

## RESUMEN EJECUTIVO

Título del Proyecto:	“Desarrollo de un aditivo nutricional a base de algas marinas nativas con efecto inmunoestimulante y potenciador de salud intestinal para la industria porcina en Lima- Perú”
Contrato / Convenio:	942-PIEC1-2023
Período del Proyecto:	03/01/2024 al 15 /10/2025
Entidad Ejecutora:	PSW SA
Coordinador General del Proyecto:	Blga. ILIANA CHANG AVILA

Nombres y Apellidos:	Biol. ÁNGEL RODRÍGUEZ HUAMÁN/ Zootec. DIANA SANTA CRUZ		
Recursos Humano Entidad ejecutante	X	Entidad Asociada (colaboradora)	marcar con X el que corresponda
Rol en el proyecto:	Investigador PSW / Especialista zootecnista		

## 1. Objetivo

Desarrollar un aditivo nutricional a bases de algas marinas nativas con efecto inmunoestimulantes y potenciador de salud intestinal para la industria porcina en Lima -Perú.

Desarrollar, caracterizar y validar la eficacia de aditivos nutricionales a base de algas marinas en la alimentación porcina, con el objetivo de potenciar la salud intestinal y la respuesta inmunoestimulante de los cerdos durante las etapas de recría y engorde, promoviendo así una mejora en los parámetros productivos y la eficiencia zootécnica.

## 2. Antecedentes

La necesidad fundamental que impulsa este proyecto radica en la doble urgencia de la industria porcina: por un lado, la presión global para eliminar los antibióticos promotores de crecimiento y garantizar una producción sostenible, lo que obliga a buscar alternativas naturales para fortalecer la salud intestinal y la inmunidad en etapas vulnerables como el destete; y por otro, la oportunidad de mercado en Perú, donde la mayor parte de los productores (70% en crianza de traspatio) opera con bajos rendimientos debido a la falta de programas nutricionales avanzados. A pesar de que los extractos de algas marinas son una solución probada como inmunoestimulantes y potenciadores intestinales a nivel teórico, existe una carencia de estudios científicos concluyentes y validados localmente que cuantifiquen y corroboren su eficacia en las fases de recría y engorde dentro del contexto peruano. El proyecto busca cerrar esta brecha desarrollando y validando rigurosamente un aditivo funcional a base de algas marinas nativas, lo que permitirá a la empresa PSW SA ingresar a esta línea de negocio y mejorar la eficiencia productiva de la porcicultura nacional.

## 3. Metodología

El estudio se concibió para desarrollar y validar una alternativa natural a los aditivos tradicionales, aprovechando el potencial de las algas marinas como fuente rica en compuestos bioactivos con propiedades inmunoestimulantes y promotoras de la salud intestinal en cerdos. La ejecución se dividió en 4 etapas interconectadas. Primero, la elaboración de 04 aditivos nutricional, comenzando con la materia prima. Inicialmente, se procedió a la colecta y el procesamiento de diferentes especies de algas nativas (pardas, rojas y verdes) como *Ulva*, *Rhodymenia* y *Macrocyctis*. Estas fueron secadas y molidas para formular cuatro aditivos nutricionales prototipo. Se realizó una caracterización rigurosa de estos aditivos mediante análisis proximal para determinar su valor nutricional (proteínas, fibra, etc.), un análisis de metales para garantizar su inocuidad, y un análisis de caracterización de monosacáridos por HPLC para confirmar la presencia de los compuestos bioactivos responsables de los efectos deseados.

En la segunda etapa, a partir de los datos obtenidos, se diseñaron cinco alimentos balanceados (cuatro con los aditivos y uno de control) utilizando un programa de formulación que cumplía con los requerimientos nutricionales específicos. Igualmente, estos alimentos balanceados fueron analizados para evaluar su contenido de metales pesados y análisis proximal.

Posteriormente, se dio inicio a la tercera etapa, la Validación en Recría (lechones), para lo cual se administraron las cinco dietas y se evaluaron diversas variables: la salud intestinal (morfometría de órganos y lesiones), el efecto inmunoestimulante (midiendo inmunoglobulinas y citoquinas en

suero mediante el método ELISA), y los parámetros productivos esenciales como la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia.

El análisis de varianza de los resultados de la Recría permitió seleccionar los dos mejores aditivos. Estos dos aditivos seleccionados fueron los únicos que pasaron a la cuarta etapa, la etapa de Validación en Engorde, donde se continuó la evaluación comparándolos con la dieta control. En esta fase se mantuvieron las mediciones de salud intestinal, efecto inmunoestimulante y parámetros productivos; y se añadieron parámetros de calidad de carcasa (como grasa dorsal y área de ojo de lomo). Finalmente, todos los datos fueron analizados estadísticamente para determinar y seleccionar el aditivo que ofrecía el rendimiento más superior y rentable para la industria porcina.

#### 4. Resultados clave

Los aditivos a base de algas presentaron niveles de metales pesados por debajo de los límites normativos (Cd: 0.065–0.086 mg/kg; As: 0.62–1.48 mg/kg; Pb: 0.12–0.16 mg/kg; Hg: no detectable). Su composición proximal mostró alto contenido mineral (ceniza: 32–33 %), baja humedad ( $\approx$ 5 %) y carbohidratos solubles superiores al 48 %. El perfil de polisacáridos reveló la presencia de ácido manurónico (hasta 28,596  $\mu$ g/g en *Macrocystis*), glucosa (hasta 110,711  $\mu$ g/g en *Rhodymenia*) y xilosa (hasta 27,899  $\mu$ g/g en *Ulva*), todos con potencial inmunomodulador.

