>- Coliformes fecales</li> <li>- Estreptococos</li> <li>- Salmonelas</li> <li>- Fosfatos</li> <li>- Sólidos en suspensión</li> <li>- Oxidab.al permanganato</li> <li>- Fosforo Total</li> <li>- Nitritos</li> <li>- Sulfatos</li> </ul>
Polietileno 1000 ml (x 1)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH inferior a 2. Refrigeración a 4° C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nitrógeno total</li> <li>- Amonio</li> <li>- Nitratos</li> </ul>
Polietileno 1000 ml	HNO <sub>3</sub> hasta pH inferior a 2. Transporte refrigerado a 4° C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadmio</li> <li>- Cromo VI</li> <li>- Plomo</li> <li>- Hierro</li> <li>- Manganeso</li> <li>- Zinc</li> <li>- Dureza Total</li> <li>- Cobre</li> </ul>
Vidrio 500 ml	HCl al 10% Transporte refrigerado a 4° C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arsénico</li> <li>- Mercurio.</li> </ul>

**ESTUDIO DE CALIDAD INTEGRAL**

**ESTUDIO FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO**

#### 4.1.1 PARÁMETROS ANALIZADOS.

Para establecer el estado de calidad de un agua es preciso realizar un amplio estudio analítico, que implique la determinación de numerosos parámetros físico-químicos y microbiológicos.

La pérdida de calidad de un agua puede detectarse mediante la cuantificación de determinados analitos que se consideran como indicadores de calidad de las aguas, dada su importancia en el mantenimiento y conservación de la vida acuática, o por su elevada toxicidad, o por su significado analítico.

Este es el caso de las determinaciones analíticas realizadas en las campañas analíticas que se han llevado a cabo en este trabajo.

A continuación se relaciona la significación de cada uno de los parámetros analizados en el transcurso del proyecto, y el valor de los mismos como indicadores de calidad ambiental.

#### 1. PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS

##### ✓ pH

La medida de pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis del agua. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en mucho otros equilibrios ácido - base.

Según *Sorenson*, el pH se define como el  $-\log (H^+)$ . El origen del pH se debe, especialmente, al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. La secuencia de equilibrio de disolución de  $CO_2$  en un agua, y la relacionada con la disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua.

Además, la actividad fotosintética reduce el contenido de CO<sub>2</sub> disuelto de un agua, modificando el valor de pH, mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce CO<sub>2</sub> causando un efecto contrario. (*Marin, 1995*)

Los pH habituales en los cauces naturales pueden ser muy variables, pero suelen estar comprendidos entre 6 y 8.5 o incluso hasta 9 en algunos casos, dependiendo de las características de dureza y alcalinidad de las aguas naturales. En cualquier caso, un pH por debajo de 5,5 o por encima de 9,5 pueden dañar seriamente las masas de agua. En los ecosistemas acuáticos existe, para cada uno de ellos, una franja específica de intervalo de pH dentro de la cual la vida se desarrolla con normalidad. Cuando uno de estos márgenes se transgreden por alguna circunstancia, el agua se hace inapropiada para la mayoría de los usos y se altera la estructura de su ecosistema. De aquí la importancia de este parámetro como indicador de la calidad de las aguas.

#### ✓ CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica. Ésta aumenta con el contenido de sales disueltas, las cuales ejercen una presión osmótica sobre los organismos vivos. La mayoría de las especies acuáticas pueden soportar fácilmente variaciones en la conductividad del agua. En caso contrario, se producirán emigraciones y hasta mortandades masivas.

#### ✓ TEMPERATURA

Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de las sales y gases en agua, densidad, viscosidad, tensión superficial, presión de vapor, etc. Una elevada temperatura implica la aceleración de los procesos de putrefacción que se dan en el seno del agua.

La temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación que recibe. Los embalses profundos y lagos experimentan una secuencia cíclica caracterizada por dos

períodos, uno de “mezcla térmica” y otro de “estratificación térmica” que definen las características físico - químicas del líquido, (*Marín, 1995*).

