

# PERIZIA: Conservación e explotación sostible das poboacións de ourizo mediante tecnoloxías innovadoras baseadas en intelixencia artificial

## Luis Taboada Antelo

Científico titular do Grupo de Ciosistemas e Enxeñaría de Bioprocesos (Bio2Eng) no Instituto de Investigacións Mariñas (IIM-CSIC) en Vigo, onde ademais desempeña funcións de Vicedirección Científica. Licenciado en Enxeñaría Química pola Universidade de Santiago de Compostela (2001) e doutor pola Universidade de Vigo con Premio Extraordinario (2008), a súa traxectoria científica combina enxeñaría de procesos con aplicacións innovadoras no ámbito mariño. O seu traballo abrangue o deseño e control de bioprocesos e plantas innovadoras, a economía circular aplicada aos recursos mariños e, nos últimos anos, lidera liñas emerxentes de aplicación da intelixencia artificial e da aprendizaxe profunda ás ciencias mariñas, desenvolvendo sistemas automáticos de monitorización electrónica e cuantificación de capturas que achegan datos en tempo real de gran valor para a sustentabilidade pesqueira. Neste contexto dirixe proxectos como PERIZIA e outros relacionados con tecnoloxías avanzadas para a xestión e valorización dos recursos mariños, contribuíndo a achegar a investigación científica ás necesidades reais do sector pesqueiro e ambiental.

## Fabián Ben Conde

Director de Proxectos na Federación Nacional de Confrarías de Pescadores, onde lidera e executa iniciativas orientadas ao desenvolvemento do sector pesqueiro desde unha perspectiva de sustentabilidade, economía azul e social, e innovación. Con experiencia na xestión de proxectos financiados con fondos europeos e nacionais, o seu traballo abrangue ámbitos como a sensibilización ecosocial, a promoción de produtos pesqueiros, a igualdade de xénero no sector e a conservación do medio mariño, así como proxectos de turismo azul e actividades educativas vinculadas ao mar.



## 1. Introducción

O ourizo de mar (*Paracentrotus lividus*) é un equinodermo de interese comercial cuxa facturación e valor no mercado experimentaron un notable auxe na última década, debido tanto ao aumento da súa demanda a nivel mundial como ao colapso de moitas das súas poboacións. O seu prezo medio nas lonxas de Galicia pasou dos 3,3 €/kg en 2014 a máis de 13 €/kg en 2025. Recentemente, e debido aos episodios de mal tempo vividos nestas primeiras semanas de 2026, o seu prezo chegou a superar puntualmente os 25 €/kg na lonxa de Ribeira.

A súa explotación en Galicia está cogobernada pola Xunta de Galicia e polas confrarías de pescadores, e considérase un recurso específico pola súa especial vulnerabilidade. Proxectos recentes de repoboación de ourizo levados a cabo en Galicia revelan unha alarmante sobreexplotación, o que pon en risco non só a sustentabilidade ecolóxica do recurso, senón tamén a viabilidade económica das comunidades que dependen da súa captura.

O proxecto PERIZIA, coordinado polo Instituto de Investigacións Mariñas (IIM-CSIC) e no que participa como entidade beneficiaria a Federación Nacional de Confrarías de Pescadores (FNCP), desenvolveuse no marco do Programa Pleamar (convocatoria 2023) co apoio da Fundación Biodiversidade e a cofinanciación do FEMPA durante os últimos 19 meses (xullo de 2024 a febreiro de 2026). O seu obxectivo foi, en estreita colaboración coas confrarías, deseñar e probar a bordo novas tecnoloxías de visión

subacuática –cámaras autónomas e vehículos submarinos operados remotamente (ROV)– capaces de xerar imaxes das poboacións de ourizo de mar para o seu tratamento mediante técnicas innovadoras e disruptivas de intelixencia artificial (IA).

Todo isto co fin de obter grandes volumes de datos sobre o seu estado real que permitan apoiar a toma de decisións eficaces e eficientes para a conservación e a explotación sostible deste valioso recurso. Deste xeito, a integración de sistemas automatizados de recollida e análise de imaxes permitirá, por primeira vez, dispoñer de estimacións obxectivas e a grande escala sobre a densidade, distribución e estrutura das poboacións de ourizo de mar nas zonas de extracción. Estes datos poden resultar fundamentais para axustar as cotas de extracción, establecer vedas temporais ou espaciais e deseñar estratexias de repoboación máis eficaces. Ademais, a aplicación da intelixencia artificial no tratamento das imaxes contribuirá a reducir o esforzo humano necesario para realizar mostraxes tradicionais, que adoitan ser custosas, lentas e limitadas en cobertura.

