

APLICACIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL EN DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL ÁREA DE MURCIA



ALUMNO: Luis Antonio Amorós Davó.

DIRECTOR DEL TFM: Francisco Javier Martínez Ortega.

FECHA DE ENTREGA: Junio de 2019



INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D. FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ ORTEGA, Tutor/a del Trabajo Fin de Máster, titulado “Aplicación del método biogaval en depuración de aguas residuales del área de Murcia” y realizado por el estudiante D. LUIS ANTONIO AMORÓS DAVÓ

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 28/05/2019

Fdo.:
Tutor TFM



RESUMEN

La elaboración del presente documento, se ha elaborado con el objetivo principal de evaluar el riesgo biológico al que se ven sometidos los trabajadores de cuatro Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales ubicadas en gran parte en el término municipal de Cartagena.

Para realizar dicha evaluación se ha empleado el denominado método Biogaval, cuya metodología es recomendable aplicar en trabajos que no estén expuestos a un contacto directo con agentes biológicos, como es el caso.

A lo largo del desarrollo del trabajo se ha aplicado la metodología expuesta por la edición 2018 del manual práctico de desarrollo del método, así como las metodologías expuestas en las ediciones 2004, 2010 y 2013.

Los distintos cambios que han ido produciéndose en la aplicación del método Biogaval a lo largo de las distintas ediciones han generado una disminución importante de la valoración del riesgo biológico que se produce para el análisis de un mismo puesto de trabajo. Dichos cambios, son analizados a lo largo del presente trabajo.

PALABRAS CLAVE: BIOGAVAL, DEPURACIÓN, CARTAGENA, RIESGO BIOLÓGICO, AGUA.

INDICE

1. JUSTIFICACIÓN	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1. EVOLUCIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL.....	9
3. OBJETO	11
4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	12
4.1. TRABAJO PREVIO	12
4.2. TRABAJO DE CAMPO.....	12
4.3. TRABAJO DE GABINETE.....	13
5. DEPURADORAS OBJETO DE ANÁLISIS.....	15
5.1. DEPURADORAS TRATAMIENTO BIOLÓGICO	16
5.2. EDAR CABEZO BEAZA.....	19
5.3. EDAR MAR MENOR.....	20
5.4. EDAR LA ALJORRA	21
5.5. EDAR ISLA PLANA – LA AZOHÍA	22
6. DETERMINACIÓN DE LOS PUESTOS A EVALUAR.....	24
6.1. EDAR CABEZO BEAZA.....	24
6.2. EDAR MAR MENOR	25
6.3. EDAR LA ALJORRA	25
6.4. EDAR ISLA PLANA – LA AZOHÍA	26
6.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO	26
6.5.1. Jefe de planta.....	27

6.5.2.	Capataz.....	29
6.5.3.	Técnico de laboratorio.....	31
6.5.4.	Operario de planta.....	32
6.6.	CONCLUSIONES.....	33
7.	IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO IMPLICADO.....	34
8.	CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RIESGO..	37
8.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS.....	37
8.2.	VÍA DE TRANSMISIÓN.....	40
8.3.	PROBABILIDAD DE CONTACTO.....	48
8.4.	VACUNACIÓN.....	58
8.5.	FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES QUE IMPLIQUEN RIESGO 63	
8.6.	MEDIDAS HIGIÉNICAS ADOPTADAS.....	66
9.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	70
9.1.	APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2018.....	70
9.1.1.	Cálculo del nivel de riesgo biológico.....	70
9.1.2.	Niveles de riesgo biológico.....	79
9.2.	APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2013.....	82
9.2.1.	Cálculo del nivel de riesgo biológico.....	82
9.2.2.	Niveles de riesgo biológico.....	86
9.3.	APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2010.....	87
9.3.1.	Cálculo del nivel de riesgo biológico.....	87
9.3.2.	Niveles de riesgo biológico.....	90
9.4.	APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2004.....	91
9.4.1.	Cálculo del nivel de riesgo biológico.....	91
9.4.2.	Niveles de riesgo biológico.....	94

9.5. COMPARATIVA DE RESULTADOS DE LAS DISTINTAS VERSIONES DEL MÉTODO BIOGAVAL	95
10. MEDIDAS PREVENTIVAS	99
11. CONCLUSIONES	102
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
13. BIBLIOGRAFIA	107
13.1. ENLACES WEB.....	107



1. JUSTIFICACIÓN

Previo al inicio del presente trabajo fin de master, es necesario hacer una breve síntesis de las tareas a realizar. En este caso, se va a llevar a cabo el análisis de la Evaluación de Riesgos relacionados con la Exposición a los Agentes Biológicos en diversas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (en adelante EDAR) distribuidas a lo largo de la provincia de Murcia.

Dicha necesidad, surge como consecuencia de la obligación que exige la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante LPRL)[1] y en particular con el art. 4 del Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo[2].

Para llevar a cabo dicho análisis, se procederá a la aplicación del denominado método Biogaval. Por ello, previo al desarrollo del mismo, es necesario destacar entre la legislación y distintas guías técnicas aplicables en este caso lo siguiente:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales[1].
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS publicada durante el año 2003[3] y sus posteriores actualizaciones.
- El manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas BIOGAVAL publicada por el Centro Territorial de Valencia del INVASSAT durante los años 2004 [4], 2010[5], 2013[6] y 2018[7].

Dicho manual práctico, expone la necesidad de seguir una serie de fases para llevar a cabo dicha evaluación correctamente. Dichas fases, se desarrollarán adecuadamente a lo largo del presente trabajo fin de master.

Además, es necesario poner de relevancia que para llevar a cabo adecuadamente el desarrollo del presente trabajo se ha contado con la estrecha colaboración de los Técnico Superiores de Prevención de Riesgos Laborales de la empresa Hidrogea D. Alfonso Manuel Ruiz Herrero y D^a Ana Belén Martínez Sánchez, así como con el Director del presente TFM D. Francisco Javier Martínez Ortega.

2. INTRODUCCIÓN

Se entiende por exposición a agentes biológicos la presencia de estos en el entorno laboral, pudiendo distinguirse que la actividad no implica la intención o uso deliberado del agente biológico presente en las aguas residuales urbanas.

La LPRL [1] establece como principios básicos de la acción preventiva evitar los riesgos y evaluar aquellos que no puedan evitarse. Como desarrollo de la misma, se publicó el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo[2], sobre protección de los trabajadores contra la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. La misma, fue adaptada mediante la orden de 25 de marzo de 1998[8].

Por otro lado, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (en adelante INSHT) publicó la guía técnica para la evaluación de riesgos biológicos[3], donde se establecían los principios básicos que deben tenerse en cuenta a este respecto.

Sin embargo, la misma presenta dificultades para su aplicación práctica en actividades sin manipulación deliberada de agentes biológicos. Por ello el año 2004 y, como complemento a la normativa, la Conselleria de Economía, Hacienda y Empleo publicó el libro titulado “**Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL**” [4]. La misma intentaba facilitar una herramienta que permitiera evaluar de una forma eficiente la exposición a agentes biológicos.

Desde la publicación de BIOGAVAL, se ha comprobado su utilidad dado que la exposición a agentes biológicos durante el trabajo ocasiona numerosos riesgos que afectan a un gran número de trabajadores.

En base a la misma, el Instituto Valenciano de la Seguridad y Salud en el Trabajo (en adelante INVASSAT) publicó durante los años 2010[5] y 2013[6] un manual práctico que actualizaba la aplicación de dicho método y que posteriormente ha sido actualizada de nuevo durante el año 2018[7].

Por otro lado, entre las actividades incluidas en el anexo I del citado Real Decreto[2] se incluyen los “trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales”. Dicho anexo, incluye un listado de aquellas actividades en las que no hay intención deliberada de manipular agentes biológicos.

Por todo ello, la aplicación del método Biogaval a la evaluación de la Exposición a los Agentes Biológicos en diversas EDAR distribuidas a lo largo de la provincia de Murcia se considera la herramienta más eficiente para llevar a cabo la misma.

De la totalidad de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales presentes en la provincia de Murcia (un total de 93), en este caso se ha decidido centrar el ámbito de aplicación del presente trabajo en las siguientes instalaciones, incluidas dentro del término municipal de Cartagena, que se consideran lo suficientemente representativas:

- EDAR CABEZO BEAZA.
- EDAR MAR MENOR.
- EDAR LA ALJORRA.
- EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA.

De todas ellas, la de mayor envergadura es la denominada EDAR Cabezo Beaza que trata las aguas residuales de una población aproximada de 176.000 habitantes.

2.1. EVOLUCIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL

Desde la primera guía técnica publicada sobre la aplicación del método Biogaval en el año 2004[4], la misma ha sufrido una serie de actualizaciones fruto del continuo trabajo de mejora. Dicho trabajo de mejora continua del método, como ya se ha comentado anteriormente ha dado lugar a la publicación de nuevas ediciones de la guía técnica de aplicación de la misma en el año 2004[4]. Dichas ediciones temporalmente se resumen de la siguiente manera:

- Año 2004: Publicación de la primera edición del “Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL”[4].
- Año 2010: Publicación de la segunda edición del “Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL 2010”[5].
- Año 2013: Publicación de la segunda edición del “Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL 2013” [6].
- Año 2018: Publicación de la segunda edición del “Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL-NEO”[7].

Los cambios que ha sufrido la aplicación de dicho método desde el año 2004 hasta la actualidad en algunos casos han sido relevantes.

En primer lugar, en la edición del año 2013[6] se introdujo la posibilidad de aplicar una forma simplificada del método que facilitaba en gran medida la aplicación del mismo. Dicha forma simplificada, consiste en considerar una serie de microorganismos denominados “centinela”

que se consideran como los más representativos del análisis del riesgo biológico de la actividad objeto de evaluación. Dichos microorganismos, se definen como los más relevantes del daño más frecuente que se origina durante el desarrollo de dicha actividad por dicho riesgo biológico. En la norma, se define que dicho número de microorganismos debe ser un mínimo de 2 y un máximo de 4 por actividad objeto de análisis. Dicha actualización, reduce en gran medida el tiempo requerido para la aplicación del método con la consecuente reducción de recursos necesarios que ello implica.

En segundo lugar, de acuerdo con lo establecido por la Directiva 2013/32/UE[9] que permite la aplicación del acuerdo marco relativo a la prevención de lesiones provocadas por instrumentos cortantes y punzantes en el sector sanitario y hospitalario, se introducen tres nuevas cuestiones en el listado de medidas higiénicas en relación con la disponibilidad y usos de equipos de bioseguridad que se empleen ante la exposición a los agentes biológicos que puedan ser transmitidos por vía parenteral. Dicha actualización es de aplicación básicamente para el sector hospitalario, por lo que no afecta a la aplicación del método a la actividad objeto de análisis.

Por otro lado, en la última edición publicada[7] se han considerado una serie de recomendaciones contempladas en la distinta bibliografía que permiten una mejora de la eficiencia y eficacia de la aplicación del método. Entre dichas modificaciones cabe destacar lo siguiente:

- Ha sido reemplazado el concepto de “Daño” por el de “Grupo”, fruto de la clasificación sobre los agentes biológicos contemplada en el RD 664/997[2].
- La máxima puntuación establecida para cada uno de los conceptos de aplicación del método ha sido reducida de 5 a 4, ajustando consecuentemente los determinantes que forman parte de la formulación del método. Por ello, también se han visto afectada la ecuación del método y los valores de Nivel de acción Biológica (en adelante NAB) y el Límite de exposición biológica (en adelante LEB) que implican un riesgo biológico de exposición.
- Se ha introducido un nuevo índice denominado Índice de Prevalencia, que afecta a la casuística relacionada con el contacto con animales.
- Se ha añadido una orientación para la aplicación de los distintos ítems incluidos en el cuestionario de medidas higiénicas en función del sector de actividad.

3. OBJETO

El objeto del presente trabajo fin de master es evaluar los niveles de exposición al riesgo biológico de los puestos de trabajo de los operarios de una serie de EDARs existentes en la provincia de Murcia, más concretamente en el término municipal de Cartagena, siguiendo para ello las indicaciones de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos, así como el manual práctico de aplicación del método Biogaval publicado por el INVASSAT[4 a 7].

Este trabajo es exclusivamente preventivo y se podría emplear como instrumento para una correcta planificación de acciones preventivas destinadas a la protección de la salud de los trabajadores, en cumplimiento de las obligaciones generales indicadas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995)[1].

Por otro lado, es necesario destacar que las actividades que se desarrollan dentro de las EDAR objeto de análisis incluyen a trabajadores que realizan actividades que se encuentran externalizadas en muchos casos con empresas especialistas, como es el caso por ejemplo del mantenimiento de los bombeos de aguas residuales. Esto, pone de manifiesto la heterogeneidad de las actividades que se llevan a cabo en el interior de una EDAR. Dada la heterogeneidad y falta de uniformidad de dichas actividades, el presente trabajo, únicamente se centrará en aquellos trabajos que desarrollen la totalidad de su jornada laboral en el interior de la misma.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología empleada durante el desarrollo del presente documento, se ha dividido principalmente en tres fases claramente diferenciadas, siendo el procedimiento seguido el que se expone a continuación.

4.1. TRABAJO PREVIO

Dicha parte de la metodología aplicada en el presente trabajo, ha consistido básicamente en una recopilación de información previa necesaria para poder llevar a cabo con las garantías necesarias el trabajo a elaborar.

En dicho proceso de recopilación de información, se ha consultado la distinta normativa relacionada con la temática objeto de estudio, así como los distintos manuales prácticos de aplicación del método.

Además, también se han observado algunos trabajos ya realizados previamente sobre la aplicación del método Biogaval a distintas casuísticas que ha permitido visualizar de una manera práctica distintas tipologías de ejemplos. Por ejemplo, en algunas de las versiones de los manuales prácticos de aplicación del método Biogaval se muestran algunos de ellos.

Aparte de lo anterior, se han realizado una serie de consultas al personal de los departamentos de PRL y RRHH de la empresa responsable del mantenimiento de las distintas EDAR objeto de estudio en el presente trabajo. Dichas consultas, han permitido determinar con detalle las tareas, y características de las mismas, de cada uno de los trabajadores que forman parte de cada una de las EDAR.

4.2. TRABAJO DE CAMPO

Es necesario remarcar que previo a la visita de campo a cada una de las EDAR, se llevó a cabo un análisis de la información que sería necesaria recopilar en cada una de las mismas. En dicho análisis, se observó la necesidad de realizar un especial enfoque sobre todo en las distintas medidas higiénicas que se aplicaban en cada una de las instalaciones.

Además, se intentó coordinar en la medida de lo posible la visita a cada una de las instalaciones para abordar con la mayor eficiencia posible cada una de ellas.

Durante el desarrollo de la visita, se rellenaron las encuestas relativas a las distintas medidas higiénicas que se aplican en cada una de las instalaciones, se analizaron los distintos

procedimientos de trabajo y se intentó contabilizar de manera cuantitativa el porcentaje de la jornada laboral que cada uno de los trabajadores permanecía expuesto al riesgo biológico.

Es digno de reseñar, que se observó que en líneas generales las medidas higiénicas aplicadas cumplían con sus objetivos principales y los procedimientos de trabajo se realizaban intentando disminuir en la medida de lo posible el riesgo biológico.

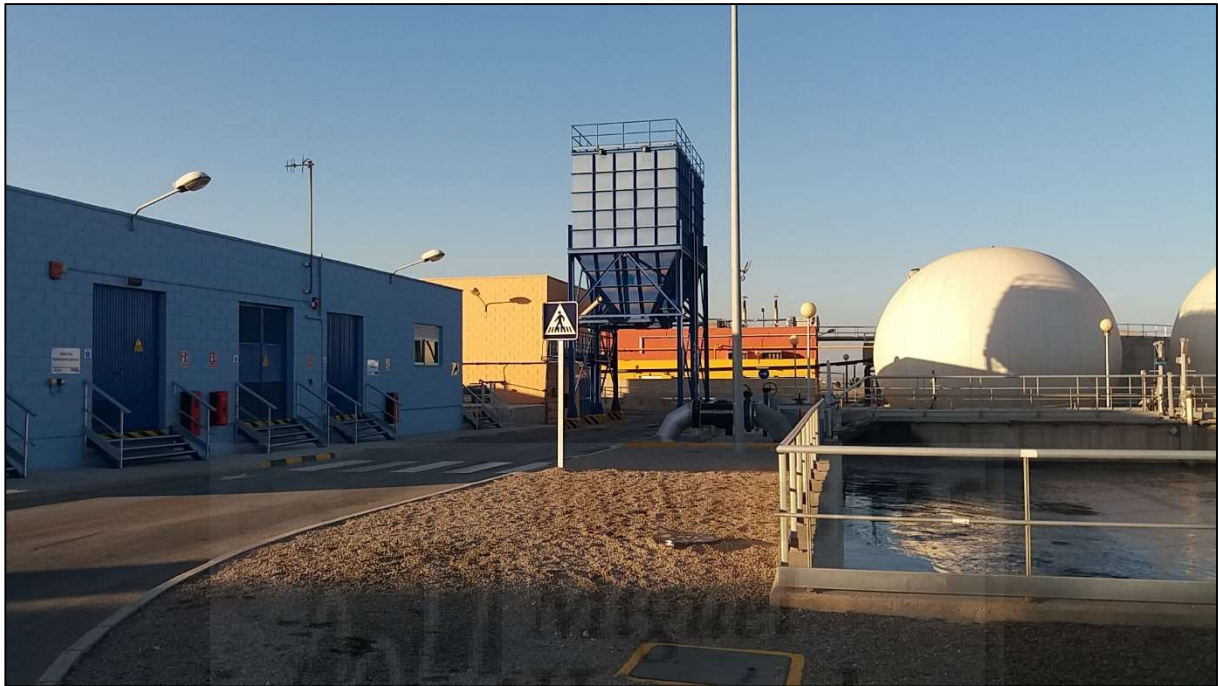


Figura 1. Imagen tomada durante el desarrollo de la visita a campo realizada en las instalaciones de la EDAR Cabezo Beaza. Fuente: Elaboración propia.

4.3. TRABAJO DE GABINETE

Una vez realizados los trabajos de recopilación previa de información y las distintas visitas a campo realizadas en cada una de las instalaciones, es necesario proceder a la aplicación del método Biogaval propiamente dicho y a la síntesis de todos los resultados obtenidos en un único documento.

