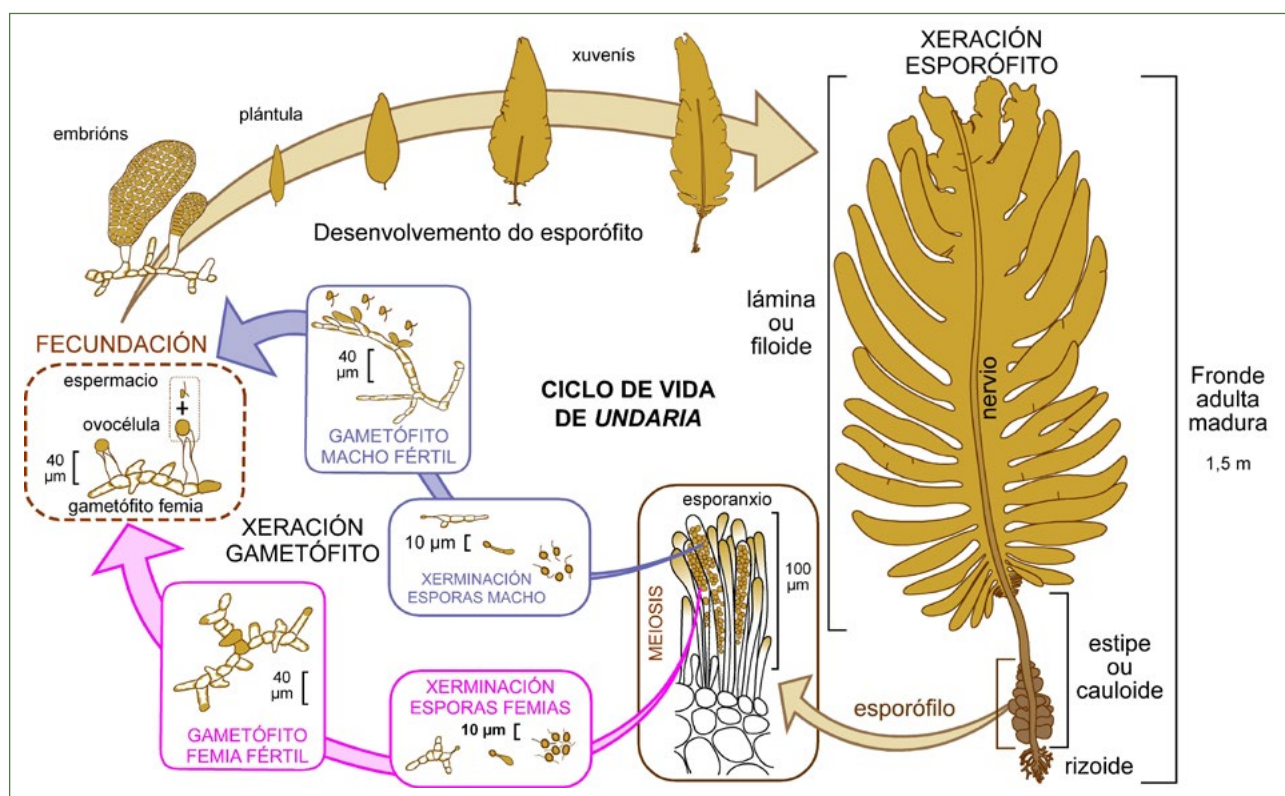


O caso da macroalga mariña *Undaria pinnatifida* en Galiza: de exótica cultivábel a invasora

César Peteiro*

Neste artigo descríbense de xeito introdutorio os trazos da macroalga asiática *Undaria pinnatifida*, coñecida como *wakame*, e revísase criticamente a súa historia no litoral de Galiza, desde a súa chegada fortuíta e o apoio de institucións públicas ao desenvolvemento do seu cultivo como macroalga comestíbel de interese comercial, ata a crecente consideración dos seus potenciais impactos ecolóxicos e a súa posterior catalogación como especie invasora, feito que levou á prohibición do seu cultivo, entre outras consecuencias. A partir deste caso, recóllense aprendizaxes e recomendacións, entre elas a necesidade de evitar o apoio institucional a proxectos de cultivo de macroalgas foráneas, así como de avaliar cientificamente os riscos ecolóxicos asociados á súa explotación e de establecer medidas de control eficaces e aplicábeis.