PERIZIA busca tamén fortalecer a gobernanza participativa do recurso, dotando ás confrarías de ferramentas tecnolóxicas accesibles e formación específica que lles permita incorporar criterios científicos na xestión diaria. Neste sentido, o proxecto enmárcase nunha visión máis ampla de conservación mariña baseada no coñecemento, a innovación e a implicación activa do sector pesqueiro. Así, espérase non só mellorar a sustentabilidade do ourizo de mar, senón tamén sentar as bases para a xestión avanzada doutros recursos bentónicos en Galicia.

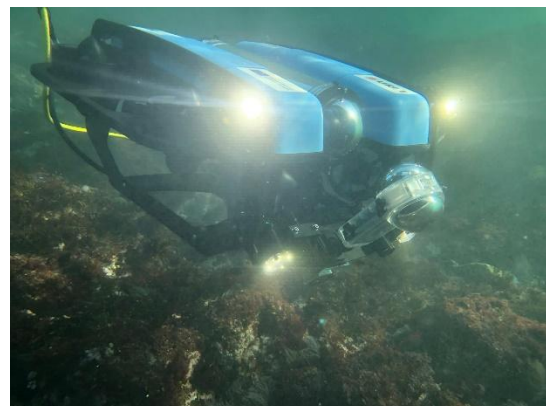
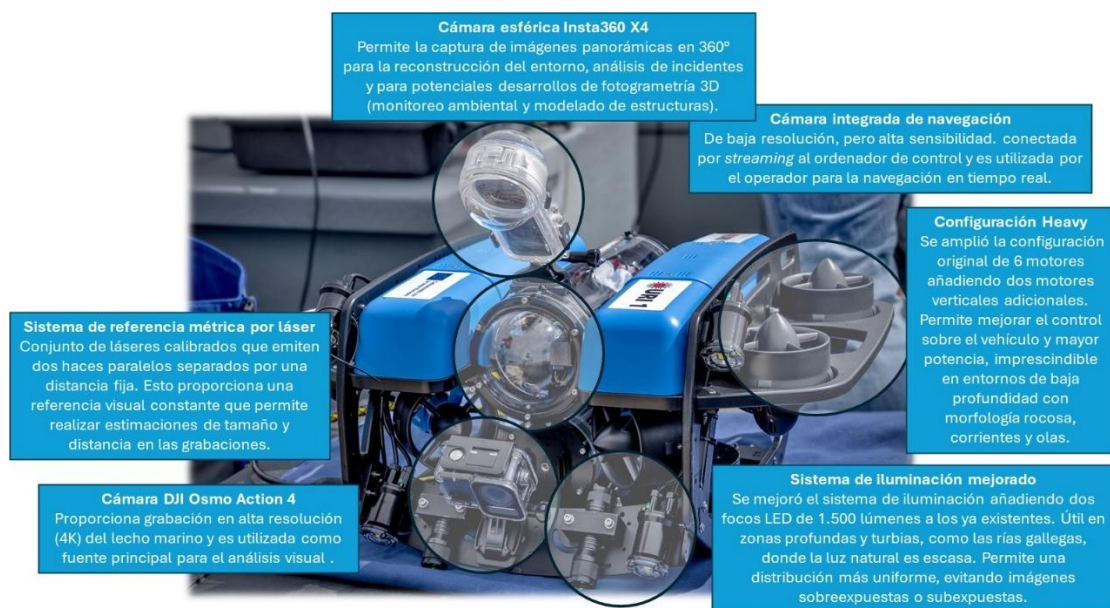
## **2. Os fitos de PERIZIA: tecnoloxías de vangarda para coñecer mellor as poboacións de ourizo**

Un dos principais logros do proxecto foi o deseño, adaptación e proba en condicións reais dun sistema integral baseado en vehículos operados remotamente (ROV), concretamente o ROV comercial BlueRov2 da empresa BlueRobotics (ao que bautizamos como OURI1), equipado con (Figura 1):