El procedimiento seguido durante el desarrollo de dichos trabajos, como bien exponen los distintos manuales prácticos de aplicación del método, se puede resumir de la siguiente forma:

- Descripción de los puestos de trabajo: Analizando las tareas que se llevan a cabo en cada uno de ellos, así como sus características particulares en cada una de las instalaciones objeto de análisis.

- Identificación del agente biológico implicado: Siguiendo la metodología expuesta por el manual práctico.
- Cuantificación de las variables determinantes del riesgo.
 - Clasificación de los agentes biológicos: En base al grupo al que pertenecen cada uno de los agentes biológicos según lo establecido en el RD 664/97[2].
 - Vía de transmisión: Según sus diferentes formas de transmisión.
 - Probabilidad de contacto: En base a la tasa de incidencia de cada uno de los agentes biológicos.
 - Vacunación: Según si disponen o no de vacuna efectiva.
 - Frecuencia de realización de actividades que impliquen riesgo: En función del grado de exposición de cada trabajador.
 - Medidas higiénicas adoptadas: En función de las medidas higiénicas adoptadas en cada instalación.
- Resultados obtenidos: Valores de exposición resultantes en base a las distintas metodologías de aplicación de las distintas versiones publicadas del método Biogaval.
- Medidas preventivas a adoptar. Medidas de prevención que es necesario que se lleven a cabo en base a las deficiencias detectadas.
- Conclusiones. Síntesis crítica de todo lo expuesto a lo largo del presente trabajo, así como las distintas competencias adquiridas a lo largo del desarrollo del mismo.

Cada uno de los procedimientos seguidos en los apartados anteriores, se desarrollará de manera específica en cada uno de sus correspondientes apartados dentro del presente documento.

5. DEPURADORAS OBJETO DE ANÁLISIS

Como ya se ha mencionado anteriormente, las depuradoras objeto del presente trabajo son las siguientes:

- EDAR CABEZO BEAZA.
- EDAR MAR MENOR
- EDAR LA ALJORRA.
- EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA.

Todas ellas, están incluidas dentro del término municipal de Cartagena y para poner en manifiesto la representatividad de cada una de ellas a continuación se procederá a exponer las características más relevantes sobre el funcionamiento de cada una de ellas. Previo a dicha exposición, es necesario describir de manera simplificada el funcionamiento de las depuradoras de dicha tipología.

Todas las depuradoras analizadas en el presente trabajo se corresponden con depuradoras convencionales con tratamiento biológico. A continuación, se procede a describir brevemente las características más relevantes de las depuradoras de dicha tipología.



Figura 2. Ubicación de las EDAR existentes en el T.M. de Cartagena. Fuente: Elaboración propia.

5.1. DEPURADORAS TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Este tipo de depuradoras tienen las tres líneas de proceso que se expondrán a continuación:

A) LÍNEA DE AGUA.

Está compuesta por todos los elementos instalados que conforman el tratamiento de depuración al que es sometida el agua bruta. Dentro de esta línea se distingue el **Pretratamiento**, el **Tratamiento Primario**, el **Tratamiento Secundario o Biológico** y, en el caso de reutilización del agua con fines agrícolas u otros, se realizará también un **Tratamiento Terciario**.

- **Pretratamiento:**

Incluye una serie de operaciones mecánicas y físicas destinadas a separar aquellos objetos y sustancias que por su tamaño, densidad o características pudieran ocasionar daños a los equipos y/o proceso de depuración. Está compuesto de los siguientes elementos:

- Desbaste de sólidos.
- Desarenado-desengrasado.

- **Tratamiento primario:**

Este tratamiento, consiste en una Decantación Primaria que tiene lugar en decantadores circulares. Estos decantadores, son recorridos por un puente radial donde se sitúan las rasquetas de superficie que eliminan los flotantes, espumas y grasas a un pozo de bombeo común donde se instalan dos bombas sumergibles que los impulsan al concentrador de grasas y flotantes de pretratamiento.

Los sólidos y lodos decantados en el fondo, son extraídos mediante válvulas automáticas programables a la línea de fangos.

- **Tratamiento biológico:**

En esta etapa, se obtiene una reducción de la contaminación del agua residual mediante el aporte de oxígeno en los reactores biológicos, manteniendo en suspensión microorganismos que se nutren del oxígeno aportado y de la materia orgánica de la propia agua, este sistema de tratamiento se denomina de lodos o fangos activos. La aportación de aire se efectúa mediante motosoplantes, agitadores de superficie u otros medios de aporte de oxígeno.

Normalmente, se disponen de agitadores sumergidos y la recirculación del licor mezcla se efectúa mediante bombas centrifugas.

El agua procedente de la etapa anterior llega a las balsas de activación, donde se insufla oxígeno produciéndose la oxigenación de la mezcla agua-fango. De estas balsas, el agua pasa a los Decantadores Secundarios.

- **Decantación secundaria:**

La finalidad de esta fase es eliminar de las aguas, antes del vertido, materias decantables, así como recoger y recircular parte de los fangos activos hasta las balsas de Tratamiento Biológico. Está formado generalmente por decantadores circulares del tipo succión. Cada decantador Secundario lleva su propio sistema de extracción de espumas y flotantes, que vierte a un pozo de bombeo común donde se instalan dos bombas sumergibles que los impulsan al flotador de fangos en exceso.

La extracción de los fangos se realiza mediante válvulas telescópicas situadas en el puente del Decantador que los mandan al pozo de bombeo, donde se sitúan bombas centrífugas que impulsan los fangos a Recirculación. En este mismo pozo de bombeo, se sitúan bombas centrífugas para la extracción de fangos en exceso al espesador por flotación.

El agua tratada es recogida de los decantadores Secundarios, y conducida a través de un laberinto de cloración antes de su envío a las lagunas de almacenamiento.

- **Tratamiento terciario:**

El propósito del tratamiento terciario, es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. Entre los métodos comunes de desinfección cabe destacar la cloración y la luz UV.

La luz ultravioleta (UV), se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección utilizado en la actualidad. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV, son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuente de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado (baja turbidez) para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV.

B) LÍNEA DE FANGOS.

En el tratamiento de los fangos se pretende una reducción de volumen, para su almacenamiento y posterior gestión. Para ello son sometidos a tratamientos de espesado, digestión y deshidratación.

Se diferencian dos tipos de fangos generados, los procedentes de los decantadores primarios y de los secundarios.

La fase de Espesamiento de cada uno de los fangos se realiza de forma diferente, los primarios mediante espesado por gravedad, los secundarios se tratan en espesadores de flotación utilizando aire y aguas presurizadas, y polielectrolito como coadyuvante.

Una vez han sido espesados son mezclados y conducidos a la fase de Digestión anaerobia, en donde las fracciones volátiles de los fangos son transformadas en Biogás en dos digestores al efecto. El fango digerido es almacenado en otros tantos espesadores, para su posterior deshidratación mecánica.

La Deshidratación se realiza mediante decantadores centrífugos, que separan el agua del fango con la ayuda de un polielectrolito. La torta de lodo seco se almacena en silos para su posterior retirada a planta de compostaje.

C) SERVICIOS AUXILIARES

Como en cualquier instalación industrial este tipo de depuradoras, suelen disponer de los siguientes equipos:

- Laboratorio, taller, repuestos, mobiliario y elementos de seguridad.
- Extracción de flotantes de la decantación primaria.
- Extracción de flotantes de la decantación secundaria.
- Instalación de dosificación de hipoclorito sódico para la desinfección del agua tratada.
- Instalación de dosificación de polielectrolito para la deshidratación mecánica.
- Instalación de dosificación de polielectrolito para el espesado por flotación.
- Instalación de dosificación de cloruro férrico para la digestión de fangos.
- Bombeo de siembra y vaciado de los digestores.
- Recuperación de energía mediante motogeneradores de gas.
- Tratamiento del Biogás con sulfato férrico para eliminación de SH_2 .
- Desodorización por vía química para los edificios de Pretratamiento y Espesamiento.
- Instrumentación y sistemas de control.

- Instalaciones eléctricas.
- Red de drenajes y vaciados.
- Red de aire comprimido.
- Red de agua industrial.
- Red de agua potable.

5.2. EDAR CABEZO BEAZA

La EDAR Cabezo Beaza es la encargada de recoger las aguas residuales generadas en gran parte del Término municipal de Cartagena. En su ámbito se incluye por ejemplo la práctica totalidad del casco urbano Cartagena, el Polígono Industrial Cabezo Beaza y Los Dolores entre otros.

Sus características más relevantes son:

- Población servida: 176.278 hab.
- Población equivalente: 141,963 He (Habitantes equivalentes).
- Caudal de tratamiento actual: 7,288,098 metros cúbicos anuales.
- Caudal de tratamiento de diseño: 12,775,000 metros cúbicos anuales.
- Porcentaje de uso actual respecto a su capacidad de diseño: 57,05%.
- Tecnología aplicada: Fangos Activos - Convencional + Desinfección
- Características del agua residual:

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL				
	SS	DQO	DBO5	uds
Entrada	382	864	427	mg/l
Salida	9	50	8	mg/l
Rendimiento	97.6	94.2	98.1	%

Figura 3. Características del agua residual de la EDAR Cabezo Beaza. Fuente: ESAMUR[10].

- Uso del agua: Riego.
- Cauce receptor: Rambla del Hondón.



Figura 4. EDAR Cabezo Beaza. Fuente: ESAMUR[10].

5.3. EDAR MAR MENOR

La EDAR Mar Menor es la encargada de recoger las aguas residuales generadas en gran parte de la zona de la Manga del Mar Menor, perteneciente a los municipios de Cartagena y San Javier.

Sus características más relevantes son:

- Población servida: 21,729 hab.
- Población equivalente: 53,112 He (Habitantes equivalentes).
- Caudal de tratamiento actual: 3,529,137 metros cúbicos anuales.
- Caudal de tratamiento de diseño: 18,250,000 metros cúbicos anuales.
- Porcentaje de uso actual respecto a su capacidad de diseño: 19,34%.
- Tecnología aplicada: Fangos Activos - Aireación Prolongada + Desinfección.
- Características del agua residual (ver Figura 5):

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL				
	SS	DQO	DBO5	uds
Entrada	605	946	330	mg/l
Salida	5	25	3	mg/l
Rendimiento	99.2	97.4	99.1	%

Figura 5. Características del agua residual de la EDAR Mar Menor. Fuente: ESAMUR[10].

- Uso del agua: Riego.
- Cauce receptor: Desaladora - Mar Mediterráneo.



Figura 6. EDAR Mar Menor. Fuente: ESAMUR[10].

5.4. EDAR LA ALJORRA

La EDAR La Aljorra es la encargada de recoger las aguas residuales generadas en la pedanía de La Aljorra y sus alrededores, todos ellos pertenecientes al término municipal de Cartagena.

Sus características más relevantes son:

- Población servida: 8,732 hab.
- Población equivalente: 7,741 He (Habitantes equivalentes).
- Caudal de tratamiento actual: 307,669 metros cúbicos anuales.
- Caudal de tratamiento de diseño: 1,825,000 metros cúbicos anuales.
- Porcentaje de uso actual respecto a su capacidad de diseño: 16,86%.
- Tecnología aplicada: Fangos Activos - Aireación Prolongada + Coagulación + Floculación + Filtro de Arena + Desinfección Ultravioleta.
- Características del agua residual (ver Figura 7):

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL				
	SS	DQO	DBO5	uds
Entrada	549	1,151	551	mg/l
Salida	5	23	3	mg/l
Rendimiento	99,1	98	99,5	%

Figura 7. Características del agua residual de la EDAR La Aljorra. Fuente: ESAMUR[10].

- Uso del agua: Riego.
- Cauce receptor: Rambla de Miranda.



Figura 8. EDAR La Aljorra. Fuente: ESAMUR[10].

5.5. EDAR ISLA PLANA – LA AZOHÍA

La EDAR Isla Plana – La Azohía es la encargada de recoger las aguas residuales generadas en las pedanías de Isla Plana y La Azohía, así como sus alrededores. Todos ellos ubicados al Oeste del término municipal de Cartagena.

Sus características más relevantes son:

- Población servida: 1,231 hab.
- Población equivalente: 970 He (Habitantes equivalentes).
- Caudal de tratamiento actual: 93,661 metros cúbicos anuales.
- Caudal de tratamiento de diseño: 2,372,500 metros cúbicos anuales.

- Porcentaje de uso actual respecto a su capacidad de diseño: 39,48%.
- Tecnología aplicada: Fangos Activos - Aireación Prolongada + Coagulación + Floculación + Filtro de Arena + Desinfección Ultravioleta.
- Características del agua residual (ver Figura 9):

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL				
	SS	DQO	DBO5	uds
Entrada	278	555	227	mg/l
Salida	5	20	3	mg/l
Rendimiento	98.2	96.4	98.7	%

Figura 9. Características del agua residual de la EDAR Isla Plana-La Azohía. Fuente: ESAMUR[10].

- Uso del agua: Dominio Público.
- Cauce receptor: Rambla del Cañar.



Figura 10. EDAR Isla Plana-La Azohía. Fuente: ESAMUR[10].

6. DETERMINACIÓN DE LOS PUESTOS A EVALUAR

En el presente apartado se pretende determinar los puestos de trabajo de cada una de las depuradoras que van a ser objeto de análisis en el presente trabajo, así como definir las características más relevantes de cada uno de ellos.

Por ello a continuación, se van a mostrar la totalidad de trabajadores que forman parte de la plantilla que trabaja en cada una de las depuradoras objeto de análisis con carácter permanente.

6.1. EDAR CABEZO BEAZA

El mantenimiento de La EDAR Cabezo Beaza se lleva a cabo por la empresa Hidrogea mediante contrato de la misma con la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (en adelante ESAMUR)[10].

La plantilla que se encarga de su mantenimiento está formada por un total de 18 trabajadores, cuyos puestos de trabajo se enumeran a continuación:

LUGAR DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	COMENTARIOS
EDAR CABEZO BEAZA	JEFE DE PLANTA	
EDAR CABEZO BEAZA	CAPATAZ	En régimen de prejubilación.
EDAR CABEZO BEAZA	CAPATAZ	
EDAR CABEZO BEAZA	Analista de Laboratorio	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	
EDAR CABEZO BEAZA	Operario/a de Planta	

Tabla 1. Relación de trabajadores de la EDAR Cabezo Beaza.

De la totalidad de puestos de trabajo expuestos en la tabla anterior, es necesario destacar que uno de los Encargados de Operaciones que aparecen en la misma está en régimen de prejubilación.

6.2. EDAR MAR MENOR

El mantenimiento de La EDAR Mar Menor se lleva a cabo por la empresa Hidrogea mediante contrato de la misma con ESAMUR.

La plantilla que se encarga de su mantenimiento está formada por un total de 11 trabajadores, cuyos puestos de trabajo se enumeran a continuación:

LUGAR DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO
EDAR MAR MENOR	JEFE DE PLANTA
EDAR MAR MENOR	CAPATAZ
EDAR MAR MENOR	Analista de Laboratorio
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta
EDAR MAR MENOR	Operario/a de Planta

Tabla 2. Relación de trabajadores de la EDAR Mar Menor.

6.3. EDAR LA ALJORRA

El mantenimiento de La EDAR La Aljorra se lleva a cabo por la empresa Hidrogea mediante contrato de la misma con ESAMUR.

La plantilla que se encarga de su mantenimiento está formada por un total de 5 trabajadores, cuyos puestos de trabajo se enumeran a continuación:

LUGAR DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	COMENTARIOS
EDAR LA ALJORRA	JEFE DE PLANTA	
EDAR LA ALJORRA	Analista de Laboratorio	Responsabilidades asumidas por el jefe de planta.

LUGAR DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	COMENTARIOS
EDAR LA ALJORRA	Operario/a de Planta	
EDAR LA ALJORRA	Operario/a de Planta	
EDAR LA ALJORRA	Operario/a de Planta	

Tabla 3. Relación de trabajadores de la EDAR La Aljorra.

De la totalidad de puestos de trabajo expuestos en la tabla anterior, es necesario destacar que los análisis de laboratorio se llevan a cabo por el propio Jefe de Planta. Por ello, dicho puesto de trabajo no será considerado objeto de análisis en el presente trabajo.

6.4. EDAR ISLA PLANA – LA AZOHÍA

El mantenimiento de La EDAR Isla Plana – La Azohía se lleva a cabo por la empresa Hidrogea mediante contrato de la misma con ESAMUR.

La plantilla que se encarga de su mantenimiento está formada por un total de 5 trabajadores, cuyos puestos de trabajo se enumeran a continuación:

LUGAR DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	COMENTARIOS
EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA	JEFE DE PLANTA	
EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA	Analista de Laboratorio	Responsabilidades asumidas por el jefe de planta.
EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA	Operario/a de Planta	
EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA	Operario/a de Planta	
EDAR ISLA PLANA-LA AZOHÍA	Operario/a de Planta	

Tabla 4. Relación de trabajadores de la EDAR Isla Plana – La Azohía.

De la totalidad de puestos de trabajo expuestos en la tabla anterior, es necesario destacar que los análisis de laboratorio se llevan a cabo por el propio Jefe de Planta. Por ello, dicho puesto de trabajo no será considerado objeto de análisis en el presente trabajo.

6.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

La descripción detallada de las tareas que se realizan en cada uno de los puestos de trabajo que forman parte del personal de las distintas depuradoras objeto de análisis es uno de los

pasos necesarios para llevar a cabo una correcta aplicación de cualquier método que pretenda la determinación de la exposición a cualquier tipo de riesgo. Por ello a continuación, se elaboran de la manera más conveniente para la aplicación del método Biogaval dichas descripciones.

En total, se han diferenciado los siguientes puestos de trabajo:

- Jefe de planta.
- Capataz.
- Analista de laboratorio.
- Operario de planta.

6.5.1. Jefe de planta.

A. MISIÓN:

El jefe de planta es la persona que coordina y dirige los diferentes aspectos relacionados con la EDAR a su cargo, para asegurar el correcto funcionamiento de los procesos y conservación y mantenimiento de los equipos e instalaciones.

Controla los procesos de depuración a través de la supervisión de los diferentes análisis y ensayos realizados tanto en los laboratorios de las EDAR como en laboratorios externos.

