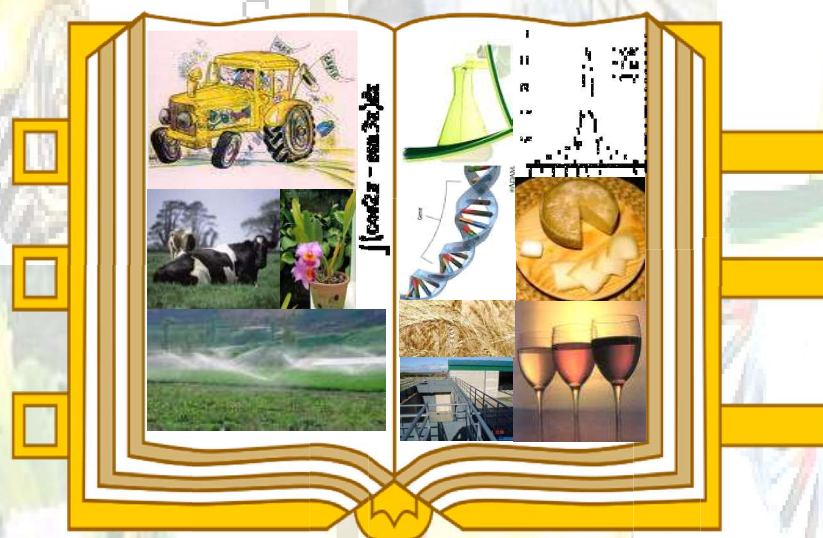


# XIII CONGRESO DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA AGRONÓMICA



## Libro de Actas

Editado por:

Bruna Fernanda Silva de Sousa, Lucía Domingo Serrano,  
Nelly S. Centurión Giménez y Pilar García Rebollar

15 de junio de 2021

Escuela de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y  
de Biosistemas

Universidad Politécnica de Madrid



## **ANÁLISIS DE LOS INDICADORES EN BIENESTAR DE LOS PECES EN LA PISCIFACTORÍA DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (ESPAÑA): DEFINICIÓN DE KPIS**

De la Llave Propín, Alvaro; Sánchez Carro, David

Tutores: Barreiro Elorza, Pilar<sup>1</sup>; Villaroel Robinson, Morris Ricardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Agroforestal. E.T.S.I.A.A.B. UPM*

<sup>2</sup>*Departamento de Producción Agraria. E.T.S.I.A.A.B. UPM*

*Correos electrónicos: alvaro.delallave.propin@alumnos.upm.es; d.scarro@alumnos.upm.es*

### **RESUMEN**

Los métodos de medición de rendimiento evalúan la efectividad de cualquier sistema mediante un análisis exhaustivo de sus componentes, resultando en una visión global que muestra sus debilidades y fortalezas. Los indicadores clave de rendimiento o KPI (Key Performance Indicator) sirven como herramientas para la comprobación de procedimientos complejos, optimizando la eficiencia de cualquier sistema. El uso de los KPI es aplicable a todas las ramas de producción, y en concreto, es un referente en la evaluación zootécnica del bienestar en la industria pecuaria. En este artículo se estudian detalladamente los diversos indicadores operativos de una estación piscícola y su impacto crítico, con el bienestar de las especies acuícolas como telón de fondo, reflejando un funcionamiento adecuado del sistema.

***Palabras clave: KPI, bienestar animal, acuicultura.***

### **INTRODUCCIÓN**

La importancia de la acuicultura reside en una creciente demanda mundial de productos acuáticos que no es posible cubrir solo con la pesca, siendo uno de los principales pilares proteicos en la actualidad (FAO, 2020a). La obtención mundial de estos productos es próxima a los 212 millones de toneladas, siendo la evolución de la pesca leve en comparación con el de la acuicultura, que sufre un lento y constante ascenso anual (FAO, 2020a). La pandemia global de Covid-19 fuerza un mayor control sobre los aspectos sanitarios de las producciones, y desde esta perspectiva, la acuicultura permite establecer un manejo exhaustivo sobre estos parámetros (FAO, 2020b). En la actualidad, las explotaciones realizan grandes esfuerzos por cumplir y mejorar normas y aspectos éticos y sanitarios que aportan un gran valor a la producción, siendo fundamental realizar una autoevaluación del funcionamiento de sus propios sistemas. La piscifactoría de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSIMFMN), en funcionamiento desde la primera mitad de los años 60, desarrolla actividades de diversa índole como el cultivo de especies piscícolas para proyectos de investigación, la divulgación científica e incluso la repoblación de cuencas hidrográficas (Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, 2021), con un modelo de cría semi-intensivo en un sistema de recirculación de agua con una salinidad inferior a 500 mg/l, procedente del acuífero terciario detrítico de Madrid, estructurando una red de datos relevantes para la construcción de cualquier sistema de evaluación sólido y fiable. El presente documento tiene como objetivo el reconocimiento y aplicación de diversos indicadores de desempeño o KPIS basados en las necesidades de bienestar de las especies inquilinas de la piscifactoría de la ETSIMFMN y su posterior análisis global con el fin de definir las fortalezas y debilidades de las instalaciones.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se han recogido datos técnicos referentes a densidad animal, luz, pH, temperatura y oxígeno de las especies que habitan en la piscifactoría de la Escuela Técnica Superior de

Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, España (lat. 40° 27' N long. 3° 43' O), en 2021 (tabla 1). Las especies que conforman la piscifactoría son la anguila (*Anguilla anguilla*), el barbo común (*Barbus bocagei*), la boga de río (*Chondrostoma polypelis*), la carpa común (*Cyprinus carpio*), la carpa Koi (*Cyprinus carpio* var. koi), el esturión (*Acipenser naccarii*), el pez rojo (*Carassius auratus*), la tenca (*Tinca tinca*), la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la trucha común (*Salmo trutta*).

**Tabla 1. Características de las especies inquilinas de la piscifactoría de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid. Fuente: Elaboración propia**

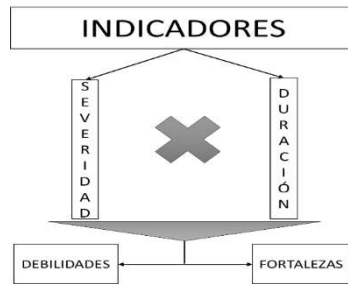
ESPECIES	Densidad animal (kg/m2)	Temperatura óptima (°C)	pH	O2 (mg/l)
Anguilla anguilla	100 - 150	18 - 25	6 - 9	3 - 6
Barbus bocagei	25	20 - 28	6,4 - 7	2,5
Chondrostoma polypelis	25	10 - 22	6 - 9	6
Cyprinus carpio	100	14 - 22	7,5	5 - 7
Acipenser naccarii	1,5 - 3	23 - 30	6 - 7	9,2
Carassius auratus	25	12 - 15	6 - 8	5
Tinca tinca	15	10 - 20	7 - 8	NP
Oncorhynchus mykiss	30	12 - 21	6,5 - 8,5	8,5
Salmo trutta	25	12 - 16	8	9

Se han utilizado 30 indicadores operativos clasificados en base a las Cinco Libertades del bienestar animal (Brambell, 1965) (tabla 2). Los indicadores o KPIs no están prefijados, dependen de los sistemas a evaluar y de los sujetos que lo forman (Villarroel Robinson, 2012). La primera libertad recoge indicadores relacionados con la nutrición, la segunda libertad alberga otros indicadores que afectan al confort, en la tercera libertad se pueden encontrar los síntomas del dolor y las enfermedades, en la cuarta libertad se sitúan indicadores del comportamiento natural y en el último grupo o quinta libertad se ubican las variables de temor y angustia. Cada uno de estos indicadores se evalúan según dos criterios. El primer criterio es un rango variable de afección o severidad (tabla 2), siempre dentro de una escala entre 0 y 5, donde el 0 indica una severidad nula y el 5 una severidad máxima; mientras que el segundo criterio, que se basa en la duración del primer criterio, pudiendo presentar valores 1 (rango corto, inferior a 24 h), 2 (rango medio, mayor a 24 h e inferior a una semana) ó 3 (rango largo, superior a una semana). Los rangos de afección y duración interaccionan entre sí mediante el producto de los valores obtenidos respectivamente. El resultado es un conjunto de valores, donde los indicadores superiores son señaladores de las carencias o debilidades del sistema (Figura 1).