- Cámaras de alta resolución 4K (DJI Osmo Action 4) como fonte principal para a análise visual detallada do leito mariño.
- Cámara esférica Insta360 X4 para captura panorámica 360°, con potencial para reconstrución do contorno e desenvolvementos futuros de fotogrametría 3D.
- Sistema de iluminación reforzado con focos LED adicionais de 1.500 lúmenes, optimizado para augas batidas e turbias como as rías galegas.
- Configuración "Heavy" do BlueRov2 de BlueRobotics con oito motores, mellorando a estabilidade e a manobrabilidade en contornos rochosos e con correntes.
- Sensores de posicionamento DVL (Cerulean Tracker 650s) para estimación de traxectorias e odometría submarina. Un DVL (siglas de Doppler Velocity Log) é un

sensor que permite medir a velocidade e o desprazamento dun vehículo submarino respecto ao fondo mariño. Funciona emitindo feixes acústicos (son) cara ao fondo e analizando como cambia a frecuencia do eco que regresa, utilizando o chamado efecto Doppler. A partir desa variación calcula a que velocidade se move o vehículo e canto se desprazou, mesmo cando non hai sinal GPS baixo a auga. Por iso é unha ferramenta clave en ROVs e noutros vehículos submarinos, xa que permite estimar a súa traxectoria, manter a posición fronte ás correntes e calcular distancias percorridas para tarefas de navegación e mostraxe.

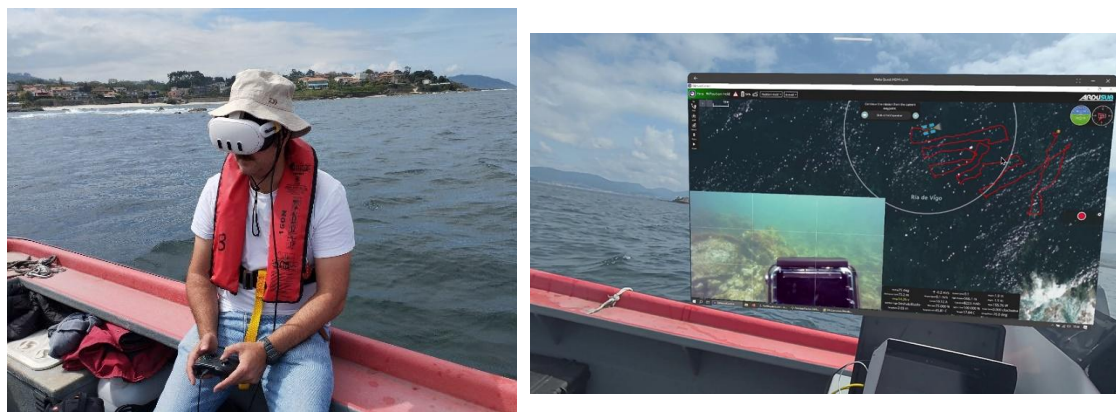
- Sistemas de referencia métrica mediante láser calibrado para estimacións de tamaño e distancia na imaxe.



**Figura 1**

- Integración de visualización inmersiva mediante lentes de realidad aumentada Meta Quest 3, que permitieron ao operador dispoñer dunha experiencia equivalente a unha pantalla de 250 polgadas a 2 metros, onde se amosan as

imaxes da cámara de navegación e toda a telemetría do ROV, mellorando a ergonomía, a seguridade e a eficiencia operativa (Figura 2).