Controla los planes de mantenimiento preventivo y de conservación, así como de las acciones de mantenimiento correctivo, a través de la supervisión de los diferentes trabajos por personal propio y subcontratado, tanto en la EDAR como en talleres externos.

B. FUNCIONES Y TAREAS:

En materia de depuración (proceso e instalaciones):

- Mantiene en condiciones de funcionamiento continuo la EDAR y EBARs asociadas proporcionando los recursos propios y/o subcontratados para conseguir la adecuada calidad del servicio.
- Es responsable de la planificación y gestión del mantenimiento de los equipos de instalaciones a su cargo.
- Propone mejoras en los procesos de explotación y mantenimiento de las instalaciones de depuración.
- Solicita las acciones formativas para el personal a su cargo.

- Elabora y aprueba el plan de mantenimiento de las instalaciones supervisando y controlando la ejecución del mismo.
- Control del proceso, que garantice un óptimo rendimiento de las instalaciones.
- Establece las consignas del proceso de depuración.
- Controla y supervisa el cumplimiento del Plan de Explotación e implanta modificaciones en función de los resultados obtenidos.
- Coordina las relaciones con el cliente en temas relacionados con los controles de explotación, mantenimiento y calidad.
- Supervisa las actividades de la EDAR.

En materia de control analítico y gestión de laboratorios:

- Planifica los controles a establecer a lo largo de los procesos productivos en sus variables críticas.
- Planifica los análisis de materia prima (agua bruta) y productos resultantes del tratamiento de depuración, de acuerdo con los estándares de calidad vigentes.
- Es el responsable de comprobar y visar los resultados obtenidos en las analíticas realizadas en los laboratorios. Puede delegar esta responsabilidad si es necesario.
- Coordina con el departamento de control de vertidos, los planes de control de vertidos del área de influencia de la EDAR correspondiente.
- Es responsable de autorizar las compras a proveedores no aprobados por motivos de urgencia.
- Coordina y gestiona las actividades de las compras de material y reactivos de laboratorio.
- Supervisa y aprueba las calibraciones internas de los equipos de inspección medición y ensayo.
- Dirige y planifica las actividades del técnico de laboratorio y el capataz.
- Puede realizar las tareas de laboratorio en ausencia del analista de planta.

Comunes:

- Puede recepcionar quejas y reclamaciones.

- Es responsable de la recepción, rechazo y devoluciones de los equipos reactivos y material de laboratorio.
- Es responsable de la evaluación y seguimiento de nuevos proveedores.
- Es responsable de la gestión y planificación de la aplicación de mantenimiento.
- Asumirá para sus instalaciones las funciones de logística y compras.
- Identificación y valoración de aspectos medioambientales.
- Solventar cualquier duda que surja en relación con la gestión de los residuos.
- Actuar de interlocutor con las empresas externas, gestores de residuos y tramitar la documentación pertinente al efecto.
- Es responsable del control y seguimiento de la retirada de los residuos y de todos los registros que implique el proceso definidos en la documentación del sistema, y de su archivo por el período definido en el mismo.
- Cumplimentar los documentos oficiales requeridos por la administración en relación con los residuos.
- Es responsable de la adecuada manipulación y entrega a gestor autorizado de los residuos.
- Es responsable de promover la segregación de los residuos generados en las áreas de trabajo y de comunicar cualquier anomalía situación de peligro o emergencia.

6.5.2. Capataz.

A. MISIÓN:

El capataz dirige, coordina y controla los medios necesarios para ejecutar los trabajos concretos supervisando en campo que estos se realizan según las directrices marcadas por el Jefe de Planta.

B. FUNCIONES Y TAREAS:

- Tomar las medidas inmediatas para minimizar el impacto de las obras y reparaciones en los clientes y evitar o minimizar las contaminaciones o impactos medioambientales durante el desarrollo de dichos trabajos.
- Controlar el avance de los trabajos en campo.
- Distribuir la carga de trabajo entre los operarios y contratistas correspondientes en base al grado de ocupación de los mismos y su capacitación.
- Preparar los trabajos mediante la programación diaria de los medios materiales y servicios subcontratados.
- Supervisar y aprobar los documentos que acreditan la realización de los trabajos en campo (hojas de reclamaciones, partes de mantenimiento, etc.).
- Informar al Jefe de Planta del avance de los trabajos, así como de los incidentes durante la ejecución de los mismos.
- Proponer mejoras en la ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de las normas de seguridad durante la ejecución de los trabajos.
- Coordinar y supervisar las tareas de las empresas subcontratistas.
- Realizar actividades y funciones que contribuyan al aumento de rendimiento de los equipos implicados en el proceso productivo.
- Realizar otras actividades y funciones propias de este puesto de trabajo que contribuyan al eficaz desempeño de los trabajos.
- Depositar los residuos en las condiciones especificadas en sus contenedores, evitando mezclas con otro tipo de residuo.
- Comunicar cualquier anomalía, situación de peligro o emergencia, generación de nuevos residuos, modificación de los existentes, cese de la generación de algún tipo de residuo, mezclas involuntarias, así como cualquier otro aspecto relacionado con los residuos en su apartamento.

6.5.3. Técnico de laboratorio.

A. MISIÓN:

El técnico de laboratorio es la persona que realiza los diferentes ensayos y análisis necesarios para el control de los procesos de depuración.

B. FUNCIONES Y TAREAS:

- Se encarga de realizar la recepción y la revisión inicial de los envíos de muestras que llegan a los laboratorios.
- Realiza todos los análisis y ensayos programados en planta para la optimización de los procesos y/o para cualquier tipo de control de reactivos según lo estipulado en los planes analíticos en función de las directrices marcadas por el Jefe de Planta.
- Realiza las calibraciones internas de los equipos de inspección medición y ensayo.
- Realiza el mantenimiento de los equipos de inspección medición y ensayo.
- Solicita la compra de material y reactivos de laboratorio recepción a los reactivos y componentes de laboratorio.
- Se encarga de la comunicación diaria al Jefe de Planta de los resultados de las determinaciones analíticas realizadas que influyen directamente en los procesos de depuración. Procede al registro de los resultados.
- Elabora los informes analíticos.
- Prepara necesariamente los instrumentos y envases para una adecuada toma de muestras, además de proceder a su supervisión y comunicación en caso de detectar anomalías.
- Puede proceder a la toma de muestras en planta cuando las circunstancias o particularidades de la muestra lo haga necesario.
- Es responsable de la situación definitiva de los productos químicos cuando exijan certificado o se requiera ensayo de laboratorio.
- Puede recepcionar quejas y reclamaciones.
- Depositar los residuos en las condiciones especificadas en sus contenedores, evitando mezclas con otro tipo de residuo.

6.5.4. Operario de planta.

A. MISIÓN:

El operario de planta es la persona que se encarga de realizar las tareas de reparación de averías, conservación y mantenimiento de las instalaciones de la EDAR, así como algunos controles del proceso de depuración y labores auxiliares para el control analítico, todo ello con objeto de obtener el máximo rendimiento en la explotación. También realiza el mantenimiento de las instalaciones auxiliares de la depuradora (jardinería, etc).

B. FUNCIONES Y TAREAS:

- Realizar todo el conjunto de trabajos relacionados con la explotación de la EDAR que le sean asignados por sus responsables.
- Tomar las muestras en la estación depuradora de acuerdo al Plan de Muestreo.
- Atender y localizar las averías determinando las operaciones de necesarias para su reparación y realizar montajes de nuevas instalaciones y de equipos enviados a reparar.
- Puede actualizar datos en las aplicaciones de mantenimiento, cumplimentar partes de trabajo partes de materiales, maquinaria, etc. Además, puede informar de las causas de las averías inspeccionadas y de las operaciones efectuadas.
- Puede realizar controles de recepción de componentes de mantenimiento.
- Revisar y controlar el secado de fangos, así como vigilar el estado de funcionamiento de los equipos y preparar los reactivos para el proceso.
- Realizar tareas de mantenimiento de los equipos de planta y labores de limpieza y conservación de las instalaciones de la planta, así como comunicar a sus superiores las incidencias que puedan afectar al tratamiento de depuración.
- Controla y realiza maniobras en el sistema de telemando de acuerdo con las consignas de explotación.
- Puede recepcionar quejas y reclamaciones.
- Atiende la entrada y salida de personas y vehículos.
- Cumplimenta las incidencias en el Libro de Explotación y deposita los residuos en las condiciones especificadas en sus contenedores, evitando mezclas con otro tipo de residuo.

6.6. CONCLUSIONES

En base a todo lo expuesto en los apartados anteriores, se ha llegado a las conclusiones que se desarrollan brevemente a continuación.

En este caso, no se han localizado circunstancias concretas con respecto a las distintas instalaciones o circunstancias personales de cada trabajador que justifiquen la necesidad de realizar una diferenciación particular dentro de un mismo puesto de trabajo del análisis de riesgo biológico que presentan cada uno de ellos.

Únicamente, se ha visto la necesidad de diferenciar el puesto de trabajo de Jefe de Planta entre aquellos que realizan tareas exclusivas de dicho puesto, como son los Jefes de Planta de la EDAR Cabezo Beaza y la EDAR Mar Menor, y la de aquellos que tienen una función mixta Jefe de Planta-Técnico de Laboratorio. Dicha función mixta, viene determinada por la escasa entidad de dichas depuradoras que provoca que el Jefe de Planta también realice las funciones propias del puesto de Técnico de Laboratorio.

Por ello, el método Biogaval se aplicará a los siguientes puestos de trabajo diferenciados:

- Jefe de Planta.
- Puesto mixto: Jefe de Planta + Técnico de Laboratorio.
- Técnico de Laboratorio.
- Capataz.
- Operarios de Planta.

El número total de trabajadores presentes de cada tipología en cada una de las EDAR objeto de estudio es el siguiente:

PUESTO DE TRABAJO	CABEZO BEAZA	MAR MENOR	LA ALJORRA	ISLA PLANA-LA AZOHÍA
Jefe de Planta	1	1	0	0
Puesto mixto: Jefe de Planta + Técnico de Laboratorio.	0	0	1	1
Técnico de Laboratorio.	1	1	0	0
Capataz.	1	1	0	0
Operarios de Planta.	14	8	3	3

Tabla 5. Relación de trabajadores objeto de la presente evaluación de riesgos. Fuente: Elab. propia.

7. IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO IMPLICADO

Según lo expuesto en los diferentes manuales prácticos, ya mencionados anteriormente, de aplicación del método Biogaval[4 a 7], el listado orientativo de agentes biológicos que pueden estar presentes durante el desarrollo de las distintas actividades que se desarrollan en una EDAR son los que se pueden observar en las 2 tablas siguientes.

AGENTE BIOLÓGICO		ENFERMEDAD
Bacilos entéricos	Klebsiella Pneumoniae	Neumonía
	Escherichia Coli	Diarreas
	Salmonella spp	Salmonelosis
	Shigella spp	Disenteria bacilar
	Vibrio Cholerae	Cólera
	Yersinia Enterocolitica	Diarreas
Actinomyces		Actinomicosis
Leptospira Interrogans		Leptospirosis
Legionella spp.		Legionelosis
Pseudomona Aeruginosa		Neumonía
Clostridium Tetani		Tétanos
Clostridium Perfringens		Diarreas
Enterovirus:	Coxackie A y B	Meningitis
	Echovirus	Infección neonatal, meningitis, infección respiratoria
	Poliovirus.	Poliomielitis
Virus de la Hepatitis A		Hepatitis
Rotavirus		Diarrea
Reovirus		Enfermedades en aparato respiratorio superior

Tabla 6. Relación de agentes biológicos y enfermedades que pueden estar presentes en trabajos realizados en una EDAR. Parte 1. Fuente: Manual práctico método Biogaval. Edición 2018[7].

AGENTE BIOLÓGICO		ENFERMEDAD
Cándida Albicans		Candidiasis
Cryptococcus Neoformans		Criptococosis
Aspergillus spp.		Aspergilosis
Tricophyton spp.		Micosis
Epidermophyton spp		Micosis
Protozoos	Entamoeba Histolytica	Quiste hidatídico
	Giardia Lamblia	Giardiasis
	Balantidium Coli	Balantidiasis
Helmintos	Áscaris Lumbricoides	Ascariasis
	Ancylostoma Duodenale	Anquilostomiasis
	Toxocara canis	Toxocariasis
	Toxocara catis	Toxocariasis
	Trichuris Trichiura	Tricuriasis
	Taenia Saginata	Teniasis
	Taenia Solium	Teniasis
	Toxoplasma Gondii	Toxoplasmosis
	Echinococcus spp	Quiste Hidatidico

Tabla 7. Relación de agentes biológicos y enfermedades que pueden estar presentes en trabajos realizados en una EDAR. Parte 2. Fuente: Manual práctico método Biogaval. Edición 2018[7].

El listado mostrado en las dos tablas anteriores, según lo definido en los manuales prácticos[4 a 7], ha sido determinado a partir de los datos epidemiológicos y otras bases existentes en la bibliografía. En este caso, el listado anterior se considera plenamente vigente y será de aplicación en su totalidad al presente trabajo.

Pese a lo anterior, se ha optado por llevar a cabo una primera evaluación simplificada del método dado que en este caso se tiene un elevado conocimiento de las actividades que llevan a cabo cada trabajador y dicha metodología se considera en este caso plenamente representativa del conjunto de microorganismos presentes. Además, se ha demostrado experimentalmente que dicha modalidad no disminuye la efectividad ni la base técnica de aplicación del método.

Dicha modalidad simplificada, consiste en el análisis de una serie de microorganismos denominados “centinela” que se consideran plenamente representativos del daño que se puede originar con mayor frecuencia.

Cada uno de estos microorganismos centinela debe tener una serie de características básicas que se enumeran a continuación:

- Presencia habitual en la actividad objeto de análisis.
- Elevada peligrosidad en base a lo que se establece en el Art. 3 del RD 664/97[2].
- Representatividad de todas las vías posibles de transmisión.

En este caso, los **microorganismos centinela** representativos de los trabajos que se realizan en una EDAR son los siguientes:

- **Escherichia coli.**
- **Legionella Pneumophila.**

Dichos microorganismos centinela, han sido obtenidos en base a lo estipulado en el Anexo III del Manual práctico del método Biogaval. Edición 2013[6] (en la edición 2018[7] no se incluye dicha tabla con los organismos centinelas a emplear en función de la actividad objeto de análisis).

La Escherichia coli, es un tipo de bacilo entérico que puede ser el causante de diarreas. No existe vacunación contra dicho microorganismo, aunque se están estudiando posibles vacunas en la actualidad. Para reducir las posibilidades de estar expuesto a la E. coli, Entre las medidas preventivas a aplicar frente a dicho microorganismo, se pueden incluir el uso de guantes durante la toma de muestras de agua y la posterior desinfección de las manos una vez realizada la tarea.

Por otro lado, la legionella Pneumophila es un tipo de bacteria con forma de bacilo que es la causante de la enfermedad denominada legionelosis, que es un tipo de neumonía muy grave. No existe vacunación contra dicha enfermedad. A diferencia del anterior, dicho microorganismo está incluido en DATABiO[11], publicado por el INSHT, que incluye una serie de fichas que facilitan la evaluación, prevención y control del riesgo biológico provocado por dicho microorganismo. Entre las medidas preventivas a aplicar frente a dicho microorganismo se pueden incluir procedimientos de trabajo que reduzcan la formación de bioaerosoles, por ejemplo durante la recogida de muestras de agua o la retirada de filtros.

8. CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DETERMINANTES DEL RIESGO

8.1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

Según lo expuesto en el manual práctico de aplicación del método Biogaval[7] la clasificación de los distintos agentes biológicos que afecten a la actividad objeto de análisis debe de hacerse de acuerdo con lo expuesto en el Anexo II del RD 664/97 relativo a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo[2].

Según lo expuesto en dicho RD[2], y más concretamente en su artículo 3, los agentes biológicos se pueden clasificar a partir de su riesgo de infección en cuatro grupos:

- Grupo 1: Agentes biológicos en los que resulta poco probable que provoque una enfermedad en el hombre.
- Grupo 2: Agentes biológicos en los que resulta probable que provoquen una enfermedad y a su vez, la misma pueda suponer un riesgo para la persona afectada. Además, su probabilidad de propagación es baja y existe un tratamiento eficaz contra dicha enfermedad.
- Grupo 3: Agentes biológicos en los que resulta probable que provoquen una enfermedad y a su vez, la misma pueda suponer un riesgo importante para la persona afectada. Además, su probabilidad de propagación es alta y existe un tratamiento eficaz contra dicha enfermedad.
- Grupo 4: Agentes biológicos en los que resulta probable que provoquen una enfermedad y a su vez, la misma pueda suponer un riesgo importante para la persona afectada. Además, su probabilidad de propagación es alta y no existe un tratamiento eficaz contra dicha enfermedad.

Según lo expuesto en el manual práctico ya mencionado[7] se asignará la siguiente puntuación a cada uno de los agentes biológicos según el grupo al que pertenezcan:

- Microorganismos del grupo 1: Se le asignará una puntuación de 1.
- Microorganismos del grupo 2: Se le asignará una puntuación de 2.
- Microorganismos del grupo 3: Se le asignará una puntuación de 3.

- Microorganismos del grupo 4: Se le asignará una puntuación de 4.

En base a la puntuación expuesta anteriormente, el resultado obtenido en este caso aplicando el método Biogaval simplificado se puede observar en la Tabla 8.

AGENTE BIOLÓGICO	GRUPO DE RIESGO	PUNTUACIÓN
Escherichia Coli	3	3
Legionella Pneumophila	2	2

Tabla 8. Relación de la puntuación obtenida en los agentes biológicos centinela empleados en la aplicación del método Biogaval simplificado para la actividad objeto de análisis, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018. Fuente: Elaboración propia.

En base a la puntuación expuesta anteriormente, el resultado obtenido en este caso aplicando el método Biogaval de rango normal se puede observar en la Tabla 9.