La temperatura de un influente a un cauce natural puede afectar drásticamente su biología y microbiología, induciendo cambios drásticos de poblaciones bacterianas y organismos superiores.

#### ✓ SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Son los responsables de la turbidez de las aguas, lo que reduce la actividad fotosintética, haciendo descender la productividad de las aguas.

Afecta directamente a la vida acuática, bien de forma beneficiosa: ocultando a los peces jóvenes a la vista de sus depredadores naturales; o de forma perjudicial: cegando los frezadores minerales y vegetales, asfixiando los huevos, y a los peces adultos al producirse el engrosamiento de las células epiteliales de sus branquias.

## 2. PARÁMETROS QUÍMICOS

#### ✓ SALINIDAD

La salinidad es una importante propiedad de las aguas naturales. Nos indica la cantidad de sales disueltas que hay en una masa de agua.

#### ✓ OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno es un gas que se encuentra disuelto en las aguas naturales en concentraciones que dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de las aguas. La presencia de oxígeno en niveles adecuados es indispensable para el desarrollo de la vida acuática. La presencia en las aguas de residuos o elementos con requerimiento de oxígeno (contaminantes en formas reducidas que se oxidan consumiendo el oxígeno del medio) hace que los niveles de gas disuelto descendan hasta hacer inadecuada la vida acuática, salvo para aquellos organismos capaces de vivir



en anoxia o anaerobiosis. Esta es una de las principales causas de deterioro de las masas de agua, por lo que la medida de este parámetro es fundamental para evaluar la calidad de las mismas. (APHA, AWWA, WPCF 1989).

Las aguas corrientes superficiales no polucionadas suelen estar bien oxigenadas, e incluso sobresaturadas con niveles de O<sub>2</sub> disuelto superiores a 7-8 mg/l. Existen tres factores que marcan el contenido de oxígeno disuelto en aguas naturales:

- . Intercambio con la atmósfera
- . La producción fotosintética
- . El consumo microbiano o a través de procesos químicos o electroquímicos de la oxidación.

Cuando un agua es deficitaria en oxígeno disuelto mantiene un ambiente reductor que solubiliza compuestos oxidados del fondo y sedimentos (especialmente sales de Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>4+</sup> y materias orgánicas ricas en C, N y P) mediante transformaciones microbianas y electroquímicas. Si la oxigenación es elevada, se produce la precipitación de sales oxidadas a través de fenómenos inversos.

En el caso de que se produzca un vertido residual rico en materia orgánica, el contenido de O<sub>2</sub> disuelto puede disminuir hasta un 40% debido a los fenómenos de oxidación de los compuestos presentes en el agua. (Marín, 1995).

#### ✓ DUREZA

La dureza de un agua es una medida de los cationes polivalentes disueltos. La ingesta de aguas duras provoca enfermedades cardiovasculares, mientras las aguas de dureza baja inciden en la formación de cálculos renales y vesiculares. (Marín, 1995).

#### ✓ MATERIA ORGÁNICA

#### • OXIDABILIDAD AL PERMANGANATO.

Determina el contenido en materia orgánica de un agua sometida a oxidación química con permanganato potásico. (*Marín, 1995*).

Se aplica en aquellos casos que tengamos un agua con bajo grado de polución orgánica.

• **DQO: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO.**

Es una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte. (*Marín, 1995*).

Se aplica en aquellos casos que tengamos aguas naturales con un grado medio - alto de contaminación doméstica o industrial.

✓ **COMPUESTOS NITROGENADOS**

Los compuestos nitrogenados de las aguas provienen de la materia orgánica que acceda al medio hídrico. Además, también pueden provenir de la disolución de rocas y minerales integrados por compuestos.

• **NITRATOS**

La presencia de  $\text{NO}_3^-$  en aguas proviene de la dilución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales. Además, hay que tener en cuenta la contaminación proveniente del lavado de tierras de labor, donde se utilizan los nitratos como componentes de abonos y fertilizantes. (*Marín, 1995*).

Este compuesto debe ser controlado, porque se convierte en un factor limitante del crecimiento hídrico si existe abundancia de fósforo, promoviendo el fenómeno indeseable de la eutrofización.