**Figura 2**

En total realizáronse 19 saídas de campo en colaboración coas confrarías de Aguiño, Cangas, Vigo e Baiona, que nos guiaron para identificar aquelas zonas de interese para os seus pescadores. Trátase tanto de áreas de explotación actual do recurso nas que querían obter información sobre o seu estado, como de zonas onde actualmente non se pesca esta especie pero que, mediante un exercicio de prospección, querían avaliar para comprobar por si mesmos cal era a situación do recurso nelas (se existía ou non, tamaños, etc.). Todo isto permitiu xerar un volume significativo de vídeo subacuático e información telemétrica sobre o estado real das poboacións de ourizo nestas diferentes zonas de mostraxe. A partir do material obtido no campo, o equipo do IIM-CSIC desenvolveu un sistema de detección automática baseado en redes neuronais convolucionais para a identificación e cuantificación de *Paracentrotus lividus*. Unha rede neuronal é un tipo de programa de intelixencia artificial (IA) que aprende a recoñecer patróns a partir de exemplos, dun xeito semellante a como o faría unha persoa ao observar algo moitas veces. En lugar de seguir regras fixas escritas por un programador, móstranselle numerosos datos (por exemplo, imaxes nas que previamente se sinalou o que aparece nelas) e o sistema axusta automaticamente millóns de pequenos parámetros internos ata lograr identificar por si mesmo as características máis importantes. Está formada por capas de "neuronas" artificiais que reciben información, a procesan mediante cálculos matemáticos e xeran unha resposta, como detectar un obxecto nunha imaxe. Non pensa nin entende como un ser humano, pero resulta moi eficaz atopando patróns complexos en grandes volumes de datos.

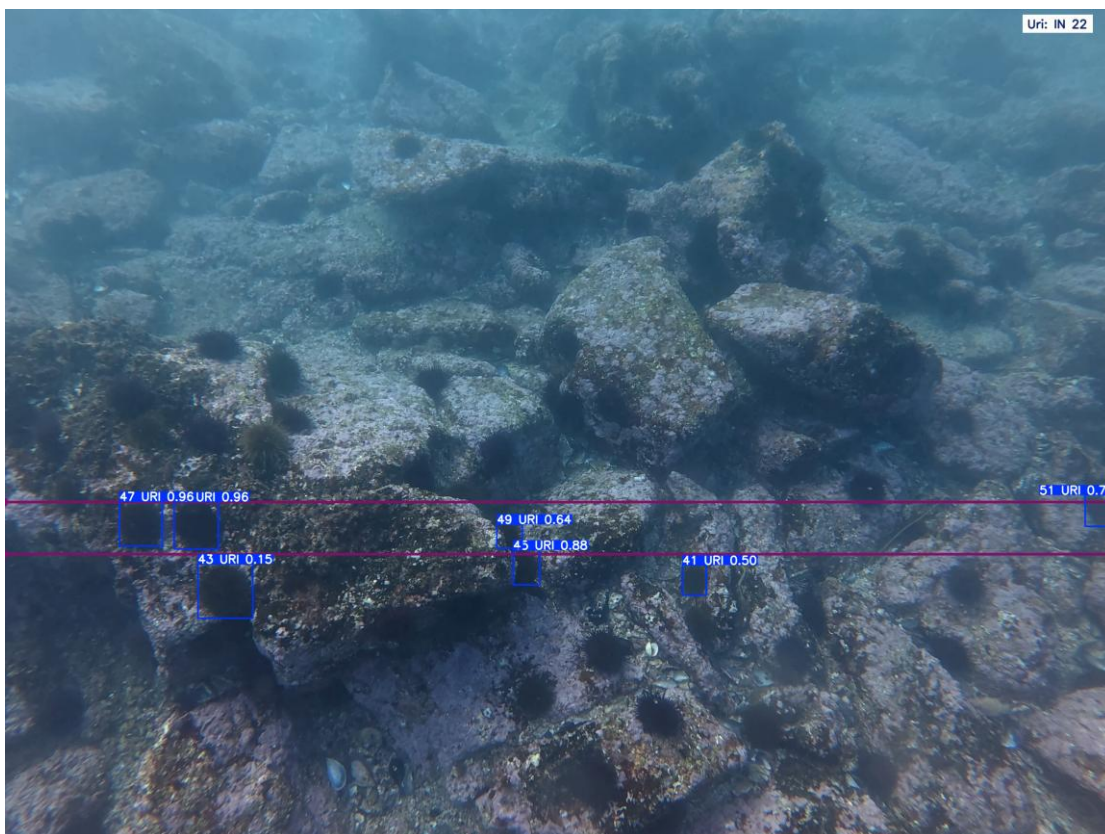
Entre os principais fitos acadados no desenvolvemento desta ferramenta de IA para identificar e cuantificar automaticamente ourizos de mar nas imaxes obtidas durante as saídas de campo mediante o ROV destacan:

- Creación dun conxunto de datos específico composto por 1.214 imaxes de fondos mariños anotadas e 9.991 deteccións manuais (é dicir, identificando e contando

manualmente os ourizos presentes en cada unha delas), estruturado cunha partición do 90 % das imaxes para o adestramento da rede neuronal e o 10 % para a súa validación.