AGENTE BIOLÓGICO	GRUPO DE RIESGO	PUNTUACIÓN
Klebsiella Pneumoniae	2	2
Escherichia Coli	3	3
Salmonella spp	3	3
Shigella spp	3	3
Vibrio Cholerae	2	2
Yersinia Enterocolitica	2	2
Actinomyces	2	2
Leptospira Interrogans	2	2
Legionella spp	2	2
Pseudomona Aeruginosa	2	2
Clostridium Tetani	2	2
Clostridium Perfringens	2	2
Coxsackie A y B	2	2
Echovirus	2	2

AGENTE BIOLÓGICO	GRUPO DE RIESGO	PUNTUACIÓN
Poliovirus	2	2
Virus de la Hepatitis A	2	2
Rotavirus	2	2
Reovirus	2	2
Cándida Albicans	2	2
Cryptococcus Neoformans	2	2
Aspergillus spp.	2	2
Tricophyton spp.	2	2
Epidermophyton spp.	2	2
Entamoeba Histolytica	2	2
Giardia Lamblia	2	2
Balantidium Coli	2	2
Áscaris Lumbricoides	2	2
Ancylostoma Duodenale	2	2
Toxocara canis	2	2
Toxocara catis	2	2
Trichuris Trichiura	2	2
Taenia Saginata	2	2
Taenia Solium	3	3
Toxoplama Gondii	2	2
Echinococcus spp	3	3

Tabla 9. Relación de la puntuación obtenida en los agentes biológicos empleados en la aplicación del método Biogaval de rango normal para la actividad objeto de análisis, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018. Fuente: Elaboración propia.

8.2. VÍA DE TRANSMISIÓN

La vía de transmisión, básicamente hace referencia al método que es capaz de emplear un microorganismo para propagarse desde el medio en el que se encuentre para llegar a infectar a una persona.

Según lo expuesto en la edición nº17 del manual para el control de las enfermedades transmisibles de la OMS[12], las vías de transmisión se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Transmisión directa:** La transferencia del agente infeccioso se produce por contacto directo e inmediato a través de las diferentes posibilidades de entrada al ser humano. Por ejemplo, a través de la piel, de la saliva, por la nariz, etc. Su radio de diseminación generalmente no suele ser superior a un metro.
- **Transmisión indirecta:** La misma se subdivide a su vez en:
 - Mediante fómites (vehículos de transmisión): Es decir, a través de elementos o materiales que estén contaminados, por ejemplo utensilios médicos no esterilizados previamente, juguetes, un vaso de agua, etc. Dicho microorganismo es posible que se haya desarrollado previamente en dicho elemento antes de llegar al ser humano.
 - Por medio de un vector: Dicho medio de transmisión hace referencia por ejemplo a la propagación del microorganismo a través de las patas de un insecto. En caso de que el microorganismo se multiplique previamente en el propio vector, se habla de vector de tipo biológico.
- **Transmisión aérea:** Dicho tipo de propagación, hace referencia a aquella que se realiza a través de aerosoles que suelen acceder al ser humano a través de las vías respiratorias. Dichos aerosoles, pueden permanecer mucho tiempo en suspensión en el aire y presentan partículas con un tamaño que oscila entre las 1 y las 5 micras.

Según lo expuesto en el manual práctico ya mencionado [7] se asignará la puntuación que puede observarse en la siguiente tabla a cada uno de los agentes biológicos según tipo de transmisión que presenten (ver Tabla 10).

VÍA DE TRANSMISIÓN	PUNTUACIÓN
Indirecta	1
Directa	1
Aérea	2

Tabla 10. Relación entre las diferentes vías de transmisión de los microorganismos y la puntuación asignada por el manual práctico de aplicación del método Biogaval. Fuente: Manual práctico método Biogaval. Edición 2018[7].

La puntuación final para cada microorganismo, se obtendrá de la suma total correspondiente a las posibles vías de transmisión que presente cada uno de ellos, es decir, la puntuación máxima posible será de 4 (1+1+2).

Básicamente mediante el empleo de la base de datos publicada por el INSHT denominada DATABiO[11], que contiene una gran cantidad de información en forma de fichas de cada uno de los agentes biológicos, se han obtenido las distintas vías de transmisión de cada uno de los microorganismos implicados en la actividad objeto de análisis. Además de dichas fichas, también ha sido necesario localizar las vías de transmisión de algunos microorganismos no incluidos en las mismas. Fruto de dicho trabajo, se ha obtenido la información que se muestra en las dos tablas siguientes para los microorganismos implicados en el método Biogaval simplificado (ver Tabla 11) y los implicados en el método Biogaval normal (ver Tabla 12).

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
Escherichia Coli	Por vía oral, al ingerir agua o alimentos contaminados. También se pueden transmitir a través del contacto directo con personas o animales infectados, pero esta es una vía mucho menos frecuente.
Legionella Pneumophila	Bioaerosoles contaminados o por aspiración de gotas de agua.

Tabla 11. Relación de los agentes biológicos centinela empleados en la aplicación del método Biogaval simplificado para la actividad objeto de análisis, así como sus vías de transmisión, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se pueden observar, como ya se ha comentado anteriormente, los agentes biológicos implicados en el método Biogaval normal, así como sus vías de transmisión más usuales.

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
Klebsiella Pneumoniae	Contacto con piel y mucosas. Contacto con objetos contaminados.
Escherichia Coli	Por vía oral, al ingerir agua o alimentos contaminados. También se pueden transmitir a través del contacto directo con personas o animales infectados, pero esta es una vía mucho menos frecuente.
Salmonella spp	A través del consumo de alimentos contaminados.
Shigella spp	Se transmiten al ingerir comida o agua contaminadas por una persona infectada. También se puede contagiar por contacto directo con una persona infectada.
Vibrio Cholerae	Transmisión oral-fecal. Ingestión de agua contaminada con heces o vómitos de pacientes e incluso de portadores.
Yersinia Enterocolitica	Fecal oral, por ingesta de alimentos y agua contaminados. Por contacto con personas y animales infectados.
Actinomyces	Contacto con piel y mucosas. Autoinfección al atravesar las mucosas; transmisión por mordedura.
Leptospira Interrogans	La transmisión se produce principalmente mediante el contacto de las mucosas y la piel lesionada con tierra, agua, vegetación, o alimentos contaminados con la orina de animales infectados. También es posible la penetración a través de la piel reblandecida por agua. Contacto directo con orina o tejidos de animales infectados. Ocasionalmente, por la ingestión de

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
	alimentos contaminados o por la inhalación de gotas procedentes de aerosoles de fluidos contaminados.
Legionella spp	Bioaerosoles contaminados o por aspiración de gotas de agua.
Pseudomona Aeruginosa	La transmisión se produce principalmente a través del contacto de la piel lesionada o reblandecida y de las mucosas con el agua o con los objetos contaminados. Otros mecanismos de transmisión son la inhalación de bioaerosoles o gotitas de agua
Clostridium Tetani	Por contacto de heridas con elementos contaminados (tierra, polvo, heces, útiles, herramientas, etc.).
Clostridium Perfringens	Las intoxicaciones alimentarias por ingestión de grandes cantidades de células vegetativas.
Coxsackie A y B	Se pueden contagiar de una persona a otra, por lo general a través del contacto con manos sucias o superficies contaminadas con heces.
Echovirus	Suelen propagarse de una persona a otra a través del contacto con manos sucias y superficies contaminadas con heces. También se pueden contagiar mediante las gotitas de líquido que se expulsan al estornudar o toser.
Poliovirus	Se transmite de persona a persona, por vía bucal, agua o por alimentos contaminados.
Virus de la Hepatitis A	Fecal-oral. La forma más común de infección por VHA es el hogar y el contacto con la persona infectada. Sexual (contactos homosexuales). Viajes a zonas endémicas. Consumo de drogas (jeringuillas compartidas).

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
Rotavirus	Fecal-oral entre personas o por contacto con superficies u objetos contaminados.
Reovirus	Transmisión a través de contacto directo y contacto con heces u objetos contaminados.
Cándida Albicans	Transmisión endógena por contacto a través de la piel y las mucosas y, por inoculación accidental o mordedura.
Cryptococcus Neoformans	La transmisión ocurre principalmente por medio de las esporas o células desecadas del hongo, que se encuentran presentes en el ambiente y penetran por vía respiratoria al interior del organismo.
Aspergillus spp.	La transmisión se produce principalmente por medio de las esporas o conidios, que se encuentran presentes en el ambiente de trabajo en forma de bioaerosoles y penetran al organismo por vía respiratoria. También es posible la transmisión por contaminación de heridas o mucosas.
Trichophyton spp.	La transmisión se produce principalmente por el contacto directo o indirecto. Contacto con la piel o con las lesiones de un individuo o animal afectado.
Epidermophyton spp.	La transmisión se produce principalmente por el contacto directo o indirecto. Contacto con la piel o con las lesiones de un individuo afectado, así como con fómites.
Entamoeba Histolytica	La transmisión se produce principalmente por la ingesta accidental de los quistes maduros presentes en el agua y los alimentos contaminados (ingesta de verduras o frutas crudas y mal lavadas). Puede transmitirse de persona a persona por vía fecal-oral, a través del contacto con manos.

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
Giardia Lamblia	La transmisión se produce principalmente por la ingesta accidental de los quistes presentes en el agua o los alimentos contaminados. Una vez que la persona se ha infectado, el parásito vive en el intestino y se excreta en las heces. También puede transmitirse de persona a persona por vía fecal-oral.
Balantidium Coli	Contacto con cerdos y sus heces. La transmisión es oral-fecal por la ingestión de agua o alimentos contaminados.
Áscaris Lumbricoides	La transmisión se produce principalmente por la ingesta de alimentos y agua contaminados con los huevos embrionados. Otras formas de transmisión, principalmente en trabajos de laboratorio, son el contacto directo de las mucosas con los huevos embrionados.
Ancylostoma Duodenale	El parásito puede penetrar la piel sana. Ingestión de alimentos contaminados. Posible transmisión transplacentaria y por la leche materna.
Toxocara canis	La transmisión se produce principalmente por ingesta accidental de los huevos embrionados (huevo con la larva infectante) presentes en el suelo o en el pelaje de los perros y los gatos.
Toxocara cati	La transmisión se produce principalmente por ingesta accidental de los huevos embrionados (huevo con la larva infectante) presentes en el suelo o en el pelaje de los perros y los gatos.
Trichuris Trichiura	Por ingestión de tierra o de verduras contaminadas; no se transmite directamente de una persona a otra.
Taenia Saginata	La transmisión se produce por la ingestión de carne de vacuno cruda o mal cocida que contenga cisticercos.

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN
Taenia Solium	La transmisión se produce por la ingestión de carne porcina cruda o mal cocida que contenga cisticercos (zoonosis), y por la ingestión de huevos infectantes presentes en la verdura, el agua, o en las manos manchadas con heces humanas. Es posible la transmisión de persona a persona por contacto directo.
Toxoplasma Gondii	La transmisión se produce principalmente por la ingesta de carne cruda o mal cocida con el quiste o el pseudoquiste (zoonosis) y por la ingesta de leche, agua o vegetales contaminados con el ooquiste. Otras formas de transmisión son la inhalación de ooquistes.
Echinococcus spp	Por vía digestiva al ingerir alimentos o agua contaminada con los huevos. Fecal - oral por manos contaminadas con suelo, arena o pelos de perros infectados.

Tabla 12. Relación de los agentes biológicos empleados en la aplicación del método Biogaval para la actividad objeto de análisis, así como sus vías de transmisión, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como base la información expuesta en las dos tablas anteriores y la puntuación definida en el manual práctico para aplicar el método biogaval (edición 2018)[7], se ha obtenido como resultado lo expuesto en las dos tablas que se muestran a continuación (ver Tabla 13 para el método Biogaval simplificado y ver Tabla 14 para el método Biogaval normal).

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN	PUNTUACIÓN
Escherichia Coli	DIRECTA/INDIRECTA	2
Legionella Pneumophila	AÉREA	2

Tabla 13. Relación de la puntuación obtenida en la vía de transmisión para los agentes biológicos centinela empleados en la aplicación del método Biogaval simplificado para la actividad objeto de análisis, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018[2]. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente se pueden observar, como ya se ha comentado anteriormente, los agentes biológicos implicados en el método Biogaval normal, así como sus vías de transmisión más usuales y su puntuación asociada para el cálculo de dicho método.

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN	PUNTUACIÓN
Klebsiella Pneumoniae	DIRECTA/INDIRECTA	2
Escherichia Coli	DIRECTA/INDIRECTA	2
Salmonella spp	INDIRECTA	1
Shigella spp	DIRECTA/INDIRECTA	2
Vibrio Cholerae	INDIRECTA	1
Yersinia Enterocolitica	DIRECTA/INDIRECTA	2
Actinomyces	DIRECTA	1
Leptospira Interrogans	DIRECTA/INDIRECTA/AÉREA	4
Legionella spp	AÉREA	2
Pseudomona Aeruginosa	INDIRECTA/AÉREA	3
Clostridium Tetani	INDIRECTA	1
Clostridium Perfringens	INDIRECTA	1
Coxsackie A y B	INDIRECTA/DIRECTA	2
Echovirus	DIRECTA/AEROSOL	3
Poliovirus	INDIRECTA/DIRECTA	2
Virus de la Hepatitis A	INDIRECTA/DIRECTA	2
Rotavirus	INDIRECTA/DIRECTA	2
Reovirus	INDIRECTA/DIRECTA	2
Cándida Albicans	DIRECTA	1
Cryptococcus Neoformans	AÉREA	2
Aspergillus spp.	INDIRECTA/AÉREA	3
Trichophyton spp.	INDIRECTA/DIRECTA	2
Epidermophyton spp.	INDIRECTA/DIRECTA	2

AGENTE BIOLÓGICO	VÍA DE TRANSMISIÓN	PUNTUACIÓN
Entamoeba Histolytica	INDIRECTA/DIRECTA	2
Giardia Lamblia	INDIRECTA/DIRECTA	2
Balantidium Coli	INDIRECTA	1
Áscaris Lumbricoides	INDIRECTA/DIRECTA	2
Ancylostoma Duodenale	INDIRECTA/DIRECTA	2
Toxocara canis	INDIRECTA	1
Toxocara cati	INDIRECTA	1
Trichuris Trichiura	INDIRECTA	1
Taenia Saginata	INDIRECTA	1
Taenia Solium	INDIRECTA/DIRECTA	2
Toxoplasma Gondii	INDIRECTA/AEREA	3
Echinococcus spp	INDIRECTA	1

Tabla 14. Relación de la puntuación obtenida en la vía de transmisión para los agentes biológicos empleados en la aplicación del método Biogaval normal para la actividad objeto de análisis, según lo definido en el Manual práctico del método Biogaval. Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

8.3. PROBABILIDAD DE CONTACTO

El siguiente dato necesario para poder aplicar el método Biogaval a la actividad objeto de análisis, es la probabilidad de contacto. Dicho concepto plantea ciertas dificultades, ya que la aplicación del presente método se realiza sobre actividades en las que no se produce una manipulación directa de agentes biológicos.

Pese a ello, en el manual práctico de aplicación del método[7] se plantea una doble vía para valorar dicho concepto.

Por un lado, se comenta el concepto de **prevalencia**. Dicha prevalencia, según el mismo manual, se define como la proporción de unidades de un grupo que presentan una enfermedad en un período definido previamente.

Este término, es aplicable básicamente a trabajadores y trabajadoras cuyas tareas las realicen en contacto con los animales y/o productos de dicho origen, siendo el concepto de prevalencia

de una enfermedad en la especie animal con la que se está trabajando. Tomando como base lo anterior, no es aplicable a la actividad objeto de análisis.

Por otro lado, el otro concepto mencionado en el manual práctico es **la tasa de incidencia**. El mismo, se define como el número de individuos que han contraído una determinada enfermedad en un periodo de tiempo definido. Dicha tasa, es de gran importancia a la hora de determinar si un microorganismo debe ser incluido o no en la evaluación del riesgo biológico, ya que el mismo relaciona el riesgo de sufrir enfermedad en una determinada población laboral objeto de estudio.

Dicho concepto, a diferencia del anterior, sí es aplicable entre otros (trabajos sanitarios, agrarios, eliminación de residuos, etc) a las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, cuyas actividades que se realizan en las mismas son objeto de estudio en el presente trabajo.

En relación con lo anterior, es necesario destacar que en principio podría parecer que en actividades de origen sanitario existe un sesgo en la utilización de dicho concepto, pero no es una realidad como bien se demuestra con la cantidad elevada de población bacteriana que puede tener por ejemplo una muestra de aguas residuales.

En este caso, el manual práctico de aplicación del método[7] define que el periodo de tiempo sobre el que debe calcularse dicha tasa es siempre el año anterior (2018). Por ello, como bien define el manual, la formulación a aplicar será la siguiente:

$$TASA DE INCIDENCIA = \frac{\text{Casos nuevos en el año 2018}}{\text{Población expuesta}} \times 100.000$$

Para poder obtener dichos datos sobre cada enfermedad, es determinante consultar la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE)[13]. En dicha web, se pueden consultar los datos correspondientes a la población española. Además, para aquellas enfermedades de tipo transmisible también es necesario consultar las monografías del Centro de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III o los Boletines Epidemiológicos Semanales que publica el mismo[14].

Por último, la puntuación a aplicar a la formulación en función de los resultados obtenidos para cada enfermedad en la bibliografía comentada anteriormente es la que se muestra en la Tabla 15.

INCIDENCIA / 100.000 habitantes	PUNTUACIÓN
Menor de un caso	1
De 1 a 500	2
De 501 a 1000	3
Mayor de 1000	4

Tabla 15. Puntuación a aplicar en función de la tasa de incidencia obtenida para cada enfermedad.

Fuente: Elaboración propia.

Previo a conocer la tasa de incidencia es necesario conocer la población de España, por ello, según lo publicado en el INE[13], la población en España en el segundo semestre del año 2018 fue de 47.007.367 de habitantes. Dicho dato, es el que se tomará como base para el cálculo de cada una de las tasas de incidencia de cada enfermedad.

En algunos casos, al no existir datos publicados más recientes para algunos de los microorganismos, se han tomado los datos a nivel nacional publicados en el informe de “RESULTADOS DE LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LAS ENFERMEDADES TRANSMISIBLES. INFORME ANUAL. AÑO 2016” [15], siendo éste el informe más reciente de dicha tipología publicado hasta la fecha (publicado el 5 de marzo del año 2019).

Pese a lo anterior, en algunos casos no ha sido posible localizar datos fiables sobre el número de personas infectadas durante un periodo de tiempo concreto. Por ello, para evitar errores fruto de la aportación de datos erróneos que lleven a conclusiones de la misma tipología se ha decidido directamente no incluir dichos agentes biológicos en la aplicación del método Biogaval.