• **NITRITOS**

La presencia de  $\text{NO}^{2-}$  indica contaminación de carácter fecal reciente.

Presenta problemas toxicológicos al convertir la hemoglobina de la sangre de los organismos en metahemoglobina, compuesto incapaz de fijar el oxígeno.

• **AMONIO**

Proviene de aportes de vertidos residuales domésticos. En aguas poco polucionadas de cauces naturales se suelen presentar valores muy bajos.

En general, el amonio no es tóxico para los organismos superiores, aunque si lo es para los peces cuando se encuentra en forma de amoniaco no iónico.

✓ **FÓSFORO TOTAL (FOSFATOS)**

El fósforo se encuentra en las aguas naturales casi exclusivamente en forma de fosfatos, siendo la mayor fuente de aporte al medio hídrico los detergentes utilizados en la limpieza doméstica.

El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y es un factor limitante para el crecimiento del fitoplancton. No obstante, si se produce un aporte muy notable procedente de las descargas de aguas residuales brutas o tratadas, drenados agrícolas o ciertos residuos industriales a las aguas naturales, se puede producir un sobrecrecimiento de la producción fitoplanctónica del mismo. Por consiguiente existen problemas de agotamiento de oxígeno y exceso de materia orgánica que dan lugar al fenómeno conocido como “eutrofización”. (*Marín, 1995*).

Los fosfatos pueden aparecer también en los sedimentos de fondos y en cienos biológicos, tanto en formas inorgánicas precipitadas como incorporados a compuestos orgánicos.

✓ **METALES**

La presencia de metales en las aguas naturales puede proporcionar desde efectos beneficiosos a otros más negativos e incluso tóxicos, en función de su naturaleza y concentración. Si bien la presencia de algunos metales en cantidades muy pequeñas es indispensable en las aguas naturales como oligoelementos esenciales para la vida de los seres acuáticos, otros presentan una elevada toxicidad. En general, para muchos metales la acción beneficiosa o tóxica sobre los ecosistemas acuáticos va a venir determinada por la concentración de los mismos en el medio. La presencia de metales pesados en las aguas en concentraciones que pueden resultar tóxicas para la vida acuática puede ser debida a las características geológicas del propio curso de agua o al aporte de diferentes tipos de industrias.

• **ARSÉNICO**

Es un elemento tóxico y de carácter bioacumulativo.

Este elemento penetra en el organismo y se biotransforma, eliminándose por la orina en forma de metil arsénico. Puede producir, por ingestión, una irritación de las mucosas gastrointestinales, calambres musculares y alteraciones cardiovasculares que pueden provocar incluso, la muerte. Se puede acumular en la riñón y en la piel, donde puede provocar falta de irrigación sanguínea y procesos gangrenosos. (*Marín, 1995*), (*APHA, AWWA, WPCF 1989*).

• **MERCURIO**

Tanto el mercurio elemental como cualquiera de los compuestos orgánico e inorgánicos a los que evolucione son muy tóxicos, en especial, los compuestos organometálicos.

Dado que la eliminación de mercurio a través de la orina y las heces es muy lenta, se produce el fenómeno de "bioacumulación" a medida que se asciende en la cadena trófica desde productores primarios autótrofos hasta los últimos organismos



heterótrofos. La concentración de mercurio se acumula en cada organismo de un nivel alimentario superior, incrementándose varias órdenes de magnitud.

En el organismo, el Hg metileno es absorbido en un 90-95% por el tracto gastrointestinal, mientras que el inorgánico sólo lo es en un 10-15%. Se acumula en los tejidos grasos, cerebro, riñones, músculos, huesos y células nerviosas, produciéndose parálisis muscular, afectación visual y disminución de la capacidad intelectual. (*Marín, 1995*).

#### •CADMIO

Es un elemento sin acción fisiológica conocida y de carácter tóxico.

Desde el agua natural o polucionada, el Cadmio puede ser absorbido por los vegetales acumulándose en ellos y pasando desde aquí al ser humano. También puede acumularse en animales que beban aguas contaminadas por el elemento.