- Deseño dunha estratexia de anotación focalizada (banda de 90 píxeles centrada na zona de incidencia do láser) para acelerar o etiquetado sen comprometer a calidade.
- Desenvolvemento de asistencia semiautomática mediante a integración de fluxo óptico en LabelMe, permitindo propagar anotacións entre fotogramas consecutivos e duplicar a produtividade aproximadamente en dous terzos dos casos.
- Adestramento dun modelo de detección Ultralytics YOLO 26 (variante Large, resolución 1440×1080 px), optimizado para un equilibrio entre precisión e velocidade, con 8 horas de adestramento e parada temperá ás 300 épocas (ciclos de adestramento da rede neuronal). YOLO (siglas de You Only Look Once, "só miras unha vez") é un tipo de modelo de intelixencia artificial deseñado para detectar obxectos en imaxes ou vídeo en tempo real. A diferenza doutros sistemas máis antigos que analizaban unha imaxe en varias etapas, YOLO examina a imaxe completa dunha soa vez e, nun único proceso, indica que obxectos hai e onde están (debuxando un recadro arredor de cada un). É especialmente rápido e eficiente, o que o fai moi útil cando se precisa analizar vídeo continuo, como na conducción autónoma, en sistemas de seguridade ou en mostraxes submarinas como as que se levaron a cabo en PERIZIA. YOLO non só indica "hai un obxecto", senón que tamén o clasifica (por exemplo, "ourizo de mar") e calcula a súa posición exacta dentro da imaxe. A súa combinación de velocidade e boa precisión converteuno nun dos modelos de detección máis utilizados en visión artificial.

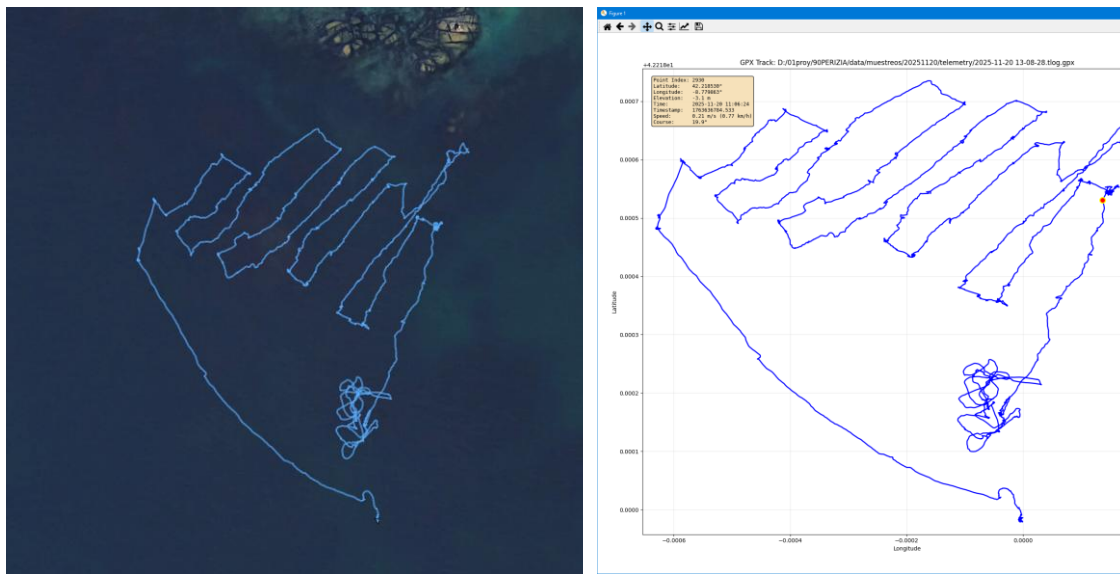
Os resultados cualitativos desta ferramenta (Figura 3) amosaron un bo rendemento en augas claras e fondos despexados a distancias próximas ao metro, mentres que a sensibilidade diminúe a maior distancia ou en fondos complexos con proliferación de algas, onde aparecen perdas de detección e algúns falsos positivos. Aínda así, os resultados son moi prometedores.