**Tabla 2. Niveles de severidad de los diversos indicadores operativos. Fuente: Elaboración propia.**

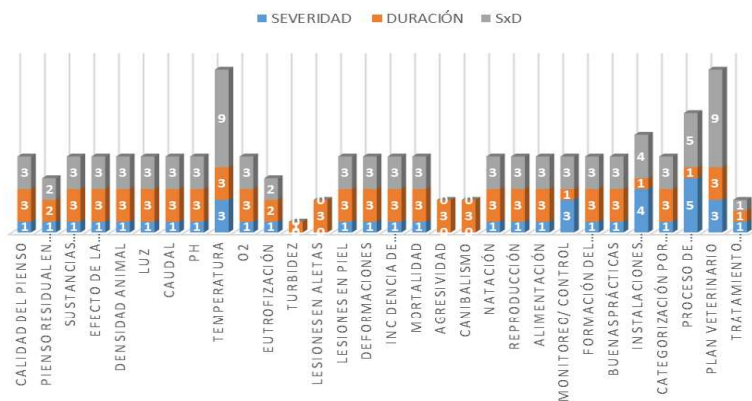
SEVERIDAD	0	1	2	3	4	5
<b>LIBERTAD 1: LIBRE DE HAMBRE, SED Y DESNUTRICIÓN</b>						
Calidad del pienso	-	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
Pienso residual en suspensión	No presente	Baja concentración	-	Concentración media	-	Alta concentración
Sustancias ingeribles foráneas	No presente	Baja concentración	-	Concentración media	-	Alta concentración
Efecto de la nutrición	-	Efecto deseado	-	-	-	Efecto no deseado
<b>LIBERTAD 2: LIBRE DE MOLESTIAS FÍSICAS Y TÉRMICAS</b>						
Densidad animal	-	Baja	-	Media	-	Alta
Luz	-	Regular y adecuada	-	-	-	Irregular e inadecuada
Caudal	-	Adecuado	-	Regular	-	Inadecuado
pH	-	Adecuado	-	-	-	Inadecuado
Temperatura	-	Óptimo	-	Aceptable	-	Inadecuado
O2	-	Adecuado	-	-	-	Inadecuado
Eutrofización	No presente	Baja	-	Media	-	Alta
Turbidez	No presente	Baja	-	Media	-	Alta
<b>LIBERTAD 3: LIBRE DE DOLOR, LESIÓN Y ENFERMEDAD</b>						
Lesiones en aletas	No presenta	Baja	-	Media	-	Alta
Lesiones en piel	No presenta	Baja	-	Media	-	Alta
Deformaciones	No presenta	Baja	-	Media	-	Alta
Incidencia de enfermedad	No presenta	Baja	-	Media	-	Alta
Mortalidad	No presenta	Baja	-	Media	-	Alta
<b>LIBERTAD 4: LIBRE DE MANIFESTAR UN COMPORTAMIENTO NATURAL</b>						
Agresividad	No presente	Baja	-	Media	-	Alta
Canibalismo	No presente	-	-	-	-	Presente
Natación	-	Actividad normal	-	-	-	Inmovilidad
Reproducción	No presente	Presente	-	-	-	-
Alimentación	-	Adecuada	-	-	-	Inadecuada
<b>LIBERTAD 5: LIBRE DE TEMOR Y DE ANGUSTIA</b>						
Monitoreo/ Control	-	Control muy alto	Control alto	Control medio	Control bajo	Sin control
Formación del personal	-	Formación alta	-	Formación media	-	Formación baja
Buenas prácticas	-	Buena aplicación	-	-	-	Mala aplicación
Instalaciones auxiliares (contingencia)	-	Contingencia completa	Falta leve	Falta moderada	Falta grave	Falta muy grave
Categorización por tamaños	-	Presente	-	-	-	Ausente
Proceso de categorización	No presente	-	-	-	-	Presente
Plan veterinario	-	Activo regular	-	Activo no regular	-	Sin plan veterinario
Tratamiento (parásitos, hongos,...)	No	Eficacia alta	-	Eficacia baja	-	Sin eficacia/ tratamiento

**Figura 2. Proceso metodología KPI. Fuente: Elaboración propia.**



Tras la calificación de los 30 indicadores aplicados a las 9 especies que conforman la piscifactoría de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes se obtuvieron valores estandarizados de severidad (tabla 2) y duración que constituyen la base del motor de evaluación de los requerimientos de bienestar de los peces en la piscifactoría. La calificación final de cada indicador es resultado del producto de los valores de severidad y duración (figura 2).

**Figura 3. Máximos, medios y mínimos. Correlación entre severidad y duración. Fuente: Elaboración propia.**



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que las necesidades nutricionales representadas por los indicadores de la Primera Libertad poseen valores bajos, entre 2 y 3, destacando que el pienso residual en suspensión se encuentra en valores mínimos debido a la limpieza regular y el mantenimiento de los raceways. La calidad del pienso se sitúa en unos estándares de calidad adecuados, tratándose de un pienso de engorde modelo EFICO de la marca BioMar, destinado al mantenimiento, que consigue un efecto nutricional deseado. Las sustancias ingeribles externas al sistema, presentes en el ambiente, como restos vegetales, apenas influyen en el bienestar de los sujetos. La severidad en los cuatro primeros indicadores es 1, es decir leve, con una duración condicionada por la naturaleza de los mismos.