El Cadmio es absorbido por el organismo, pasando a la sangre e instalándose en el hígado y los riñones. Su tasa de excreción a través de orina y heces fecales es muy pequeña, lo que puede provocar problemas de salud.

Los efectos del metal sobre el organismo dependen de la cantidad consumida y oscilan desde simple dolores abdominales y diarreas hasta provocar enfisema pulmonar. (*Marín, 1995*).

#### •PLOMO

El plomo es un elemento no necesario fisiológicamente y de carácter tóxico. Produce la enfermedad del "saturnismo", debida a su acumulo en huesos, sistema nervioso y riñón. Esta enfermedad provoca falta de apetito, anemia, parálisis y dolor de cabeza, atacando en mayor medida a la población infantil.

Es un elemento de carácter típicamente acumulativo, con una tasa de eliminación muy lenta. (*Marín, 1995*).

• **HIERRO**

El Hierro en el agua natural proviene de la disolución de las numerosas rocas y minerales en que se encuentra. También se puede incrementar artificialmente el contenido del metal en aguas, ya que el hierro y sus aleaciones son muy utilizadas industrialmente.

La ingestión de grandes cantidades de hierro provoca “hemocromatosis”, enfermedad caracterizada por lesiones reversibles de diversa gravedad en los tejidos. Además el hierro le da un sabor astringente, color y turbidez al agua. (*Marín, 1995*).

• **CROMO VI**

Pequeñas ingestiones de  $\text{Cr}^{6+}$  pueden provocar ulceraciones cutáneas, dermatitis y, si la absorción es respiratoria, trastornos pulmonares e incluso cáncer de pulmón. (*Marín, 1995*).

• **COBRE**

No es un metal de toxicidad apreciable, pero en altas concentraciones puede aportar un sabor amargo y/o astringente, coloración y turbidez al agua.

Aunque es un elemento que no provoca problemas para la salud en pequeñas cantidades, sí es perjudicial para los peces, siendo las truchas especialmente sensibles a este ion, debido tanto a su acción directa, como a la eliminación que provoca de las algas productoras de oxígeno de la masa de agua. (*Marín, 1995*).

• **ZINC**

Este metal se considera inocuo respecto a su ingesta en niveles altos. Suele aparecer asociado a otro elemento de contrastado poder tóxico como es el Cadmio. Incrementos de Zinc en aguas naturales o destinadas al consumo humano suelen poner sobre aviso respecto a la presencia del segundo. (*Marín, 1995*).

Además, este metal se considera se considera tóxico para los peces en mínimas cantidades. De ahí la importancia de su determinación.

#### ✓ ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El agua es un medio rico en microorganismos, cuyo efecto sobre el agua puede no ser importante, pero sí cuando el hombre hace de ella algún uso.

La principal vía de contaminación por agentes patógenos es la provocada por los efluentes residuales de la actividad humana, debido a la gran cantidad de patógenos intestinales que son evacuados continuamente por un ser humano cuando es portador del mismo (*Salmonella, Shigella, Escherichia, Vidrio choleare, Yersina, Enterobacterias, etc.*).

En el agua también pueden existir otros organismos no específicamente patógenos que pueden provocar pequeñas infecciones (*Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Klebsiella y Serratia*), estas bacterias pueden causar infecciones cutáneas, de las mucosas nasales, de los ojos, oídos, etc. (*Marín, 1995*).

Las bacterias patógenas se transmiten, por lo general, por ingestión del agua polucionada o por contacto con personas o animales infectados.