**Figura 3**

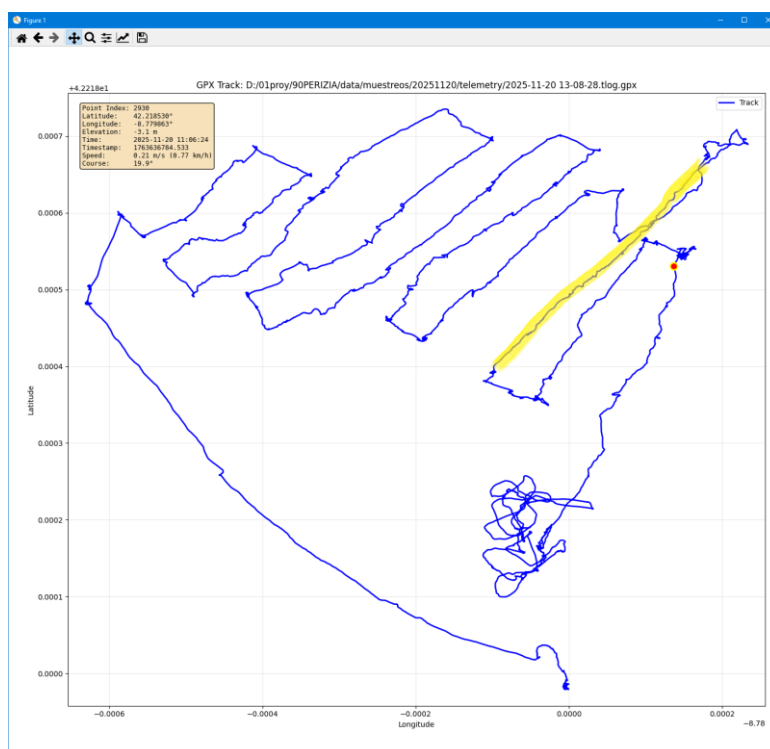
Un elemento clave do proxecto foi a integración de deteccións con telemetría DVL e datos de distancia ao fondo, sincronizados a posteriori mediante unha ferramenta propia de navegación vídeo + telemetría. Isto permitiu estimar o ancho efectivo do campo visual (1,47 m a 1 m de profundidade) e calcular a área de mostraxe por transecto como produto do ancho medio pola distancia percorrida.

Os resultados obtidos permiten transformar o vídeo subacuático en estimacións cuantitativas de densidade (ourizos/m<sup>2</sup>), comparables entre zonas e transectos. Na mostraxe realizada o 20/11/2025 coa Confraría de Vigo (Figura 4), o sistema procesou 10 transectos cun percorrido de 332 m e 626 m<sup>2</sup> de área estimada, detectando 5.381 ourizos e obtendo unha densidade media aproximada de **8,6 erizos/m<sup>2</sup>**.



**Figura 4**

Nun transecto de proba (3NE – Figura 5), con 41 m de percorrido e 77 m<sup>2</sup> de área, detectáronse 1.013 ourizos, acadando unha densidade estimada de **13,1 ourizos/m<sup>2</sup>**.



**Figura 5**

Ademais, a integración temporal da posición, distancia e predicións do algoritmo (a 2-3 Hz) permitiu dividir a área en cuadrículas regulares (por exemplo, 6×6 m) e xerar mapas de calor de densidade xeorreferenciada (Figura 6). Os datos exportáronse en formato GeoPackage, plenamente compatible con sistemas de información xeográfica como QGIS, facilitando análises espaciais detalladas e unha toma de decisións baseada en evidencias.