Ciclo de vida da macroalga *Undaria*, con alternancia entre dúas xeracións: unha fase macroscópica, o esporófito, formada por unha grande fronde de ata 2 metros, e unha fase microscópica, o gametófito, constituída por pequenos filamentos con células de poucas micras de diámetro · Ilustración por César Peteiro coa axuda de Antonio Secilla

Trazos biolóxicos, orixe e uso comercial

Undaria é un xénero de algas pardas mariñas pertencente ao grupo macroalgal Laminariales, coñecidas popularmente co nome xenérico de argazos en galego e de "laminarias" en castelán. Os argazos caracterízanse por ter un corpo vexetativo ou fronde de grande lonxitude e complexidade estrutural, cunha morfoloxía moi distintiva. Esta fronde, que nas especies do litoral galego xeralmente acadá entre 1 e 2 metros, presenta tres estruturas: os rizoides na base, cos que se fixan ao substrato rochoso mariño; o estipe ou caulóide, que se ergue desde a base; e, no ápice, a lámina ou filoide.

A fronde macroscópica dos argazos correspóndese cunha das xeracións do seu ciclo de vida característico, denominada esporófito por producir esporas, e altérnase

con outra xeración microscópica que pasa desapercibida, chamada gametófito por producir gametos sexuais que dan lugar a un novo esporófito, pechando o seu ciclo. Os gametófitos macho e femia están compostos por filamentos microscópicos de poucas células, de uns poucos micrómetros, que actúan como unha forma de dispersión e resistencia pola súa tolerancia a condicións ambientais adversas. Amais, cómpre subliñar que as frondes poden constituír fragas submariñas nas zonas rochosas do litoral, que achegan servizos ambientais e recursos esenciais para o funcionamento dos ecosistemas costeiros e para a nosa vida.

Un dos trazos distintivos de *Undaria* é a presenza dun esporófito na súa fronde fértil, unha estrutura reprodutiva singular situada no estipe onde se producen as esporas. Este esporófito está formado por expansións



Bolsas de “wakame” recollido no litoral galego para consumo humano como produto galego ecolóxico (esquerda). Sopa “miso” tradicional xaponesa, elaborada con esta macroalga, comercializada en restaurantes especializados nesta cociña e tamén como preparados dispoñíbel en supermercados de Galiza (dereita) · César Peteiro

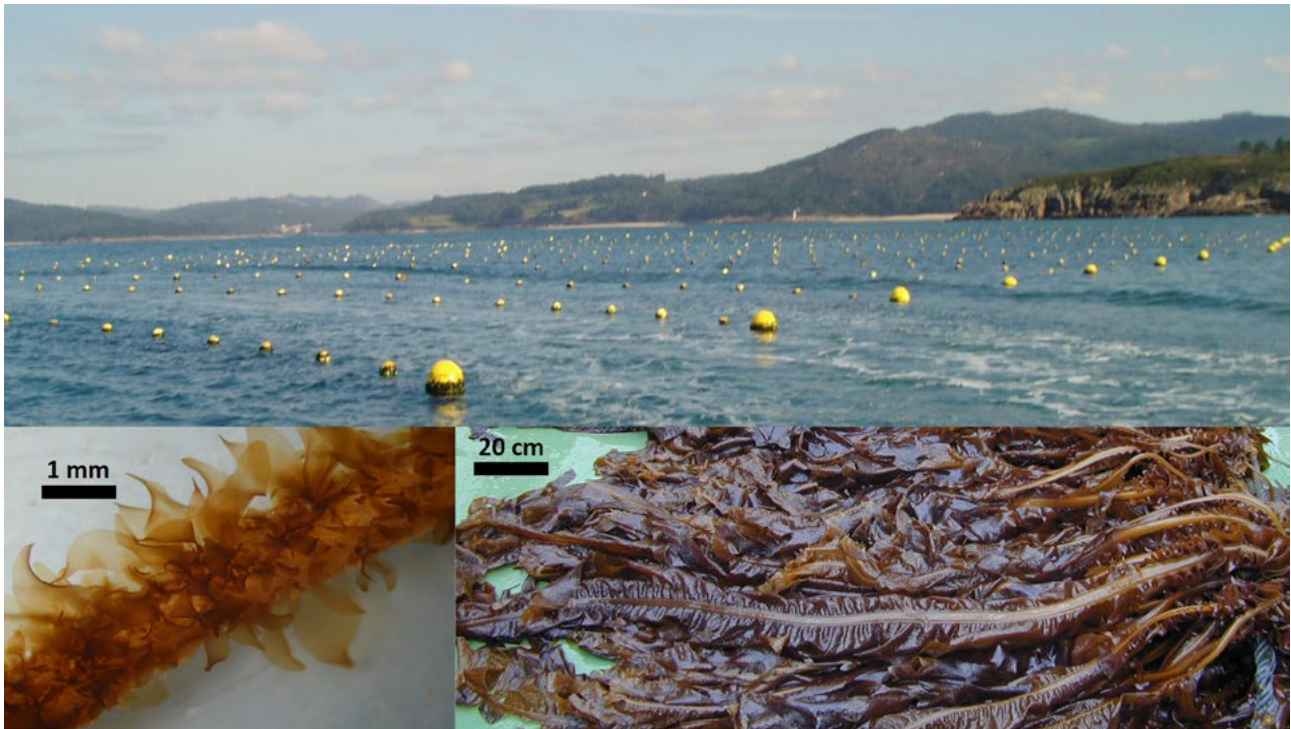
laminares lobuladas que se desenvolven a ambos os lados do estipe, adoptando unha aparencia de hélice. Así mesmo, a súa lámina ten tamén unha morfoloxía moi característica, cunha división pinnada e un nervio central. Por outra banda, fronte á maioría dos argazos con frondes perennes, *Undaria* presenta unha fronde anual, cunha lonxevidade de entre 5 e 7 meses, de crecemento marcadamente invernal e reprodución desde a primavera ata o verán, cando adoita morrer, mentres o gametófito desenvólvese durante o verán e pode permanecer latente como un banco de “sementes” varios anos. Aínda que en *Undaria* foron descritas varias especies, *Undaria pinnatifida* é o representante basal e máis destacado, que segundo recentes evidencias de estudos xenéticos, podería ser a única especie taxinómica válida do xénero. Esta especie é nativa das costas do Pacífico e distribúese principalmente polo Xapón e a península de Corea e, de