Para estar del lado de la seguridad y siendo más restrictivos en la aplicación del método se ha decidido considerar que únicamente el 10% del total de infectados que se puede producir anualmente en todo el territorio nacional acaba siendo incluido en los registros estadísticos oficiales mencionados anteriormente. Por ello, los valores de tasa de incidencia reales de multiplicar el número de casos por 100.000 y dividir por la población española total se multiplicarán por un factor corrector de 10, siendo este último dato al que se le aplicará la puntuación indicada en el manual práctico de aplicación del método Biogaval[7].

En base a todo ello, las tasas de incidencia obtenidas para las enfermedades que provocan los microorganismos centinela a considerar en el caso del método Biogaval abreviado han sido las que se muestran en la tabla siguiente.

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
DIARREA POR ESCHERICHIA COLI	46.528.966	84	0,181	1,805	Ochenta y tres fueron casos autóctonos y uno importado. La mayor incidencia se observó en menores de 10 años.
LEGIONELOSIS	47.007.367	1.459	3,104	31,038	Datos algo superiores a los del 2017. La Región de Murcia es de las Comunidades menos afectadas por dicha enfermedad.

Tabla 16. Tasa de incidencia obtenida para cada enfermedad objeto de análisis al aplicar el método Biogaval simplificado. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las tasas de incidencia obtenidas para las enfermedades que provocan los microorganismos a considerar en el caso del método Biogaval normal han sido las que se muestran en la tabla siguiente.

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
NEUMONÍA POR	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
KLEBSIELLA PNEUMONIAE					
DIARREA POR ESCHERICHIA COLI	46.528.966	84	0,181	1,805	Ochenta y tres fueron casos autóctonos y uno importado. La mayor incidencia se observó en menores de 10 años.
SALMONELOSIS	465.28.966	10.154	21,823	218,230	Únicamente informaron 13 CCAA y entre las que no informaron se encuentra la Región de Murcia.
SHIGELOSIS	47.007.367	333	0,708	7,084	La mayor incidencia correspondió al grupo de 1 a 4 años seguido del grupo de 25 a 34 años, especialmente en hombres.
COLERA	47.007.367	1	0,002	0,021	Un único caso registrado en La Rioja la semana 38.
DIARREA POR YERSINIA ENTEROCOLITICA	46.528.966	436	0,937	9,371	Dos casos importados. La Región de Murcia no informó de sus datos registrados.
ACTINOMICOSIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
LEPTOSPIROSIS	46.528.966	18	0,039	0,387	Un caso importado. Todos los casos

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
					detectados afectan a hombres.
LEGIONELOSIS	47.007.367	1.459	3,104	31,038	Datos algo superiores a los del 2017. La Región de Murcia es de las Comunidades menos afectadas por dicha enfermedad.
NEUMONÍA POR PSEUDOMONA AERUGINOSA	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TÉTANOS	47.007.367	6	0,013	0,128	Sin individuos afectados en 2018 en Murcia.
DIARREA POR CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
MENINGITIS POR COXSACKIE A Ó B	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
MENINGITIS POR ECHOVIRUS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
POLIOMIELITIS	47.007.367	0	0,000	0,000	Los casos de polio se han reducido en más de un 99% desde 1988. Ningún caso detectado en el último año.

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
HEPATITIS A	47.007.367	1682	3,578	35,782	Menos de la mitad de los casos detectados al año anterior.
DIARREA POR ROTAVIRUS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
BRONQUITIS; NEUMONÍA POR REOVIRUS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
CANDIDIASIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
CRIPTOCOCOSIS	46.528.966	243	0,522	5,223	La mayoría de los casos de Cryptosporidium notificados en el año 2016 tenían entre uno y nueve años
ASPERGILOSIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
MICOSIS POR TRICOPHYTON	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
MICOSIS POR EPIDERMOPHYTON	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
QUISTE HIDATÍDICO O AMEBIASIS	46.528.966	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
GIARDIASIS	46.528.966	2.101	4,515	45,155	La mayoría de las infecciones se producen en el hogar.
BALANTIDIASIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
ASCARIDIASIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES

ENFERMEDAD	POBLACIÓN	Nº DE CASOS	INCIDENCIA / 100.000 habitantes	INCIDENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
ANQUILOSTOMIASIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TOXOCARIASIS POR TOXOCARA CANIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TOXOCARIASIS POR TOXOCARA CARIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TRICURIASIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TENIASIS POR SAGINATA	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TENIASIS POR SOLIUM	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
TOXOPLASMOISIS	47.007.367	-	-	-	SIN DATOS FIABLES
QUISTE HIDATÍDICO	47.007.367	111	0,236	2,361	Afecta en su mayoría a los hombres. Sin datos de afección a la Región de Murcia.

Tabla 17. Tasa de incidencia obtenida para cada enfermedad objeto de análisis al aplicar el método Biogaval normal. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, en algunos casos no ha sido posible recopilar datos fiables sobre su tasa de incidencia. Por ello, como ya se ha comentado, dichas enfermedades, así como los agentes biológicos que las producen, no serán considerados en adelante en la aplicación del método Biogaval.

Como conclusión a todo lo expuesto en el presente apartado se han obtenido las puntuaciones que se pueden observar en las dos tablas siguientes (ver Tabla 18 y ver Tabla 19).

ENFERMEDAD	PUNTUACIÓN
DIARREA POR ESCHERICHIA COLI	2
LEGIONELOSIS	2

Tabla 18. Puntuación obtenida para cada enfermedad objeto de análisis al aplicar el método Biogaval simplificado. Fuente: Elaboración propia.

ENFERMEDAD	PUNTUACIÓN
NEUMONÍA POR KLEBSIELLA PNEUMONIAE	-
DIARREA POR ESCHERICHIA COLI	2
SALMONELOSIS	2
SHIGELOSIS	2
COLERA	1
DIARREA POR YERSINIA ENTEROCOLÍTICA	2
ACTINOMICOSIS	-
LEPTOSPIROSIS	1
LEGIONELOSIS	2
NEUMONÍA POR PSEUDOMONA AERUGINOSA	-

ENFERMEDAD	PUNTUACIÓN
TÉTANOS	2
DIARREA POR CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	-
MENINGITIS POR COXSACKIE A Ó B	-
MENINGITIS POR ECHOVIRUS	-
POLIOMIELITIS	1
HEPATITIS A	2
DIARREA POR ROTAVIRUS	-
BRONQUITIS; NEUMONÍA POR REOVIRUS	-
CANDIDIASIS	-
CRIPCOCOSIS	2
ASPERGILOSIS	-
MICOSIS POR TRICOPHYTON	-
MICOSIS POR EPIDERMOPHYTON	-
QUISTE HIDATÍDICO O AMEBIASIS	-
GIARDIASIS	2
BALANTIDIASIS	-
ASCARIDIASIS	-
ANQUILOSTOMIASIS	-

ENFERMEDAD	PUNTUACIÓN
TOXOCARIASIS POR TOXOCARA CANIS	-
TOXOCARIASIS POR TOXOCARA CARIS	-
TRICURIASIS	-
TENIASIS POR SAGINATA	-
TENIASIS POR SOLIUM	-
TOXOPLASMOSIS	-
QUISTE HIDATÍDICO	2

Tabla 19. Puntuación obtenida para cada enfermedad objeto de análisis al aplicar el método Biogaval normal. Fuente: Elaboración propia.

8.4. VACUNACIÓN

La vacunación es un aspecto muy importante que va a determinar en gran medida las consecuencias que va a producir en el organismo el contagio que se produzca con alguno de los agentes biológicos implicados en las actividades que se desarrollan en las distintas depuradoras objeto de estudio.

Por ello, es necesario primero determinar con exactitud cuales son las enfermedades provocadas por los agentes biológicos que forman parte de la aplicación del método Biogaval en el presente trabajo que en la actualidad presentan una vacuna eficaz.

Dicha información, ha sido obtenida a través de la Asociación Española de Vacunología (AEV) [16] o de la base de datos creada por el INSHT denominada BiODAT[11].

En base a lo expuesto en el manual práctico de aplicación del método, la puntuación que se asignará a cada agente biológico implicado será la que se puede observar en la Tabla 20.

VACUNACIÓN	PUNTUACIÓN
Vacunados más del 90%	4
Vacunados entre el 70 y el 90%	3
Vacunados entre el 50 y el 69%	2
Vacunados menos del 50%	1

Tabla 20. Puntuación asignada por el manual práctico del método Biogaval (edición 2018) en función del porcentaje de vacunados contra para cada enfermedad objeto de análisis. Fuente: Manual práctico método Biogaval. Edición 2018[7].

En caso de que no exista vacuna efectiva, la puntuación a asignar será siempre uno, tal y como se define en el manual práctico.

Tomando como base lo expuesto anteriormente, la información recopilada ha dado como resultado lo que puede observarse en las dos tablas siguientes (ver Tabla 21 y ver Tabla 22).

AGENTE BIOLÓGICO	VACUNACIÓN
Escherichia Coli	NO
Legionella spp	NO

Tabla 21. Relación entre el agente biológico y la presencia de vacunación efectiva o no para cada uno de los agentes implicados en la aplicación del método Biogaval simplificado. Fuente: Elaboración propia.

AGENTE BIOLÓGICO	VACUNACIÓN
Klebsiella Pneumoniae	NO
Escherichia Coli	NO
Salmonella spp	SI
Shigella spp	NO
Vibrio Cholerae	SI
Yersinia Enterocolitica	NO

AGENTE BIOLÓGICO	VACUNACIÓN
Actinomyces	NO
Leptospira Interrogans	SI
Legionella spp	NO
Pseudomona Aeruginosa	NO
Clostridium Tetani	SI
Clostridium Perfringens	NO
Coxsackie A y B	NO
Echovirus	NO
Poliovirus	SI
Virus de la Hepatitis A	SI
Rotavirus	SI
Reovirus	SI
Cándida Albicans	NO
Cryptococcus Neoformans	NO
Aspergillus spp.	NO
Tricophyton spp.	NO
Epidermophyton spp.	NO
Entamoeba Histolytica	NO
Giardia Lamblia	SI
Balantidium Coli	NO
Áscaris Lumbricoides	NO
Ancylostoma Duodenale	NO
Toxocara canis	NO
Toxocara catis	NO

AGENTE BIOLÓGICO	VACUNACIÓN
Trichuris Trichiura	NO
Taenia Saginata	NO
Taenia Solium	NO
Toxoplasma Gondii	NO
Echinococcus spp	NO

Tabla 22. Relación entre el agente biológico y la presencia de vacunación efectiva o no para cada uno de los agentes implicados en la aplicación del método Biogaval normal. Fuente: Elaboración propia.

Después de consultar con los técnicos de prevención implicados en las distintas EDAR objeto de análisis, se ha llegado a la conclusión de que el 100% de los trabajadores han sido vacunados contra el virus de la Hepatitis A y contra el Tétanos, no estando vacunado ninguno de ellos contra el resto de agentes biológicos que forman parte del análisis realizado en el presente trabajo.

Por todo ello, las puntuaciones obtenidas en el presente apartado han sido las que se muestran de manera resumida a continuación.

AGENTE BIOLÓGICO	PUNTUACIÓN
Escherichia Coli	1
Legionella spp	1

Tabla 23. Relación entre el agente biológico y la puntuación obtenida en base al porcentaje de trabajadores vacunos frente a cada uno de ellos en la aplicación del método Biogaval simplificado. Fuente: Elaboración propia.

AGENTE BIOLÓGICO	PUNTUACIÓN
Klebsiella Pneumoniae	1
Escherichia Coli	1
Salmonella spp	1

AGENTE BIOLÓGICO	PUNTUACIÓN
Shigella spp	1
Vibrio Cholerae	1
Yersinia Enterocolitica	1
Actinomyces	1
Leptospira Interrogans	1
Legionella spp	1
Pseudomona Aeruginosa	1
Clostridium Tetani	4
Clostridium Perfringens	1
Coxsackie A y B	1
Echovirus	1
Poliovirus	1
Virus de la Hepatitis A	4
Rotavirus	1
Reovirus	1
Cándida Albicans	1
Cryptococcus Neoformans	1
Aspergillus spp.	1
Tricophyton spp.	1
Epidermophyton spp.	1
Entamoeba Histolytica	1
Giardia Lamblia	1
Balantidium Coli	1
Áscaris Lumbricoides	1

AGENTE BIOLÓGICO	PUNTUACIÓN
Ancylostoma Duodenale	1
Toxocara canis	1
Toxocara catis	1
Trichuris Trichiura	1
Taenia Saginata	1
Taenia Solium	1
Toxoplasma Gondii	1
Echinococcus spp	1

Tabla 24. Relación entre el agente biológico y la puntuación obtenida en base al porcentaje de trabajadores vacunos frente a cada uno de ellos en la aplicación del método Biogaval normal. Fuente: *Elaboración propia.*

8.5. FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES QUE IMPLIQUEN RIESGO

Este parámetro, intenta cuantificar el tiempo de exposición de cada uno de los trabajadores a cada uno de los agentes biológicos.

Para poder llevar a cabo dicha cuantificación, según expone el manual práctico[7], es necesario determinar el porcentaje del total de la jornada laboral en el que cada uno de los trabajadores se encontrará expuesto o en contacto con los diferentes agentes biológicos que forman parte de la presente evaluación.

Además, según lo expuesto en el manual[7], al total de la jornada laboral es necesario descontar el total que cada uno de los empleados utiliza en tareas de tipo puramente administrativo, pausas, etc. Es decir, la cuantificación del tiempo total de la jornada se referirá siempre en cualquier caso al tiempo efectivo de la jornada laboral.

Una vez determinado dicho tiempo, se tomará como referencia para llevar a cabo la aplicación del método la puntuación que se puede observar en la tabla siguiente.

PORCENTAJE	PUNTUACIÓN
Raramente <20% del tiempo	1
Ocasionalmente 20-50% del tiempo	2
Frecuentemente 51-80% del tiempo	3
Habitualmente >80% del tiempo	4

Tabla 25. Puntuación asignada por el manual práctico del método Biogaval (edición 2018 [7] en función del porcentaje de la jornada laboral de exposición a los agentes biológicos. Fuente: Manual práctico método Biogaval. Edición 2018 [7].

En base a la información proporcionada por los distintos responsables y técnicos preventivos, así como de la visita a campo realizada a cada una de las EDAR objeto de estudio, se han determinado los tiempos de exposición que se pueden observar en la Tabla 26.

De la misma, es necesario destacar que el puesto de trabajo denominado como mixto: Jefe de Planta más Técnico de laboratorio, hace referencia a las tareas que llevan a cabo los jefes de planta de las EDAR de La Aljorra e Isla Plana-La Azohía. Dichos jefes de planta, a diferencia de la dedicación exclusiva a su puesto de trabajo de las depuradoras más grandes (Cabezo Beaza y Mar Menor), aparte de realizar las tareas propias del Jefe de Planta también llevan a cabo las labores propias de los técnicos de laboratorio. Esto es posible, debido a la escasa envergadura de dichas depuradoras que permite asumir a un único trabajador las competencias propias de ambos puestos de trabajo.

Además de lo anterior, también podría suceder que en EDAR de tamaño todavía más pequeño un mismo trabajador pueda asumir las competencias relativas a Jefe de Planta y Técnico de Laboratorio en varias EDAR de manera simultánea. Este tipo de casuísticas, conlleva consecuentemente una reducción importante en los costes de operación de cada una de dichas instalaciones.

PUESTO DE TRABAJO	DESCANSOS (min)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS (min)	OTROS (min)
JEFE DE PLANTA	30	96	354
PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO	30	200	250
TÉCNICO DE LABORATORIO	30	240	210
CAPATAZ	30	220	230
OPERARIOS DE PLANTA	30	250	210

Tabla 26. Minutos asignados a cada uno de los puestos de trabajo en función de las tareas que lleven a cabo y el tiempo de exposición a agentes biológicos. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia los minutos mostrados en la Tabla 26, se han determinado los porcentajes de exposición para cada uno de los puesto de trabajo evaluados, y las puntuaciones a asignar según lo designado por el manual práctico (ver Tabla 25). Previo a mostrar los resultados de la misma, es necesario destacar que la jornada laboral total en cada uno de los casos ha sido de 480 min (8 horas).

PUESTO DE TRABAJO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS	% JORNADA LABORAL	PUNTUACIÓN
JEFE DE PLANTA	96	21,3	2
PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO	200	44,4	2
TÉCNICO DE LABORATORIO	240	53,3	3

PUESTO DE TRABAJO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS	% JORNADA LABORAL	PUNTUACIÓN
CAPATAZ	220	48,9	2
OPERARIOS DE PLANTA	250	55,6	3

Tabla 27. Porcentaje de cada uno de los puestos de trabajo a analizar en los que presentan exposición a agentes biológicos y la puntuación obtenida en base al mismo. Fuente: Elaboración propia.

En los valores expuestos en la tabla anterior, es necesario recordar que los porcentajes de jornada laboral se han determinado considerando el tiempo de una jornada laboral efectiva, después de quitar los tiempos de descanso. Por ello, dichos porcentajes se han calculado sobre un total de jornada de 450 minutos (480-30).

8.6. MEDIDAS HIGIÉNICAS ADOPTADAS

En el manual práctico[7] se incluye un último término para la aplicación del método Biogaval que consiste en un formulario de un total de 42 preguntas que permiten valorar la influencia de las distintas medidas higiénicas.

Del total de cuestiones recogidas en el mismo, no todas son aplicables a la evaluación de los trabajadores de una EDAR. De las 42 totales que presenta el mismo, únicamente han sido consideradas en este caso un total de 31 de ellas.

Para cumplimentarlo, en este caso, se ha llevado un trabajo previo en campo en el que se han evaluado una por una de manera directa cada una de las cuestiones planteadas. Durante dicho trabajo en campo, cada una de estas cuestiones ha sido planteada a los distintos responsables técnicos y preventivos de las instalaciones objeto de análisis obteniéndose como resultado a las 31 cuestiones planteadas el que se muestra a continuación en la Tabla 28.