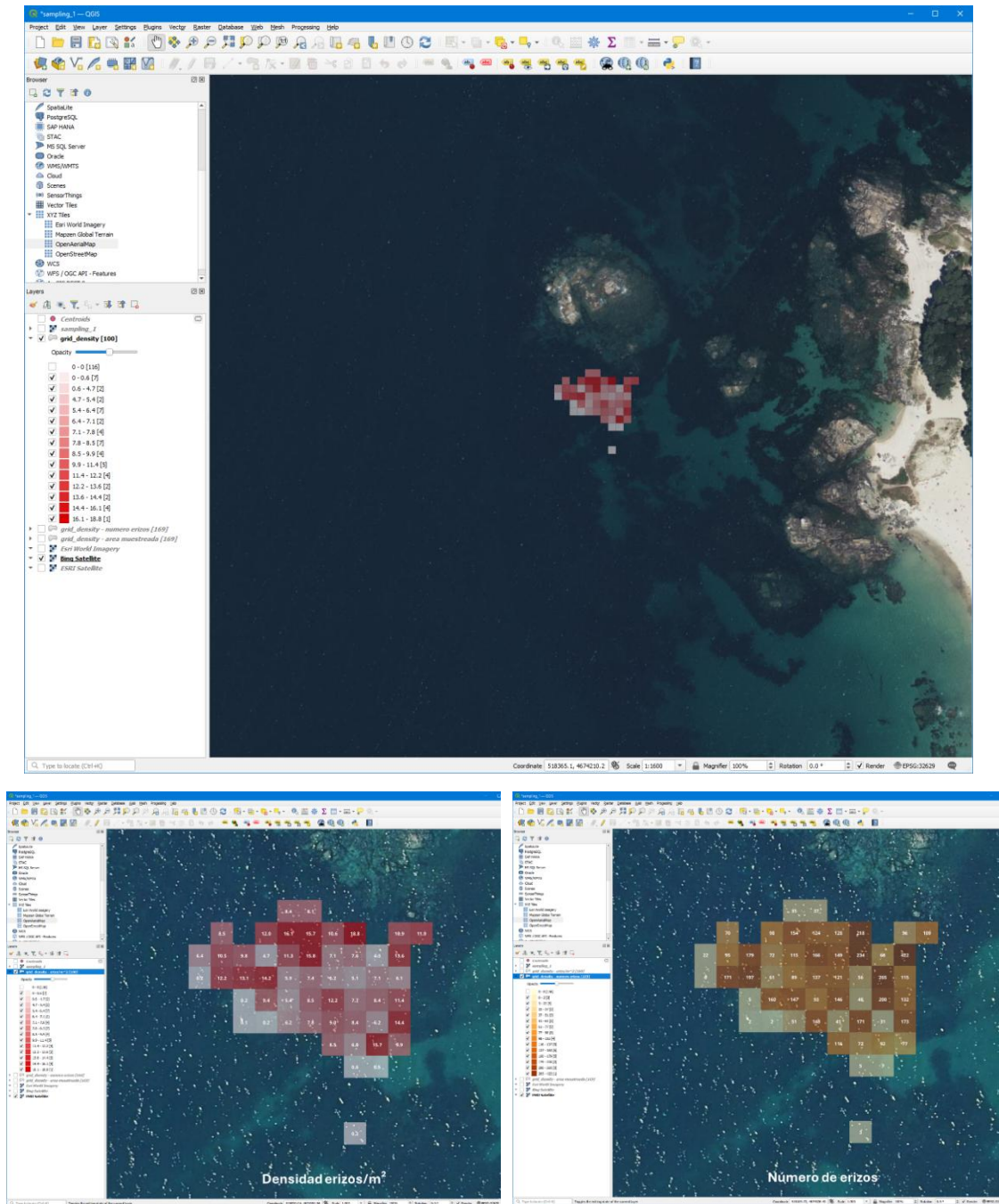


Figura 6

A validación fronte ao reconto realizado por un observador humano a partir dos vídeos obtidos co ROV amosou que, no transecto 3NE, o observador contabilizou 1.593 ourizos (20,6 ourizos/m<sup>2</sup>), mentres que o algoritmo detectou aproximadamente o 65 % dos individuos nese escenario. Máis que interpretarse como unha limitación, este resultado debe entenderse como un excelente punto de partida. PERIZIA foi un proxecto de proba de concepto no que todos os desenvolvementos partiron literalmente de cero: desde a selección e configuración de cámaras e ROV, o deseño do sistema de iluminación e posicionamento e a aprendizaxe do pilotaxe en condicións reais, ata a definición de protocolos de mostraxe e a creación completa do software de intelixencia artificial para identificar e cuantificar ourizos. Ter acadado estes niveis de rendemento nunha primeira iteración integral do sistema demostra a solidez do enfoque e proporciona unha base obxectiva, medible e mellorable para a optimización progresiva, tanto nos algoritmos de visión como na navegación, o calibrado xeométrico e a calidade do dato adquirido no campo.