Los alimentos balanceados con aditivo mantuvieron niveles bajos de metales pesados (Cd: 0.027–0.041 mg/kg; As: 0.19–1.50 mg/kg) y adecuada composición nutricional (proteína: 28.6–30.2 %; humedad: 8.3–8.7 %).

En lechones (recrea), los tratamientos con aditivo aumentaron la IgA hasta 3 veces (T5) y la IgM hasta 154 % (T3), con reducción de cortisol sérico en T4 y T5, reflejando menor estrés. Las vellosidades intestinales mostraron mejoras en el duodeno (T2: 501  $\mu$ m; L/P 1.52) y yeyuno (T3: 324  $\mu$ m; L/P 1.20), frente a controles con relaciones L/P  $\leq$ 1.05. No se detectó *Clostridium* ni *Salmonella* en ningún tratamiento. Con respecto a los parámetros productivos, si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas, se observó un incremento en el promedio de Ganancia Diaria de Peso de 2.6, 7.7 y 5.1 % en los tratamientos T2, T4 y T5, respectivamente.

En gorrinos (engorde), T3 incrementó la IgM en  $\approx$ 30 %, mientras que T5 elevó TNF- $\alpha$  en  $>$ 40 % y mantuvo IL-6 post vacunación. El cortisol disminuyó hasta 20–25 % respecto al control. Productivamente, T3 logró la mayor ganancia diaria de peso (0.95 kg) y el mayor consumo (2.13 kg/día), con conversión alimenticia de 2.26. Este incremento en ganancia diaria de peso representa una mejora del 2.2 % con respecto al control para el tratamiento T3. En calidad de canal, T5 alcanzó la mayor área de ojo de lomo (41.1 mm<sup>2</sup>), mientras que T3 presentó el menor espesor de grasa dorsal (7.93 mm). La histomorfometría intestinal evidenció en T5 las mayores longitudes de vellosidad (duodeno: 432  $\mu$ m; yeyuno: 434  $\mu$ m; L/P hasta 1.62).

En conjunto, los aditivos de algas marinas mejoraron la inmunidad, redujeron el estrés y favorecieron la madurez intestinal sin afectar de forma significativa el crecimiento. T3 destacó en desempeño productivo y rentabilidad, mientras que T5 sobresalió en desarrollo y protección intestinal, respaldando su uso como herramienta funcional para una producción porcina más eficiente y sostenible.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que los aditivos nutricionales formulados a partir de mezclas de algas marinas constituyen una alternativa funcional para mejorar la salud intestinal, la respuesta inmunológica y el bienestar en cerdos, tanto en etapa de recría como de engorde.

En términos de inocuidad, los aditivos presentaron concentraciones de metales pesados dentro de los límites permisibles, lo que asegura su seguridad de uso. A nivel nutricional, su composición proximal y perfil de polisacáridos confirmaron la presencia de compuestos bioactivos con potencial inmunomodulador, antioxidante y protector de la mucosa.

En la etapa de recría, los tratamientos incrementaron significativamente los niveles de IgA (hasta 3 veces) e IgM (hasta 154 %), redujeron los niveles séricos de cortisol y mejoraron parámetros histomorfométricos (vellosidades más largas y relaciones vellosidad/criptas más altas), lo cual se traduce en una mucosa intestinal más madura y funcional. Estos hallazgos evidencian un efecto positivo sobre la inmunidad de mucosas y la resiliencia frente al estrés del destete.

En la etapa de engorde, se consolidaron los beneficios observados: T3 presentó mejor desempeño productivo (ganancia diaria incrementada en 2.2 %, mayor consumo de alimento y menor espesor de grasa dorsal), mientras que T5 mostró una arquitectura intestinal más eficiente (relaciones L/P hasta 1.62) y mejor integridad histológica. Asimismo, ambos tratamientos favorecieron la inmunidad humoral y el control del estrés post vacunación.

En conjunto, los hallazgos confirman que los aditivos de algas marinas cumplen con el objetivo planteado: evaluar y demostrar su efecto inmunomodulador, antiestrés e intestinalmente protector en cerdos, respaldando su aplicación práctica en la producción porcina, superando el 0.5% en incremento de los parámetros productivos planteados. Su relevancia radica en que ofrecen una estrategia nutricional sostenible y segura para mejorar el bienestar animal, optimizar la eficiencia productiva y reducir la dependencia de insumos farmacológicos preventivos.

## 6. Recomendaciones

Ampliar los ensayos en condiciones comerciales para evaluar su desempeño económico y reducir la variabilidad causada por el número reducido de unidades experimentales.

Explorar aplicaciones en otras especies pecuarias (aves, cuyes, bovinos).

## 7. Impacto esperado

El proyecto demuestra que los aditivos de algas marinas nativas representan una fuente natural, segura y sostenible de compuestos bioactivos. Así mismo, fortalecen el sistema inmunológico de los cerdos y mejoran la eficiencia alimenticia, contribuyendo a reducir la dependencia de antibióticos y promotores químicos.

El uso de estos aditivos a base de algas abre oportunidades de innovación en la industria porcina peruana, aprovechando recursos marinos locales y promoviendo la biotecnología azul.

Además, el enfoque de PSW S.A. integra sostenibilidad, economía circular y desarrollo regional costero mediante el aprovechamiento responsable de macroalgas.