Debido a que la variedad de microorganismos en un agua es muy elevada, se han elegido las bacterias entéricas como indicadores microbianos. Los indicadores típicos de la polución fecal son los coliformes totales, fecales y los estreptococos fecales ( que pueden acceder al medio hídrico a través de insectos o vegetales)

- **Coliformes totales y fecales:** se consideran como indicadores de contaminación fecal. Estos microorganismos viven de forma habitual en el intestino del hombre y animales y son, salvo excepciones, no patógenos, por lo que su detección en las aguas se considera como indicio de que estas han sido contaminadas. El agua no suele ser un medio adecuado para el desarrollo de estos microorganismos, por lo que su presencia en cantidades elevadas indica una contaminación reciente o importante. Además, su detección en niveles elevados puede indicar la presencia de otros organismos de origen entérico que sí son patógenos para el hombre. Por ello, su cuantificación se emplea como índice de calidad higiénica de las aguas. En aguas naturales no tratadas su presencia puede ser normal, al menos en niveles no demasiado elevados.
- **Estreptococos:** Los estreptococos D de *Lancefield* se utilizan desde hace tiempo como indicadores de contaminación fecal ya que viven normalmente en el intestino del hombre y los animales, aunque también pueden vivir fuera de estos ambientes entéricos, presentando una gran resistencia ambiental, por lo que su presencia suele indicar contaminaciones de origen fecal más lejanas en el tiempo.
- **Salmonellas:** Las Salmonellas son bacterias de origen entérico, y algunas de sus especies son patógenas y causan en el hombre enfermedades de tipo infeccioso. El mecanismo de transmisión de estas patologías suele ser mediante la ingestión de un número elevado de estas bacterias, vehiculizadas bien en los alimentos o en el agua, de ahí la importancia de su vigilancia en las aguas de uso público como garantía de mantenimiento de las condiciones higiénicas.

Este tipo de estudios son de una gran laboriosidad y profundidad, y precisan de la elaboración previa de estándares de calidad (cualitativos y cuantitativos), a la vez que necesitan prolongarse en el tiempo e implican el manejo de una amplia información.

#### 4.1.2 NORMATIVA.

No hay una norma que de forma general englobe consideraciones tan diversas, por lo que se ha optado escoger diferentes leyes y directivas que inciden en cada aspecto importante.

Para acceder a la *Marca de Calidad Río Vivo*, se le exige a cada punto que cumpla en todos los parámetros el nivel más restrictivo de las normas que le sean aplicables.

De forma general, la *Directiva Europea sobre Tratamiento de Aguas Residuales (91/271/CEE)* define la calidad del agua de vertido al río siguiendo criterios de conservación de la vida acuática y su entorno. Por ello, se utilizará de forma subsidiaria para marcar la exigencia mínima a cumplir en parámetros que no estén suficientemente recogidos en las otras leyes consideradas.

La protección de la vida piscícola está recogida en la *Directiva del Consejo relativa a la Calidad de Aguas Continentales (18/7/78)* (que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces, marcando unos niveles para clasificar los ríos como salmoneros o cipríneros. Estos valores son muy restrictivos y responden a un nivel de exigencia adicional que, sumado al criterio de *Río Vivo*, le confiere una calidad superior. Pero en todo caso un *Río Vivo* permite la vida acuática y piscícola en general, aún no siendo salmonero o ciprínero. Por ello se evaluará en cada tramo ambas características, otorgándose los distintivos de calidad a que de lugar de forma independiente.

Otra consideración importante a realizar es el hecho de que los niños y mayores, ingieren agua al bañarse y por ello ciertos parámetros deben ser exigidos según las normas de aguas potables o destinadas al consumo humano. Se ha añadido el parámetro de los nitratos por su especial incidencia en la salud infantil y en personas de avanzada edad. Se ha tomado el parámetro más restrictivo de la Ley Española sobre Aguas Potables (Orden Ministerial del 11.05.88), 25 ppm de NO<sub>3</sub>, frente a la nueva Directiva Europea del (91/271/CEE), 50 ppm.

En los casos en que los tramos de río estudiados estén incluidos en una zona sensible, se exigirán los niveles de N y P recogidos en la Directiva Europea de Tratamiento de Aguas Residuales (91/271/CEE), que previenen al cauce de los problemas de la eutrofización.