forma máis limitada, polo Extremo Oriente ruso e o sur de China. Nestas rexións de augas temperado-frías, medra en hábitats relativamente expostos do litoral, desde o intermareal inferior ata uns 20 metros de profundidade, con maior abundancia nos primeiros 5 metros.

O *wakame*, nome xaponés co que *U. pinnatifida* se comercializa e coñece mundialmente, é unha das macroalgas comestíbeis máis apreciadas no Xapón, Corea e China, onde conta cunha longa tradición culinaria. Emprégase en sopas, como a sopa miso xaponesa, así como en ensaladas, pratos de fideos e diversos alimentos procesados. Recentemente, o seu consumo estendeuse tamén aos países occidentais polas súas excelentes propiedades nutricionais e gustativas, impulsado pola globalización da cociña asiática, a alta gastronomía e o auxe das dietas vexetarianas e máis saudábeis. En Ga-



Poboación da exótica *Undaria pinnatifida* nas costas de Galiza durante a baixamar, cando quedan ao descuberto algunhas frondes de 1–1,5 m de lonxitude; destácase un exemplar coa súa morfoloxía característica na esquina inferior esquerda · César Peteiro



Etapas nun cultivo de *Undaria pinnatifida* nas costa de Galiza. Fío de plántulas producido no laboratorio para seu cultivo en mar fixado en cabos (abaixo esquerda). Aspecto dun parque flotante de cultivo no que se dispoñen os cabos sementados (arriba). Produción dun cabo de cultivo colleitado (abaixo dereita) - César Peteiro

liza, esta especie coñécese cos nomes de golfo, argazo xaponés ou folia xaponesa, mentres que en castelán recibe o nome de “abeto marino”. Aínda que o seu uso continúa a ser reducido, esta macroalga é cada vez máis habitual nos supermercados, tanto para consumo directo como incorporada a distintos produtos e pratos. A súa demanda é crecente e diferenciada da doutras macroalgas polo seu sabor singular, como amosa o aumento da explotación das súas poboacións naturalizadas no litoral galego, onde é hoxe a macroalga máis explotada e unha das máis valoradas, cun prezo medio de arredor de 10 €/kg en fresco (ou 90 €/kg en seco).