MEDIDA	RESPUESTA	PUNTUACIÓN
Dispone de ropa de trabajo	SÍ	1

MEDIDA	RESPUESTA	PUNTUACIÓN
Uso de ropa de trabajo	SÍ	1
Dispone de Epi's	SÍ	1
Se limpian los Epi's	SÍ	1
Se dispone de lugar para almacenar Epi's	SÍ	1
Se controla el correcto funcionamiento de Epi's	SÍ	1
Limpieza de ropa de trabajo por el empresariado	SÍ	1
Se dispone de doble taquilla	SÍ	1
Se dispone de aseos	SÍ	1
Se dispone de duchas	SÍ	1
Se dispone de sistema para lavado de manos	SÍ	1
Se dispone de sistema para lavado de ojos	SÍ	1
Se prohíbe comer o beber	SÍ	1
Se prohíbe fumar	SÍ	1
Se dispone de tiempo para el aseo antes de abandonar la Zona de riesgo dentro de la jornada	SÍ	1
Hay métodos de limpieza de equipos de trabajo	SÍ	1
Se aplican procedimientos de desinfección	SÍ	1

MEDIDA	RESPUESTA	PUNTUACIÓN
Se aplican procedimientos de desinsectación	SÍ	1
Se aplican procedimientos de desratización	SÍ	1
Existe material de primeros auxilios en cantidad suficiente (Anexo VI Real Decreto 486/97)	SÍ	1
Se dispone de local para atender primeros auxilios	NO	0
Hay procedimientos de trabajo que minimicen o eviten la diseminación aérea de los agentes biológicos en el lugar de trabajo	NO	0
Hay procedimientos de trabajo que minimicen o eviten la diseminación de los agentes biológicos en el lugar de trabajo a través de fómites	NO	0
Hay procedimientos de gestión de residuos	SÍ	1
Hay procedimientos para el transporte interno de muestras	SÍ	1
Han recibido los trabajadores la formación requerida por el Real Decreto 664/97	SÍ	1
Han sido informados los trabajadores sobre los aspectos regulados en el Real Decreto 664/97	SÍ	1
Se realiza vigilancia de la salud previa a la exposición de los trabajadores a agentes biológicos	SÍ	1

MEDIDA	RESPUESTA	PUNTUACIÓN
Se realiza periódicamente vigilancia de la salud	SÍ	1
Hay un registro y control de mujeres embarazadas	SÍ	1
Se toman medidas específicas para el personal especialmente sensible	SÍ	1
	TOTAL	28

Tabla 28. Resultados obtenidos como respuesta al cuestionario de medidas higiénicas planteado en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

Para poder obtener la puntuación total del presente apartado es necesario calcular el porcentaje total de respuestas afirmativas respecto del total de respuestas planteadas. En este caso, de las 31 respuestas planteadas 28 de ellas han tenido una respuesta afirmativa. Por ello, en este caso el resultado obtenido ha sido el siguiente:

$$\% \text{ respuestas afirmativas} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ respuestas afirmativas}}{\text{n}^{\circ} \text{ de preguntas planteadas}} \times 100 = \frac{28}{31} \times 100 = 90,32\%$$

En base a dicho resultado, según la puntuación equivalente de la edición 2018 del manual práctico de aplicación del método Biogaval en el presente apartado **se han de asignar un total de 2 puntos** (entre el 80 y el 95%) a restar en la aplicación de la formulación general del método.

9. RESULTADOS OBTENIDOS

En el presente apartado, se van a exponer los resultados obtenidos en base a lo definido en la metodología expuesta en las distintas ediciones de los manuales de aplicación del método Biogaval.

En primer lugar, se expondrán los resultados de aplicar la metodología expuesta en la última edición de dicho manual (edición 2018)[7], que es la actualmente vigente y entorno a la que se ha llevado a cabo principalmente el desarrollo del presente trabajo.

Pese a ello, y como método de comparación de las distintas metodologías contempladas en las distintas ediciones de los manuales prácticos, se ha decidido también llevar a cabo la aplicación del método Biogaval según las tres ediciones anteriores a la actual (2004, 2010 y 2013) [4,5 y 6].

Para evitar un desarrollo demasiado extenso del presente trabajo únicamente se procederá a mostrar los resultados obtenidos en cada una de las metodologías de manera resumida, haciéndose posteriormente una valoración de los resultados comparativos entre cada una de ellas. Con todo ello, se pretende poner en el contexto adecuado de aplicación del método la evolución que ha presentado hasta la actualidad la metodología aplicada.

Además, dicha metodología comparativa se realizará únicamente sobre el puesto de trabajo de Operario de Planta, que es el que presenta una situación más desfavorable en lo relativo a su exposición a los agentes biológicos.

9.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2018

9.1.1. Cálculo del nivel de riesgo biológico.

El nivel de riesgo biológico a aplicar se obtiene mediante la aplicación de la siguiente formulación:

$$R = G + T + P + F - V - MH$$

Siendo

R = El nivel de riesgo.

G = El grupo al que pertenece cada agente biológico.

T = El tipo de vía de transmisión de cada agente biológico.

P = La probabilidad de contacto en base a la tasa de influencia.

F = Frecuencia de realización de tareas de riesgo en base al tiempo de exposición de cada trabajador.

V = La disponibilidad o no de vacunación efectiva.

MH = La puntuación obtenida de la aplicación de cuestionario sobre medidas higiénicas.

En base a todo anterior, los **resultados obtenidos para la aplicación del método Biogaval simplificado han sido los siguientes:**

MÉTODO BIOGAVAL SIMPLIFICADO								
PUESTO DE TRABAJO	AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	M H	NIVEL DE RIESGO
JEFE DE PLANTA	Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
	Legionella Pneumophila	2	2	2	2	1	2	5
PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO	Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
	Legionella Pneumophila	2	2	2	2	1	2	5
TÉCNICO DE LABORATORIO	Escherichia Coli	3	2	2	3	1	2	7
	Legionella Pneumophila	2	2	2	3	1	2	6
CAPATAZ	Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
	Legionella Pneumophila	2	2	2	2	1	2	5
OPERARIOS DE PLANTA	Escherichia Coli	3	2	2	3	1	2	7
	Legionella Pneumophila	2	2	2	3	1	2	6

Tabla 29. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval simplificado a cada uno de los puestos de trabajo objeto de análisis en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como **RESULTADO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL NORMAL** los resultados obtenidos para cada puesto de trabajo han sido los que se muestran a continuación.

JEFE DE PLANTA.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL JEFE DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	2	2	-	2	1	2	-
Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
Salmonella spp	3	1	2	2	1	2	5
Shigella spp	3	2	2	2	1	2	6
Vibrio Cholerae	2	1	1	2	1	2	3
Yersinia Enterocolitica	2	2	2	2	1	2	5
Actinomyces	2	1	-	2	1	2	-
Leptospira Interrogans	2	4	1	2	1	2	6
Legionella spp	2	2	2	2	1	2	5
Pseudomona Aeruginosa	2	3	-	2	1	2	-
Clostridium Tetani	2	1	2	2	4	2	1
Clostridium Perfringens	2	1	-	2	1	2	-
Coxsackie A y B	2	2	-	2	1	2	-
Echovirus	2	3	-	2	1	2	-
Poliovirus	2	2	1	2	1	2	4
Virus de la Hepatitis A	2	2	2	2	4	2	2
Rotavirus	2	2	-	2	1	2	-
Reovirus	2	2	-	2	1	2	-
Cándida Albicans	2	1	-	2	1	2	-
Cryptococcus Neoformans	2	2	2	2	1	2	5
Aspergillus spp.	2	3	-	2	1	2	-
Tricophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Epidermophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Entamoeba Histolytica	2	2	-	2	1	2	-
Giardia Lamblia	2	2	2	2	1	2	5
Balantidium Coli	2	1	-	2	1	2	-
Áscaris Lumbricoides	2	2	-	2	1	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL JEFE DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Ancylostoma Duodenale	2	2	-	2	1	2	-
Toxocara canis	2	1	-	2	1	2	-
Toxocara cati	2	1	-	2	1	2	-
Trichuris Trichiura	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Saginata	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Solium	3	2	-	2	1	2	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	2	1	2	-
Echinococcus spp	3	1	2	2	1	2	5
MAX= 6							

Tabla 30. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal al puesto de trabajo de Jefe de Planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL PUESTO MIXTO							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	2	2	-	2	1	2	-
Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
Salmonella spp	3	1	2	2	1	2	5
Shigella spp	3	2	2	2	1	2	6
Vibrio Cholerae	2	1	1	2	1	2	3
Yersinia Enterocolitica	2	2	2	2	1	2	5
Actinomyces	2	1	-	2	1	2	-
Leptospira Interrogans	2	4	1	2	1	2	6
Legionella spp	2	2	2	2	1	2	5
Pseudomona Aeruginosa	2	3	-	2	1	2	-
Clostridium Tetani	2	1	2	2	4	2	1
Clostridium Perfringens	2	1	-	2	1	2	-
Coxsackie A y B	2	2	-	2	1	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL PUESTO MIXTO							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Echovirus	2	3	-	2	1	2	-
Poliovirus	2	2	1	2	1	2	4
Virus de la Hepatitis A	2	2	2	2	4	2	2
Rotavirus	2	2	-	2	1	2	-
Reovirus	2	2	-	2	1	2	-
Cándida Albicans	2	1	-	2	1	2	-
Cryptococcus Neoformans	2	2	2	2	1	2	5
Aspergillus spp.	2	3	-	2	1	2	-
Tricophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Epidermophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Entamoeba Histolytica	2	2	-	2	1	2	-
Giardia Lamblia	2	2	2	2	1	2	5
Balantidium Coli	2	1	-	2	1	2	-
Áscaris Lumbricoides	2	2	-	2	1	2	-
Ancylostoma Duodenale	2	2	-	2	1	2	-
Toxocara canis	2	1	-	2	1	2	-
Toxocara catis	2	1	-	2	1	2	-
Trichuris Trichiura	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Saginata	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Solium	3	2	-	2	1	2	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	2	1	2	-
Echinococcus spp	3	1	2	2	1	2	5
MAX= 6							

Tabla 31. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal al puesto de trabajo mixto de Jefe de Planta + Técnico de laboratorio en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

TÉCNICO DE LABORATORIO.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL TÉC. DE LABORATORIO							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	2	2	-	3	1	2	-
Escherichia Coli	3	2	2	3	1	2	7
Salmonella spp	3	1	2	3	1	2	6
Shigella spp	3	2	2	3	1	2	7
Vibrio Cholerae	2	1	1	3	1	2	4
Yersinia Enterocolitica	2	2	2	3	1	2	6
Actinomyces	2	1	-	3	1	2	-
Leptospira Interrogans	2	4	1	3	1	2	7
Legionella spp	2	2	2	3	1	2	6
Pseudomona Aeruginosa	2	3	-	3	1	2	-
Clostridium Tetani	2	1	2	3	4	2	2
Clostridium Perfringens	2	1	-	3	1	2	-
Coxsackie A y B	2	2	-	3	1	2	-
Echovirus	2	3	-	3	1	2	-
Poliovirus	2	2	1	3	1	2	5
Virus de la Hepatitis A	2	2	2	3	4	2	3
Rotavirus	2	2	-	3	1	2	-
Reovirus	2	2	-	3	1	2	-
Cándida Albicans	2	1	-	3	1	2	-
Cryptococcus Neoformans	2	2	2	3	1	2	6
Aspergillus spp.	2	3	-	3	1	2	-
Tricophyton spp.	2	2	-	3	1	2	-
Epidermophyton spp.	2	2	-	3	1	2	-
Entamoeba Histolytica	2	2	-	3	1	2	-
Giardia Lamblia	2	2	2	3	1	2	6
Balantidium Coli	2	1	-	3	1	2	-
Áscaris Lumbricoides	2	2	-	3	1	2	-
Ancylostoma Duodenale	2	2	-	3	1	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL TÉC. DE LABORATORIO							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Toxocara canis	2	1	-	3	1	2	-
Toxocara catis	2	1	-	3	1	2	-
Trichuris Trichiura	2	1	-	3	1	2	-
Taenia Saginata	2	1	-	3	1	2	-
Taenia Solium	3	2	-	3	1	2	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	3	1	2	-
Echinococcus spp	3	1	2	3	1	2	6
MAX= 7							

Tabla 32. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal para el puesto de Técnico de laboratorio en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

CAPATAZ.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL CAPATAZ							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	2	2	-	2	1	2	-
Escherichia Coli	3	2	2	2	1	2	6
Salmonella spp	3	1	2	2	1	2	5
Shigella spp	3	2	2	2	1	2	6
Vibrio Cholerae	2	1	1	2	1	2	3
Yersinia Enterocolitica	2	2	2	2	1	2	5
Actinomyces	2	1	-	2	1	2	-
Leptospira Interrogans	2	4	1	2	1	2	6
Legionella spp	2	2	2	2	1	2	5
Pseudomona Aeruginosa	2	3	-	2	1	2	-
Clostridium Tetani	2	1	2	2	4	2	1
Clostridium Perfringens	2	1	-	2	1	2	-
Coxsackie A y B	2	2	-	2	1	2	-
Echovirus	2	3	-	2	1	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL CAPATAZ							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Poliovirus	2	2	1	2	1	2	4
Virus de la Hepatitis A	2	2	2	2	4	2	2
Rotavirus	2	2	-	2	1	2	-
Reovirus	2	2	-	2	1	2	-
Cándida Albicans	2	1	-	2	1	2	-
Cryptococcus Neoformans	2	2	2	2	1	2	5
Aspergillus spp.	2	3	-	2	1	2	-
Tricophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Epidermophyton spp.	2	2	-	2	1	2	-
Entamoeba Histolytica	2	2	-	2	1	2	-
Giardia Lamblia	2	2	2	2	1	2	5
Balantidium Coli	2	1	-	2	1	2	-
Áscaris Lumbricoides	2	2	-	2	1	2	-
Ancylostoma Duodenale	2	2	-	2	1	2	-
Toxocara canis	2	1	-	2	1	2	-
Toxocara cati	2	1	-	2	1	2	-
Trichuris Trichiura	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Saginata	2	1	-	2	1	2	-
Taenia Solium	3	2	-	2	1	2	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	2	1	2	-
Echinococcus spp	3	1	2	2	1	2	5
MAX= 6							

Tabla 33. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal al puesto de trabajo de Capataz en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

OPERARIO DE PLANTA.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	2	2	-	3	1	2	-
Escherichia Coli	3	2	2	3	1	2	7
Salmonella spp	3	1	2	3	1	2	6
Shigella spp	3	2	2	3	1	2	7
Vibrio Cholerae	2	1	1	3	1	2	4
Yersinia Enterocolitica	2	2	2	3	1	2	6
Actinomyces	2	1	-	3	1	2	-
Leptospira Interrogans	2	4	1	3	1	2	7
Legionella spp	2	2	2	3	1	2	6
Pseudomona Aeruginosa	2	3	-	3	1	2	-
Clostridium Tetani	2	1	2	3	4	2	2
Clostridium Perfringens	2	1	-	3	1	2	-
Coxsackie A y B	2	2	-	3	1	2	-
Echovirus	2	3	-	3	1	2	-
Poliovirus	2	2	1	3	1	2	5
Virus de la Hepatitis A	2	2	2	3	4	2	3
Rotavirus	2	2	-	3	1	2	-
Reovirus	2	2	-	3	1	2	-
Cándida Albicans	2	1	-	3	1	2	-
Cryptococcus Neoformans	2	2	2	3	1	2	6
Aspergillus spp.	2	3	-	3	1	2	-
Tricophyton spp.	2	2	-	3	1	2	-
Epidermophyton spp.	2	2	-	3	1	2	-
Entamoeba Histolytica	2	2	-	3	1	2	-
Giardia Lamblia	2	2	2	3	1	2	6
Balantidium Coli	2	1	-	3	1	2	-
Áscaris Lumbricoides	2	2	-	3	1	2	-
Ancylostoma Duodenale	2	2	-	3	1	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	G	T	P	F	V	MH	NIVEL DE RIESGO
Toxocara canis	2	1	-	3	1	2	-
Toxocara catis	2	1	-	3	1	2	-
Trichuris Trichiura	2	1	-	3	1	2	-
Taenia Saginata	2	1	-	3	1	2	-
Taenia Solium	3	2	-	3	1	2	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	3	1	2	-
Echinococcus spp	3	1	2	3	1	2	6
							MAX= 7

Tabla 34. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal al puesto de Operario de Planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

9.1.2. Niveles de riesgo biológico.

En base a los resultados mostrados en el apartado anterior, se han obtenido unos niveles de riesgo máximo para cada uno de los apartados. Pese a ello, es necesario determinar una escala de valores a partir de los cuales los valores obtenidos requieran llevar a cabo una serie de acciones para solventar deficiencias.

Para poder llevar a cabo dicha interpretación, la edición 2018 del manual práctico[7] da una serie de valores a partir de los cuales se necesitan solventar las deficiencias detectadas. Previo a ello es necesario poner de relevancia que, como bien viene reflejado en dicho manual, dicho método fue validado previamente para la actividad objeto de análisis (la misma está contenida en el Anexo I del RD 664/97[2]).

En dicha validación, se definieron dos niveles de riesgo diferentes denominados de la siguiente forma:

- Nivel de acción biológica (en adelante NAB).
- Límite de exposición biológica (en adelante LEB).

El **Nivel de Acción Biológica**, se definió como aquel nivel a partir del que deben llevarse a cabo medidas preventivas para reducir el nivel de exposición aunque la misma no llegue a considerarse un riesgo no tolerable. Dicho nivel de exposición, se considera una situación manifiestamente mejorable en la que se deberán realizar una serie de recomendaciones

actuando sobre todo en las medidas higiénicas, la utilización de profilaxis o la reducción de los tiempos de exposición. Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **8**.

Por otro lado, el **Límite de Exposición Biológica** es aquel valor que no debe sobrepasarse bajo ninguna circunstancia, ya que el mismo supone un elevado peligro para la salud de los puestos de trabajo objeto de análisis. Dicho límite, conlleva un riesgo intolerable que implica la realización de acciones correctoras con carácter inmediato. Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **12**.

En este caso, los resultados obtenidos para cada uno de los diferentes puestos de trabajo aplicando los métodos de Biogaval simplificado y Biogaval Normal, atendiendo a la edición 2018 del manual práctico[7], han sido los que pueden observarse en las dos tablas siguientes (ver Tabla 35 y ver Tabla 36).