Estes mapas de calor de densidade de ourizo (ourizos/m<sup>2</sup>) e as ferramentas SIX xeradas no marco de PERIZIA representan un salto cualitativo para pescadores, confrarías e administracións, ao transformar o vídeo subacuático en información obxectiva, xeorreferenciada e directamente utilizable para a xestión. Para os pescadores, permiten identificar con maior precisión as zonas de maior abundancia, optimizar o esforzo extractivo e reducir tempo e custos de busca, aumentando a eficiencia e a seguridade na planificación das campañas. Para as confrarías, supoñen unha base técnica sólida para reforzar a cogobernanza, deseñar vedas espaciais ou temporais máis axustadas á realidade do recurso, priorizar áreas de repoboación e argumentar decisións ante os seus propios socios con datos transparentes e comparables no tempo. Para a administración, estes mapas –integrables en formatos como GeoPackage e plenamente compatibles con sistemas SIX– facilitan análises espaciais avanzadas, avaliación de tendencias, control do cumprimento e deseño de políticas baseadas en evidencia científica de alta resolución, avanzando cara a modelos de xestión adaptativa e dixitalizada do ourizo de mar en Galicia.

O proxecto tamén permitiu identificar con rigor científico as limitacións actuais do sistema, entre elas:

- Perda de sensibilidade en condicións de baixa visibilidade, maior distancia ao fondo e fondos mariños complexos.
- Desafíos xeométricos na estimación precisa da área de mostraxe (irregularidade do fondo, erro DVL, distorsión da cámara, interferencias electromagnéticas no compás e deriva acumulativa).
- Necesidade de ampliar e diversificar o conxunto de adestramento para equilibrar sensibilidade e precisión, incluíndo técnicas de corrección de cor e *dehazing* submarino, adestramento multiescala e estratexias de *active learning*.

### 3. Conclusións

PERIZIA demostrou que é posible combinar ciencia, tecnoloxía e coñecemento local para modernizar o seguimento de recursos mariños estratéxicos. Os resultados obtidos –19 saídas de campo, máis de mil imaxes anotadas para adestrar o sistema, case dez mil deteccións manuais utilizadas para a aprendizaxe e a xeración de estimacións cuantitativas de densidade (ourizos/m<sup>2</sup>) comparables entre transectos e zonas– evidencian que a metodoloxía non só é tecnicamente viable, senón tamén operativamente aplicable en condicións reais de traballo coas confrarías.

A integración de vídeo subacuático, telemetría e algoritmos de detección automática permitiu transformar imaxes en datos obxectivos, xeorreferenciados e exportables a sistemas de información xeográfica (SIX), xerando mapas de densidade que poden incorporarse directamente aos procesos de avaliación e toma de decisións, tanto por parte das propias confrarías e os seus pescadores como da administración autonómica.

Tras validar a viabilidade técnica e científica do sistema, incluíndo a identificación transparente das súas limitacións e marxes de mellora –como a sensibilidade do algoritmo ou os retos xeométricos na estimación da área–, o proxecto senta as bases para a súa consolidación operativa en PERIZIA+, que comezou a finais de febreiro de 2026. Este novo proxecto está orientado a integrar estas ferramentas en modelos reais de cogobernanza adaptativa en Galicia e Asturias durante outros 18 meses (ata agosto de 2027). O seguinte paso xa non é demostrar que a tecnoloxía funciona, senón incorporala de forma estable aos protocolos de seguimento, planificación de campañas e deseño de medidas de xestión.

A transición desde metodoloxías tradicionais baseadas exclusivamente en recuento manual puntual cara a sistemas automatizados apoiados en intelixencia artificial representa un cambio estrutural na forma de avaliar e xestionar os recursos mariños. Supón pasar de estimacións máis limitadas en escala espacial e frecuencia temporal a xerar grandes volumes de datos reproducibles, trazables e comparables no tempo.

Con PERIZIA, o IIM-CSIC e a Federación Nacional de Confrarías de Pescadores consolidan un avance significativo cara a unha pesca artesanal do ourizo de mar máis sostible, transparente e baseada en coñecemento científico de alta resolución, fortalecendo a gobernanza participativa e aliándose cos obxectivos europeos de sustentabilidade e dixitalización do sector pesqueiro.