Las directivas y normas empleadas fundamentalmente en la determinación de parámetros exigibles para la *Marca de Calidad Río Vivo* son las siguientes:

ACTIVIDAD A PROTEGER	NORMA APLICADA
Entorno del río, vida acuática, poblaciones, sedimentos y zonas ribereñas	Directiva Europea sobre Conservación de la Calidad Ecológica del Agua- 8 de Julio de 1994
Ocio ligado al baño	Directiva Europea sobre la Calidad de Agua de Baño- 29 de Marzo 1994
Ingestión de agua durante el baño	O.M. Calidad de las Aguas Potables- 11 de Mayo 1988
Conservación de la vida acuática y equilibrio de aportes y nutrientes	Directiva Europea sobre Tratamiento de Aguas Residuales- 21 de Mayo de 1991
Calidad piscícola de los ríos	Directiva Europea sobre Calidad de Aguas Continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces- 18 de Julio 1978

Tabla 1. Normativas aplicadas

El primer paso para otorgar la *Marca de Calidad Río Vivo* es el cumplimiento taxativo de todos y cada uno de los parámetros exigidos en la tabla que se ha confeccionado recogiendo todas las leyes y considerando todo lo explicado anteriormente.

Una vez superados los niveles iniciales, se confeccionará un índice de calidad de agua de río recogiendo los más representativos de entre todos los seguidos en este estudio.

Los índices de calidad de agua de río corregidos con la valoración de las posibilidades de disfrute de la ribera, ofrecen una clasificación de la capacidad de nuestros ríos para ser disfrutados generando riqueza. En otra palabra, estos índices corregidos contribuyen decisivamente a la distinción del río:

### *Marca de Calidad Río Vivo*

Parámetro	Unidad	Ley	Nivel
Temperatura	° C	Peces 78/659/CEE	21.5
Conductividad	µS/cm	Potable Orden M De 11/5/88	G: 400
Oxígeno Disuelto	ppm	Peces 78/659/CEE	> 6
pH		Peces 78/659/CEE	6-9
Oxidabilidad*	ppm	Potable Orden M De 11/5/88	G :2
Demanda Química de Oxígeno*	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	125
Nitratos	ppm	Potable Orden M De 11/5/88	G :25
Nitritos	ppm	Peces 78/659/CEE	Salmonidos G:≤0.01 Ciprinidos G:≤0.03
Nitrógeno Total	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	15
Fósforo Total	ppm	Peces 78/659/CEE	Salmonidos: G:0.2 Ciprinidos: G:0.4
Fosfato	ppm	Potable Orden M De 11/5/88	0.4
Amonio	ppm	Peces 78/659/CEE	Salmonidos: G: ≤0.04 I:≤1 Ciprinidos: G:≤0.2 I:≤1
Dureza Total.	ppm	Potable Orden M De 11/5/88	G: 600
Sulfatos	ppm	Potable Orden M de 11/5/88	G: 25
Coliformes totales	/100 ml	Europea de Baño 29/3/94	G: 500 I: <10.000
Coliforme fecales	/100 ml	Europea de Baño 29/3/94	G: 100 I:<2.000
Streptococos f	/100 ml	Europea de Baño 29/3/94	G:100
Salmonella		Europea de Baño 29/3/94	Ausente
Parámetro	Unidad	Ley	Nivel

Sólidos en suspensión	ppm	Peces 78/659/CEE	G: $\leq 25$
Arsénico	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	0.5
Cadmio	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	0.1
Cromo VI	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	0.2
Hierro	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	2
Manganeso	ppm	Potable Orden M De 11/5/88	30
Mercurio	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	0.05
Plomo	ppm	Residuales Urbanas 91/271/CEE	0.2
Zinc	ppm	Peces 78/659/CEE	$\leq 3$
Cobre	ppm	Peces 78/659/CEE	$\leq 0.04$
Salinidad		No está legislado	

**Tabla 2.** Legislación

INDICACIONES:

El criterio usado para la medida de materia orgánica es:

- Oxidabilidad <5 ppm
- DQO > 5 ppm
  
- G: Nivel Guía.
- I: Nivel Imperativo.
- ppm = mg/l.

#### **4.1.3. RESULTADOS ANALÍTICOS.**

##### **A.- PRIMERA CAMPAÑA ANALÍTICA**