MÉTODO BIOGAVAL SIMPLIFICADO	
PUESTO DE TRABAJO	NIVEL DE RIESGO
JEFE DE PLANTA	6
PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO	6
TÉCNICO DE LABORATORIO	7
CAPATAZ	6
OPERARIOS DE PLANTA	7

Tabla 35. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval simplificado a cada uno de los puestos de trabajo objeto de análisis en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL	
PUESTO DE TRABAJO	NIVEL DE RIESGO
JEFE DE PLANTA	6
PUESTO MIXTO: JEFE DE PLANTA+TÉCNICO DE LABORATORIO	6
TÉCNICO DE LABORATORIO	7
CAPATAZ	6
OPERARIOS DE PLANTA	7

Tabla 36. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval Normal a cada uno de los puestos de trabajo objeto de análisis en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2018[7]. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar viendo las dos tablas anteriores, **los resultados obtenidos mediante la aplicación del método Biogaval simplificado y el método Biogaval Normal son completamente equivalentes, por lo que en este caso la metodología simplificada ha demostrado ser completamente válida para los puestos objeto de análisis y una gran herramienta que facilita el proceso de evaluación del riesgo biológico.**

En este caso, **en ninguno de los puestos de trabajo que se llevan a cabo en las cuatro depuradoras**, que han sido objeto de análisis en el presente trabajo, **ha alcanzado el Nivel de Acción Biológica** (el valor máximo obtenido ha sido 7 y dicho nivel es 8). Por ello, **se considera que EL NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO obtenido ha sido ACEPTABLE** y no ha puesto de manifiesto una situación claramente mejorable en la que se deberían realizar una serie de recomendaciones.

Pese a lo anterior, en el Apartado 10 del presente trabajo se elaborará un análisis más detallado de las distintas medidas preventivas que podrían emplearse para reducir el nivel de riesgo biológico obtenido en este caso.

9.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2013

A continuación, se procede a exponer de manera breve y con objeto de realizar un análisis comparativo los resultados obtenidos de aplicar la metodología expuesta por la edición 2013 del manual práctico del método Biogaval [6].

Para que los resultados obtenidos sean lo más representativos posibles en dicha comparación, como se ha mencionado anteriormente, se ha decidido emplear únicamente el puesto de trabajo más desfavorable de los analizados en el presente trabajo. Dicho puesto de trabajo, es el correspondiente a los Operarios de Planta. Por ello, en todo caso los niveles de riesgo biológico mostrados a continuación se corresponderán con los relativos a dicho puesto de trabajo.

9.2.1. Cálculo del nivel de riesgo biológico.

El nivel de riesgo biológico a aplicar se obtiene mediante la aplicación de la siguiente formulación:

$$R = (D \times V) + T + I + F$$

Siendo

R = El nivel de riesgo.

D = El daño menos la puntuación obtenida de la aplicación de cuestionario sobre medidas higiénicas.

V = La disponibilidad o no de vacunación efectiva.

T = El tipo de vía de transmisión de cada agente biológico.

G = El grupo al que pertenece cada agente biológico.

I = La probabilidad de contacto en base a la tasa de influencia.

F = Frecuencia de realización de tareas de riesgo en base al tiempo de exposición de cada trabajador.

En base a todo anterior, los **resultados obtenidos para la aplicación del método Biogaval simplificado han sido los siguientes:**

MÉTODO BIOGAVAL SIMPLIFICADO								
PUESTO DE TRABAJO	AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
OPERARIOS DE PLANTA	Escherichia Coli	1	2	2	3	5	1	12
	Legionella Pneumophila	1	2	3	3	5	1	13

Tabla 37. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval simplificado a los operarios de planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2013[6]. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como **RESULTADO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL NORMAL** los resultados obtenidos para el puesto de trabajo de operario de planta han sido los que se muestran a continuación.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA								
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO	
Klebsiella Pneumoniae	1	2	-	3	5	1	-	
Escherichia Coli	1	2	2	3	5	1	12	
Salmonella spp	1	1	4	3	4	1	12	
Shigella spp	2	2	2	3	5	1	12	
Vibrio Cholerae	5	1	1	3	4	3	17	
Yersinia Enterocolitica	1	2	2	3	5	1	12	
Actinomyces	1	1	-	3	5	1	-	
Leptospira Interrogans	2	5	1	3	4	1	13	
Legionella Pneumophila	1	2	3	3	5	1	13	

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Pseudomona Aeruginosa	1	4	-	3	5	1	-
Clostridium Tetani	2	1	1	3	1	1	6
Clostridium Perfringens	1	1	-	3	5	1	-
Coxsackie A y B	4	2	-	3	5	2	-
Echovirus	4	4	-	3	5	2	-
Poliovirus	4	2	1	3	4	2	14
Virus de la Hepatitis A	2	2	3	3	1	1	9
Rotavirus	1	2	-	3	4	1	-
Reovirus	1	2	-	3	4	1	-
Cándida Albicans	1	1	-	3	5	1	-
Cryptococcus Neoformans	4	3	2	3	5	2	18
Aspergillus spp.	-	4	-	3	5	1	-
Tricophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Epidermophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Entamoeba Histolytica	1	2	-	3	5	1	-
Giardia Lamblia	1	2	3	3	4	1	12
Balantidium Coli	2	1	-	3	5	1	-
Áscaris Lumbricoides	-	2	-	3	5	1	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Ancylostoma Duodenale	1	2	-	3	5	1	-
Toxocara canis	4	1	-	3	5	2	-
Toxocara catis	4	1	-	3	5	2	-
Trichuris Trichiura	1	1	-	3	5	1	-
Taenia Saginata	1	1	-	3	5	1	-
Taenia Solium	1	2	-	3	5	1	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	3	5	1	-
Echinococcus spp	1	1	2	3	5	1	11
Virus de la influenza	1	2	5	3	4	1	14
Adenovirus	1	1	-	3	5	1	-
Parvovirus	1	5	5	3	5	1	18
Coronavirus	1	4	5	3	5	1	17
Fasciola Hepatica	1	1	-	3	5	1	-
Hymenolepis nana	1	2	-	3	5	1	-
MAX= 18							

Tabla 38. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal a los operarios de planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2013[6].

Fuente: Elaboración propia.

9.2.2. Niveles de riesgo biológico.

En base a los resultados mostrados en el apartado anterior, se han obtenido unos niveles de riesgo máximo para cada uno de los apartados. Pese a ello, es necesario determinar una escala de valores a partir de los cuales los valores obtenidos requieran llevar a cabo una serie de acciones para solventar deficiencias.

Para poder llevar a cabo dicha interpretación, la edición 2013 del manual práctico[6] da una serie de valores a partir de los cuales se necesitan solventar las deficiencias detectadas.

Dichos límites, como ya se ha mencionado anteriormente son

- Nivel de Acción Biológica (NAB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **12**.
- Límite de exposición biológica (LEB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **17**.

En este caso, los resultados obtenidos ponen de manifiesto una serie de discrepancias entre el método simplificado y el normal.

Por un lado, el resultado obtenido mediante la aplicación del **método Biogaval simplificado ha sido de 13. Dicho valor se encuentra por encima del NAB pero por debajo del LEB,** por lo que requeriría de realizar una serie de recomendaciones actuando sobre todo en las medidas higiénicas, la utilización de profilaxis o la reducción de los tiempos de exposición.

Sin embargo, el resultado obtenido mediante la aplicación **del método Biogaval normal ha sido de 18. Dicho valor se localiza por encima del LEB,** lo que conlleva un riesgo intolerable que implica la realización de acciones correctoras con carácter inmediato.

Dichos valores, han puesto de manifiesto una serie de discrepancias entre el método simplificado y el normal que muestran la necesidad de modificar ambas formulaciones para su adaptación al caso objeto de estudio.

9.3. APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2010

A continuación, se procede a exponer de manera breve y con objeto de realizar un análisis comparativo los resultados obtenidos de aplicar la metodología expuesta por la edición 2010 del manual práctico del método Biogaval [5].

Para que los resultados obtenidos sean los más representativos posibles en dicha comparación, como se ha mencionado anteriormente, se ha decidido emplear únicamente el puesto de trabajo más desfavorable de los analizados en el presente trabajo. Dicho puesto de trabajo, es el correspondiente a los Operarios de Planta. Por ello, en todo caso los niveles de riesgo biológico mostrados a continuación se corresponderán con los relativos a dicho puesto de trabajo.

9.3.1. Cálculo del nivel de riesgo biológico.

El nivel de riesgo biológico a aplicar se obtiene mediante la aplicación de la siguiente formulación:

$$R = (D \times V) + T + I + F$$

Siendo

R = El nivel de riesgo.

D = El daño menos la puntuación obtenida de la aplicación de cuestionario sobre medidas higiénicas.

V = La disponibilidad o no de vacunación efectiva.

T = El tipo de vía de transmisión de cada agente biológico.

G = El grupo al que pertenece cada agente biológico.

I = La probabilidad de contacto en base a la tasa de influencia.

F = Frecuencia de realización de tareas de riesgo en base al tiempo de exposición de cada trabajador.

En base a todo anterior, los **resultados obtenidos** como **RESULTADO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL NORMAL** han sido los que se muestran a continuación.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	1	2	-	3	5	1	-
Escherichia Coli	1	2	2	3	5	1	12
Salmonella spp	1	1	4	3	4	1	12
Shigella spp	2	2	2	3	5	1	12
Vibrio Cholerae	5	1	1	3	4	3	17
Yersinia Enterocolitica	1	2	2	3	5	1	12
Actinomyces	1	1	-	3	5	1	-
Leptospira Interrogans	2	5	1	3	4	1	13
Legionella Pneumophila	1	2	3	3	5	1	13
Pseudomona Aeruginosa	1	4	-	3	5	1	-
Clostridium Tetani	2	1	1	3	1	1	6
Clostridium Perfringens	1	1	-	3	5	1	-
Coxsackie A y B	4	2	-	3	5	2	-
Echovirus	4	4	-	3	5	2	-
Poliovirus	4	2	1	3	4	2	14
Virus de la Hepatitis A	2	2	3	3	1	1	9
Rotavirus	1	2	-	3	4	1	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Reovirus	1	2	-	3	4	1	-
Cándida Albicans	1	1	-	3	5	1	-
Cryptococcus Neoformans	4	3	2	3	5	2	18
Aspergillus spp.	-	4	-	3	5	1	-
Tricophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Epidermophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Entamoeba Histolytica	1	2	-	3	5	1	-
Giardia Lamblia	1	2	3	3	4	1	12
Balantidium Coli	2	1	-	3	5	1	-
Áscaris Lumbricoides	-	2	-	3	5	1	-
Ancylostoma Duodenale	1	2	-	3	5	1	-
Toxocara canis	4	1	-	3	5	2	-
Toxocara catis	4	1	-	3	5	2	-
Trichuris Trichiura	1	1	-	3	5	1	-
Taenia Saginata	1	1	-	3	5	1	-
Taenia Solium	1	2	-	3	5	1	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	3	5	1	-
Echinococcus spp	1	1	2	3	5	1	11

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Virus de la influenza	1	2	5	3	4	1	14
Adenovirus	1	1	-	3	5	1	-
Parvovirus	1	5	5	3	5	1	18
Coronavirus	1	4	5	3	5	1	17
Mycobacterium tuberculosis	2	4	3	3	4	1	14
Bacillus Anthracis	4	5	1	3	4	2	17
Clostridium botulinum	4	4	1	3	5	2	18
MAX= 18							

Tabla 39. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal a los operarios de planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2010[5].

Fuente: Elaboración propia.

9.3.2. Niveles de riesgo biológico.

En base a los resultados mostrados en el apartado anterior, se han obtenido unos niveles de riesgo máximo. Pese a ello, es necesario determinar una escala de valores a partir de los cuales los valores obtenidos requieran llevar a cabo una serie de acciones para solventar deficiencias.

Para poder llevar a cabo dicha interpretación, la edición 2010 del manual práctico[5] da una serie de valores a partir de los cuales se necesitan solventar las deficiencias detectadas.

Dichos límites, como ya se ha mencionado anteriormente son

- Nivel de Acción Biológica (NAB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **12**.

- Límite de exposición biológica (LEB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **17**.

En este caso, el resultado obtenido mediante la aplicación **del método Biogaval normal ha sido de 18. Dicho valor se localiza por encima del LEB**, lo que conlleva un riesgo intolerable que implica la realización de acciones correctoras con carácter inmediato.

9.4. APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPUESTO EN LA EDICIÓN 2004

A continuación, se procede a exponer de manera breve y con objeto de realizar un análisis comparativo los resultados obtenidos de aplicar la metodología expuesta por la edición 2004 del manual práctico del método Biogaval[4].

Para que los resultados obtenidos sean los más representativos posibles en dicha comparación, como se ha mencionado anteriormente, se ha decidido emplear únicamente el puesto de trabajo más desfavorable de los analizados en el presente trabajo. Dicho puesto de trabajo, es el correspondiente a los Operarios de Planta. Por ello, en todo caso los niveles de riesgo biológico mostrados a continuación se corresponderán con los relativos a dicho puesto de trabajo.

9.4.1. Cálculo del nivel de riesgo biológico.

El nivel de riesgo biológico a aplicar se obtiene mediante la aplicación de la siguiente formulación:

$$R = (D \times V) + T + I + F$$

Siendo

R = El nivel de riesgo.

D = El daño menos la puntuación obtenida de la aplicación de cuestionario sobre medidas higiénicas.

V = La disponibilidad o no de vacunación efectiva.

T = El tipo de vía de transmisión de cada agente biológico.

G = El grupo al que pertenece cada agente biológico.

I = La probabilidad de contacto en base a la tasa de influencia.

F = Frecuencia de realización de tareas de riesgo en base al tiempo de exposición de cada trabajador.

En base a todo anterior, los **resultados obtenidos** como **RESULTADO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO BIOGAVAL NORMAL** han sido los que se muestran a continuación.

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Klebsiella Pneumoniae	1	2	-	3	5	1	-
Escherichia Coli	1	2	2	3	5	1	12
Salmonella spp	1	1	4	3	4	1	12
Shigella spp	2	2	2	3	5	1	12
Vibrio Cholerae	5	1	1	3	4	3	17
Yersinia Enterocolitica	1	2	2	3	5	1	12
Actinomyces	1	1	-	3	5	1	-
Leptospira Interrogans	2	5	1	3	4	1	13
Legionella Pneumophila	1	2	3	3	5	1	13
Pseudomona Aeruginosa	1	4	-	3	5	1	-
Clostridium Tetani	2	1	1	3	1	1	6
Clostridium Perfringens	1	1	-	3	5	1	-
Coxsackie A y B	4	2	-	3	5	2	-
Echovirus	4	4	-	3	5	2	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Poliovirus	4	2	1	3	4	2	14
Virus de la Hepatitis A	2	2	3	3	1	1	9
Rotavirus	1	2	-	3	4	1	-
Reovirus	1	2	-	3	4	1	-
Cándida Albicans	1	1	-	3	5	1	-
Cryptococcus Neoformans	4	3	2	3	5	2	18
Aspergillus spp.	-	4	-	3	5	1	-
Tricophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Epidermophyton spp.	1	2	-	3	5	1	-
Entamoeba Histolytica	1	2	-	3	5	1	-
Giardia Lamblia	1	2	3	3	4	1	12
Balantidium Coli	2	1	-	3	5	1	-
Áscaris Lumbricoides	-	2	-	3	5	1	-
Ancylostoma Duodenale	1	2	-	3	5	1	-
Toxocara canis	4	1	-	3	5	2	-
Toxocara catis	4	1	-	3	5	2	-
Trichuris Trichiura	1	1	-	3	5	1	-
Taenia Saginata	1	1	-	3	5	1	-

MÉTODO BIOGAVAL NORMAL PARA EL OPERARIO DE PLANTA							
AGENTE BIOLÓGICO	D	T	I	F	V	Dcorregida	NIVEL DE RIESGO
Taenia Solium	1	2	-	3	5	1	-
Toxoplasma Gondii	2	3	-	3	5	1	-
Echinococcus spp	1	1	2	3	5	1	11
Virus de la influenza	1	2	5	3	4	1	14
Adenovirus	1	1	-	3	5	1	-
Parvovirus	1	5	5	3	5	1	18
Coronavirus	1	4	5	3	5	1	17
Mycobacterium tuberculosis	2	4	3	3	4	1	14
Bacillus Anthracis	4	5	1	3	4	2	17
Clostridium botulinum	4	4	1	3	5	2	18
Hymenolepis nana	1	2	-	3	5	1	-
MAX= 18							

Tabla 40. Resultados obtenidos de la aplicación del método Biogaval normal a los operarios de planta en base a la metodología expuesta en el Manual práctico del método Biogaval de la Edición 2004[4].

Fuente: Elaboración propia.

9.4.2. Niveles de riesgo biológico.

En base a los resultados mostrados en el apartado anterior, se han obtenido unos niveles de riesgo máximo. Pese a ello, es necesario determinar una escala de valores a partir de los cuales los valores obtenidos requieran llevar a cabo una serie de acciones para solventar deficiencias.

Para poder llevar a cabo dicha interpretación, la edición 2004 del manual práctico[4] da una serie de valores a partir de los cuales se necesitan solventar las deficiencias detectadas.

Dichos límites, como ya se ha mencionado anteriormente son

- Nivel de Acción Biológica (NAB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **12**.
- Límite de exposición biológica (LEB). Dicho valor, se ha cifrado con un nivel de riesgo equivalente de **17**.

En este caso, el resultado obtenido mediante la aplicación **del método Biogaval normal ha sido de 18. Dicho valor se localiza por encima del LEB**, lo que conlleva un riesgo intolerable que implica la realización de acciones correctoras con carácter inmediato.

9.5. COMPARATIVA DE RESULTADOS DE LAS DISTINTAS VERSIONES DEL MÉTODO BIOGAVAL

A continuación, se procede a realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las distintas versiones del método Biogaval desde su nacimiento con la primera edición del manual práctico en el año 2004[4] hasta la última versión de dicho manual en el año 2018[7].