La Segunda Libertad, contempla severidades por lo general muy bajas, excepto en el caso de la temperatura, la cual es mayor debido a la estacionalidad y al clima de la localización. Por otro lado, la turbidez es nula, debido a la recirculación constante de agua. La duración de muchos de estos parámetros de confort es alta, no dependiendo directamente de las instalaciones, sino de factores, como la luz y la temperatura. Esta última presenta un valor medio en el rango, 15-17°C, con oscilaciones que pueden alcanzar un máximo de 27°C y mínimos por debajo de 10°C. El pH del agua mantiene valores neutros, en torno a 6.9 y 7.1. En el caso de la eutrofización, la duración es media por el control semanal de la capa

de fondo de los raceways. La densidad animal, a pesar de depender de las características de cada especie, es baja; y los niveles de oxígeno son de 9 ppm (100%).

El siguiente grupo, recoge los datos referentes al dolor, las lesiones y las enfermedades donde la afección muestra unos valores bajos e incluso nulos, como es el caso de las lesiones en las aletas, debido a la ausencia de canibalismo por una correcta nutrición y un buen control de la densidad animal. Las lesiones en la piel, relacionadas con la incidencia de carácter exclusivo o estacional de las enfermedades, no suelen ser mortales, como es el caso de la furunculosis en verano o el punto blanco en las bogas de río (*Chondrostoma polypellis*). En cualquier caso, debido al sistema de recirculación, las enfermedades se dispersan por los raceways, pero la mayoría de las especies se muestran asintomáticas.

En el aspecto de la libertad relacionada con la etología, la severidad es nula o baja, como es el caso de la agresividad y del canibalismo, debido al control de la densidad animal, la categorización por tamaños y la correcta alimentación. Por otro lado, los parámetros de reproducción y actividad natatoria son correctos, por lo que su calificación de severidad es 1. En todos estos comportamientos la duración es 3 por ser superior a una semana, siendo crónicos o duraderos.

Finalmente, los indicadores relacionados con el temor y la angustia reflejan valores intermitentes de severidad, destacando el proceso de categorización, con un valor de afección 5 (muy negativo), ya que genera un estrés elevado en un periodo breve. Respecto al monitoreo, la severidad es media, con un valor de 3 y ausencia de un control exhaustivo por un sistema de videovigilancia dirigido al monitoreo de las especies, pero que es ejercido de manera adecuada y diaria por el personal técnico, el cual posee una alta formación, fundamental para el buen funcionamiento de las instalaciones y el bienestar de los peces. En el caso de las instalaciones auxiliares de emergencia, se da una carencia notable debido a la ausencia de instalaciones eléctricas auxiliares, obteniendo una severidad de 4. Respecto al plan veterinario, existe un protocolo, pero no es abordado regularmente de manera oficial. Por último, los tratamientos aplicados en la piscifactoría son de carácter preventivo, como es el caso de la cloramina, y puntuales, justificando la calificación de la duración en 1.

### CONCLUSIONES

La conclusión principal del análisis de los indicadores de la piscifactoría de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid es que los actuales parámetros nutricionales, patológicos y etológicos no son críticos. La interrelación entre la severidad y la duración de estos indicadores no supera el valor 3, manteniendo un perfil muy bajo. Por otro lado, se dan una serie de máximos o valores altos aislados, identificados como la temperatura, la ausencia de instalaciones de contingencia, el proceso de categorización y el cumplimiento del plan veterinario oficial, que reflejan un aspecto negativo de algunas características relacionadas con los campos del confort, el temor y la angustia, lo que afecta negativamente a los índices de estrés. La corrección de estos aspectos supondría una mejora en el bienestar de los peces de las instalaciones de la piscifactoría. A nivel global, los indicadores muestran un funcionamiento adecuado de las instalaciones, que repercute positivamente en el bienestar de las especies inquilinas, su desarrollo y, por consiguiente, en una menor tasa de mortalidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- Brambell, F.W. 1965. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Editorial: London: Her Majesty's Stationery Office, [ca. 1965]
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. (11 de abril de 2021). *Piscifactoría*. [https://www.montes.upm.es/Escuela/Servicios\\_Generales/Piscifactoria](https://www.montes.upm.es/Escuela/Servicios_Generales/Piscifactoria)
- FAO. 2020a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. Online: <http://www.fao.org/>
- FAO. 2020b. Resumen de las repercusiones de la pandemia de la COVID-19 para el sector de la pesca y la acuicultura: Adición a El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Roma. Online: <http://www.fao.org/>
- Villaroel Robinson, M.R. 2012. Bienestar animal en peces: indicadores operativos. *AquaTIC*, nº 37, pp. 107-112