El resumen de los distintos resultados obtenidos se puede sintetizar de la siguiente forma:

- La aplicación del método Biogaval, definido en la edición 2004 del manual práctico[4], ha dado como resultado un nivel de riesgo biológico por encima del Límite de exposición biológica.
- La aplicación del método Biogaval, definido en la edición 2010 del manual práctico[5], ha dado como resultado un nivel de riesgo biológico por encima del Límite de exposición biológica.
- La aplicación del método Biogaval normal, definido en la edición 2013 del manual práctico[6], ha dado como resultado un nivel de riesgo biológico por encima del Límite de exposición biológica. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante la aplicación del método Biogaval simplificado definido también en dicha edición ha

dado como resultado un nivel de riesgo biológico por encima del Nivel de Acción Biológica pero por debajo del Límite de exposición biológica.

- La aplicación de los métodos Biogaval normal y simplificado, definidos en la edición 2018 del manual práctico[7], ha dado como resultado un nivel de riesgo biológico por debajo del Nivel de Acción Biológica en todos los casos.

Los resultados expuestos, han puesto de manifiesto una serie de divergencias en los resultados obtenidos que da lugar a conclusiones muy dispares en función de la versión del manual práctico que se emplee.

Los distintos cambios que han ido produciéndose en la aplicación del método Biogaval a lo largo de las distintas ediciones han generado una disminución importante de la valoración del riesgo biológico que se produce para el análisis de un mismo puesto de trabajo.

Dicha afirmación se produce como resultado de las siguientes características de aplicación de los distintos métodos que se han detectado durante el desarrollo del presente trabajo:

- Los cambios que se producen entre la metodología de la edición 2004 del manual[4] y la edición 2010[5] han sido mínimos, únicamente se ha eliminado el agente biológico *Hymenolepis nana* causante de la Teniasis del listado de agentes biológicos a analizar, permaneciendo el resto de metodología sin alteraciones significativas.
- Los cambios que se producen entre la metodología del método biogaval normal de la edición 2010[5] del manual y la edición 2013[6] han sido pequeños. Por ejemplo, se han detectado una serie de cambios entre los agentes biológicos a analizar, incluyendo algunos y eliminando otros. Sin embargo, la metodología general de aplicación del método ha permanecido sin alteraciones significativas.
- En la edición del año 2013[6] se introdujo por primera vez la metodología simplificada del método. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos entre la metodología simplificada y la normal con el procedimiento expuesto en la edición 2013[6] los mismos no han sido satisfactorios.

- La edición del año 2018[7] provoca una serie de cambios importantes en la metodología general del método:
 - Se reducen el número de agentes biológicos a analizar con la metodología normal. Se introduce un límite máximo de puntuación de 4 frente al máximo de 5 anterior.
 - Se incluye el concepto de clasificación de los agentes biológicos frente al de Daño que existía anteriormente. En el concepto de daño, únicamente se consideraba el daño que podía provocar en el ser humano el agente, sin embargo, con la nueva metodología el concepto es más global en cuanto a la peligrosidad del agente biológico.
 - Se cambia por completo la formulación, eliminando el producto existente hasta la fecha entre daño y vacunación.
 - Se invierte la valoración al concepto de vacunación, obteniéndose valoraciones altas cuando se vacuna y no a la inversa como ocurría hasta el año 2018.
 - Se modifica ligeramente el cuestionario de las medidas higiénicas y se introducen al mismo recomendaciones sobre cuáles de las medidas son de aplicación a los distintos ámbitos, que pueden requerir de un análisis del riesgo biológico mediante la aplicación de dicho método.
 - La disminución producida en el riesgo por las medidas higiénicas no afecta solo al concepto de daño, sino que afecta a todos los términos de la formulación produciéndose una influencia más elevada de las mismas con respecto al resultado final.
- La valoración que se producía como resultado de la multiplicación del Daño por la Vacunación producía valoraciones elevadas en el método que, con la aplicación de las medidas higiénicas contempladas en el propio cuestionario del método, no reducían los valores obtenidos de manera significativa.
- Entre los agentes biológicos del listado a considerar para la aplicación de la metodología normal, se incluían agentes cuya presencia en el desarrollo de las actividades normales es muy remota y que a su vez presentaban una peligrosidad muy elevada. Esta situación, provoca un importante incremento del riesgo que no es reflejo de la situación de riesgo real de la actividad que desarrollan. Por ejemplo, hasta las últimas ediciones se incluía entre los agentes biológicos que debían ser

analizados en los trabajos que se realizan en una depuradora el *Bacillus Anthracis* causante del Carbunco-Antrax.

- La aplicación de la metodología simplificada respecto a la normal producía resultados dispares para una misma actividad hasta que se publicó la edición del año 2018.
- Las medidas higiénicas a aplicar en la propia instalación con respecto al riesgo biológico producían una disminución muy baja del nivel de riesgo hasta la elaboración del manual práctico el año 2018[7]. Esto, provocaba la obtención de niveles de riesgo más elevados en la instalación que con el manual actual.
- Los cambios producidos en la formulación en la última edición del manual práctico (edición 2018)[7] han producido resultados más fiables y coherentes que con las anteriores ediciones, siendo mucho más coherente que los distintos conceptos se sumen o resten entre sí, pero no se multipliquen.



10. MEDIDAS PREVENTIVAS

En las EDAR objeto de estudio, se ha observado la aplicación de una serie de medidas preventivas y sistemas de control disponibles. A continuación, se procede a exponer las medidas más reseñables en relación a dicho asunto.

En cuanto a los Equipos de Protección Individual, todos los trabajadores disponen de ropa de trabajo, calzado de seguridad, impermeable y botas de agua como equipo básico de trabajo. Además, también disponen de guantes de protección frente a agentes biológicos, guantes de protección mecánica, gafas de seguridad, pantallas faciales y mascarillas de protección frente a partículas líquidas (FFP3). Además, existen normas sobre el uso de los EPIs y un registro sobre la información dada a todos los trabajadores sobre los riesgos biológicos y las medidas preventivas a aplicar.

En cuanto a las instalaciones de aseo y áreas de descanso, se observa lo siguiente:

- Cada uno de los trabajadores dispone de taquilla separada para la ropa de trabajo y la ropa de calle.
- Disponen de agua potable fácilmente accesible y en cantidad suficiente.
- Vestuarios con duchas, lavabos con agua caliente y jabón, retretes, espejos y sistema de secado de manos con garantías higiénicas.
- Programa periódico de limpieza de locales e instalaciones y desratización.
- Comedor aislado del resto de instalaciones.

En relación a las medidas de emergencia, mencionar que se dispone de botiquines de primeros auxilios y de un plan de emergencia en el que aparecen definidas las especificaciones en caso de primeros auxilios.

En cuanto a la vigilancia de la salud, todos los trabajadores están vacunados frente a la Hepatitis A y el Tétanos y pasan periódicamente reconocimientos médicos.

Otras medidas detectadas han sido las siguientes:

- Se prohíbe el comer, beber y fumar en las áreas de trabajo con riesgo biológico.
- Se fomentan hábitos básicos de higiene personal.
- Los trabajadores disponen de gel bactericida.

- Cada uno de los trabajadores recibe formación e información relativa a los riesgos potenciales para la salud, precauciones para prevenir la exposición y utilización de EPIs.

Por otro lado, en cuanto a las medidas preventivas que sería recomendable en base a los resultados expuestos de la Evaluación de Riesgos Biológicos, se ha considerado necesario incluir con diferente grado de premura las que se exponen a continuación.

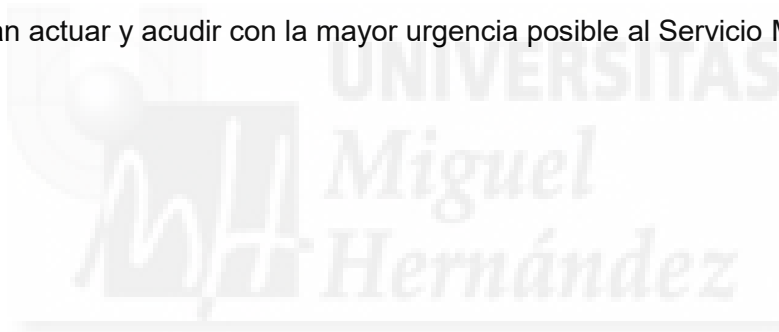
Con carácter **URGENTE** se recomienda aplicar las siguientes medidas preventivas:

- Mejorar el grado de protección de todos los trabajadores frente a los agentes biológicos con la incorporación de nuevas vacunaciones aparte de la vacuna frente a la Hepatitis A y la vacuna frente al Tétanos.
- Colocar señalización de riesgo biológico en los lados de las rejillas, mantener la protección frontal de las rejillas cerradas para minimizar la emisión de bioaerosoles. Además, colocarlos también en la boca de las arquetas o zonas de influencia.
- Señalización con el uso obligatorio de mascarilla en las zonas con riesgo biológico.
- Fomentar los hábitos correctos de limpieza de los trabajadores antes de entrar y salir de los lugares con riesgo biológico.
- Señalizar que está prohibido comer o beber en toda la planta excepto en los locales limpios que se han habilitado correctamente para ello.
- Señalizar que es obligatoria la higiene de manos y cara antes de comer, beber o fumar con el gel antibacteriano.
- Prohibir específicamente acceder a las zonas identificadas donde se pueden generar bioaerosoles.
- Informar a las visitas de las Normas Básicas de Seguridad en las Plantas y sobre todo, la prohibición de todo tipo de contacto con el agua residual y/o fangos, restringiendo a las visitas a las vías de circulación.
- Utilización de guantes específicos contra riesgos biológicos al utilizar herramientas que vayan a estar en contacto con el agua.

Con carácter **PRIORITARIO** se recomienda aplicar las siguientes medidas preventivas:

Considerando los resultados de la evaluación realizada es recomendable adoptar las siguientes medidas preventivas:

- Comprobar periódicamente que los trabajadores realizan la separación física de la ropa de trabajo y de la ropa personal.
- Tomar medidas específicas para la desinsectación en las instalaciones y edificios aparte de las ya realizadas.
- Mejorar la formación de los trabajadores frente a riesgos biológicos para que perciban con mayor claridad el riesgo al que están expuestos durante la realización de los distintos trabajos.
- Formar a los trabajadores para que, en caso de accidente por ingestión accidental de agua residual, fango u otros residuos; proyección en los ojos de agua residual, fango u otros residuos; cortes, heridas abiertas en el manejo del agua residual; sepan actuar y acudir con la mayor urgencia posible al Servicio Médico.



11. CONCLUSIONES

La elaboración del presente documento, se ha elaborado con el objetivo principal de evaluar el riesgo biológico al que se ven sometidos los trabajadores de cuatro Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales ubicadas en gran parte en el término municipal de Cartagena.

Para realizar dicha evaluación se ha empleado el denominado método Biogaval, cuya metodología es recomendable aplicar en trabajos que no estén expuestos a un contacto directo con agentes biológicos, como es el caso. Dicha metodología, permite un ahorro importante de costes sobre todo al prescindir de la necesidad del análisis directo de muestras.

Los resultados obtenidos con dicha evaluación, aplicando la metodología expuesta por la edición 2018 del manual práctico[7], han mostrado que el riesgo obtenido en todos los puestos de trabajo analizados es TOLERABLE. Dicha afirmación, se pone de manifiesto al obtener una puntuación máxima de 7 en el método (siendo 8 el Nivel de Acción Biológica).

Sin embargo, para comparar resultados se han aplicado también las metodologías expuestas en las ediciones 2004[4], 2010[5] y 2013[6] del manual práctico de dicho método. Al aplicar las mismas, se ha observado que los resultados obtenidos son dispares con respecto a la metodología actual. En este caso, el riesgo obtenido era IMPORTANTE con una puntuación máxima de 18 (siendo el Límite de Exposición Biológica de 17).

Elaborando un análisis pormenorizado de los factores que han influenciado en dichos cambios en la evaluación del riesgo de las distintas metodologías se ha concluido lo siguiente:

- Se han cambiado las listas de los agentes biológicos que deben ser objeto de estudio de cada una de las actividades, lo que ha afectado en parte a los resultados.
- El cambio del término de daño por el concepto de clasificación del agente ha mejorado la objetividad durante la aplicación del método y la determinación de la peligrosidad de cada organismo.
- El cambio en la formulación a aplicar reemplazando la multiplicación del daño por la vacunación a una simple adición, produce un peso más equitativo de cada uno de los conceptos y a su vez, resultados más fiables.
- El cambio en la valoración de las medidas higiénicas, que produce que su aplicación no se realice solo sobre el concepto de daño, ha mejorado la

cuantificación del riesgo y los efectos beneficiosos sobre el mismo de dichas medidas.

La adición de todos los cambios anteriores ha provocado las diferencias observadas en los resultados expuestos en el presente trabajo. Por la experiencia adquirida en el presente trabajo y lo observado en campo durante las visitas realizadas a cada una de las instalaciones, se concluye que los resultados expuestos con la metodología definida en la edición 2018 del manual práctico[7] son más fiables que las metodologías expuestas en las ediciones anteriores.

Por otro lado en cuanto a mi desarrollo personal, durante el desarrollo del presente trabajo he adquirido una serie de aptitudes en relación a la temática del mismo que no tenía hasta la fecha.

Por ejemplo, desconocía la existencia de una base de datos publicada por el INSHT[11] en la que se incluye la información más relevante en relación a los distintos agentes biológicos y/o enfermedades que provocan.

Además, también me ha permitido observar una serie de posibles mejoras en la aplicación del método que podrían mejorar sus resultados. Entre las mismas, destacaría las siguientes:

- Sería recomendable que la base de datos BiODAT del INSHT[11] contemple de una manera directa los tipos de transmisión por los que es posible que se transmita un microorganismo y, no dé lugar a posibles interpretaciones subjetivas de lo descrito para valorar las diferentes posibilidades de transmisión.
- Sería recomendable la existencia, al igual que ocurre con BiODAT[11], de una base de datos a nivel nacional en la que se contemple las características más relevantes de las distintas enfermedades existentes. En dicha base datos, se deberían de incluir, entre otros, una recopilación de las estadísticas a nivel nacional en relación a la tasa de incidencia e índice de prevalencia de cada una de ellas. Actualmente la OMS tiene una base de datos y una serie de publicaciones de dicha temática a nivel mundial[17], por lo que sería recomendable que se realice algo similar a nivel nacional.
- Se debería de mejorar la recopilación de datos a nivel nacional de las Enfermedades de Declaración Obligatoria, ya que existe una evidente falta de información y homogeneidad en la recopilación que se realiza actualmente sobre los mismos a nivel nacional. Por ejemplo, algunas comunidades autónomas no

informan periódicamente sobre el número de casos detectados en algunas de las enfermedades incluidas en dicho listado.

- Se debería mejorar el cuestionario de medidas higiénicas, no dando el mismo peso en el global del mismo a todas las medidas, ya que la aplicación de algunas de ellas es más determinante en la reducción del riesgo que otras.
- Se podría incluir una serie de medidas higiénicas mínimas recomendadas para cada una de las actividades a las que se puede aplicar el método Biogaval.



12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
2. RD 664/97, relativo a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
3. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS publicada durante el año 2003.
4. Autor: LLORCA RUBIO, José Luis et al. Título: Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL". Editorial: Generalitat Valenciana, Conselleria D'Economia, Hisenda i Ocupació. Año: 2004. Páginas: 54.
5. Autor: LLORCA RUBIO, José Luis et al. Título: Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL 2010". Editorial: Generalitat Valenciana, Institut València de Seguritat i Salut en el treball. Año: 2010. Páginas: 54.
6. Autor: LLORCA RUBIO, José Luis et al. Título: Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL 2013". Editorial: Generalitat Valenciana, Institut València de Seguritat i Salut en el treball. Año: 2013. Páginas: 52.
7. Autor: LLORCA RUBIO, José Luis et al. Título: Manual práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas. BIOGAVAL-NEO". Editorial: Generalitat Valenciana, Institut València de Seguritat i Salut en el treball. Año: 2018. Páginas: 44.
8. ORDEN de 25 de marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
9. Directiva 2013/32/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre procedimientos comunes para la concesión o la retirada de la protección internacional.

10. Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia. ENLACE: www.esamur.com
11. DATABiO: Fichas de agentes biológicos del INSHT. ENLACE: <http://biodat.insht.es/>
12. Autor: CHIN, James. Título: El control de las enfermedades infecciosas. Editorial: OMS. Año: 2001. Páginas: 673.
13. Instituto Nacional de Estadística. ENLACE: www.ine.es
14. Instituto de Salud Carlos III. ENLACE: <http://www.isciii.es/>
15. Autor: AMILLATEGUI, Rocío et al. Título: Resultados de la vigilancia epidemiológica de las enfermedades transmisibles. Informe anual. Editorial: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Año: 2016. Páginas: 146.
16. Asociación Española de Vacunología. ENLACE: <http://www.vacunas.org>
17. Organización mundial de la Salud. ENLACE: <https://www.who.int/es/>

13. BIBLIOGRAFIA

- Autor: TRAPOTE JAUME, Arturo. Título: Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas. Editorial: Publicaciones Universidad de Alicante. Año: 2013. Páginas: 647.
- Autor: DESCONOCIDO. Título: Documento interno de la empresa HiDROGEA donde se contemplan la totalidad de puestos de trabajo incluidos en plantilla.
- Autor: INSS. Título: Tiempos estándar de Incapacidad Temporal. Editorial: Secretaria de Estado. Páginas: 161.
- Autor: GUIRAO GARCÍA, Ángel Luis et al. Título: Guía práctica de estándares de duración de procesos de incapacidad temporal. Editorial: Ministerio de Sanidad. Páginas: 136.

13.1. ENLACES WEB

- Clínica Mayo. ENLACE: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/e-coli/symptoms-causes/syc-20372058>
- Periódico ABC: ENLACE: <http://www.abc.com.py/edicion-impresalocales/pacientes-infectados-con-kpc-no-han-sido-aislados-de-los-demas-445330.html>
- Agencia EFE Salud: ENLACE: <https://www.efesalud.com/e-coli-la-bacteria-peligrosa/>
- Departamento de salud del estado de Nueva York: ENLACE: https://www.health.ny.gov/es/diseases/communicable/shigellosis/fact_sheet.htm
- Facultad de medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México: ENLACE: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/bacteriologia/shigella.html>
- Agencia Kidshealth: ENLACE: <https://kidshealth.org/es/parents/coxsackie-esp.html>
- Periódico La Razón. ENLACE: http://m.la-razon.com/sociedad/Salud-vacuna-polio-inyectable_0_2395560457.html