Chegada a Europa e inicio do cultivo

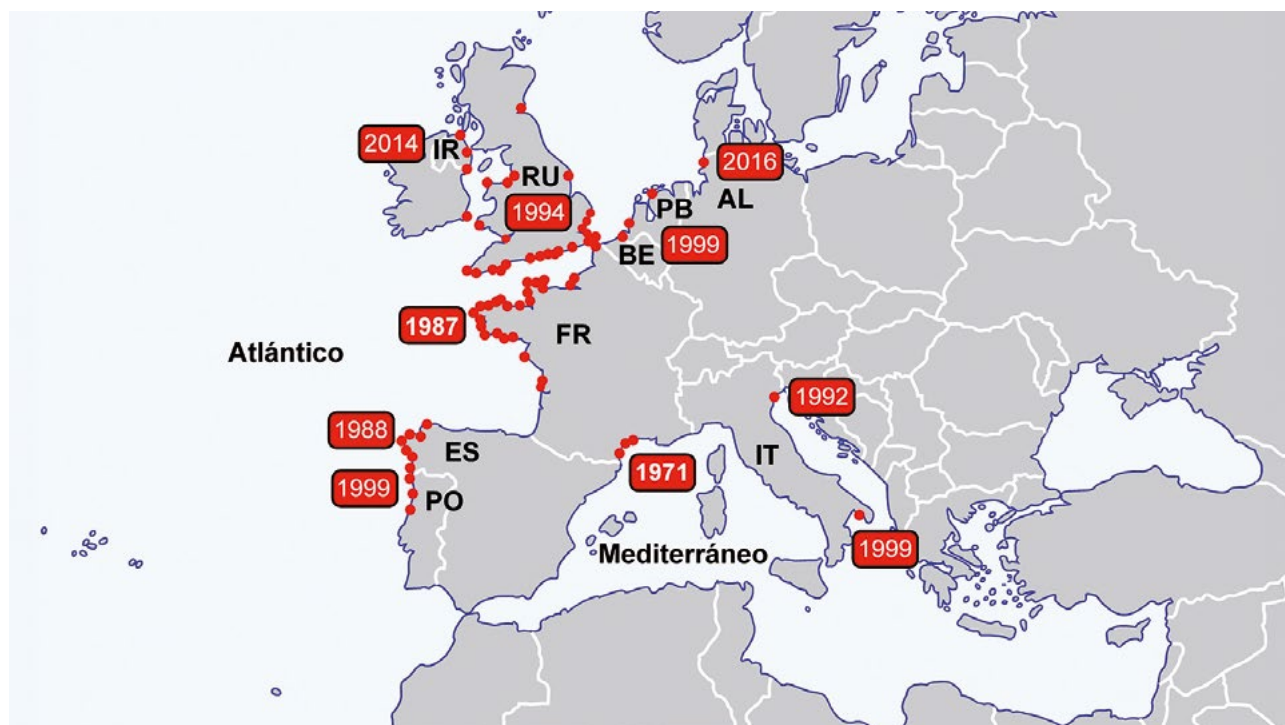
A especie asiática *U. pinnatifida* é unha das macroalgas que máis se estendeu fóra da súa área natural desde os anos 70, e hoxe está presente en Europa, Oceanía e América. En Europa apareceu por primeira vez en 1971 na lagoa de Thau, ao chegar accidentalmente adherida a sementes da ostra xaponesa (*Crassostrea gigas*) importadas desde Xapón. A fase de gametófito é moi resistente ás condicións adversas e pode permanecer durante anos á espera de reproducirse e formar novos esporófitos. Por iso, a especie pode introducirse con facilidade adherida a sementes ou outros organismos destinados á acuicultura, así como a través do transporte marítimo, ben incrustada nos cascos dos barcos ben na auga de lastre. Unha exitosa vía de introdución que se suma á súa elevada capacidade para sobrevivir, medrar e reproducirse en amplas condicións ambientais, tanto do gametófito como do esporófito.

Ante o interese comercial desta especie, investigadores do IFREMER (siglas en francés do Instituto Francés de Investigación para a Explotación do Mar) desenvolveron o seu cultivo integral, desde a produción de plántulas en

laboratorio ata o seu cultivo no mar sobre cabos en parques flotantes. Non obstante, os ensaios de cultivo en mar nas costas mediterráneas ofreceron resultados insatisfactorios polo baixo crecemento e produción dunha macroalga adaptada a augas temperado-frías. Por iso, a partir de 1984 decidiuse continuar estes cultivos nas costas atlánticas da Bretaña francesa, ao considerarse que as súas augas frías mellorarían a produción. O traslado foi aprobado coa premisa de que o risco de introdución sería mínimo, xa que os cultivos se colleitarían antes da reprodución das frondes. Con todo, esta decisión espertou inquedanza no grupo de traballo sobre introducións de organismos mariños do ICES (siglas en inglés do Consello Internacional para a Exploración do Mar), que en 1986 pediu investigar o seu posíbel establecemento en augas atlánticas europeas e o seu impacto. Os estudos constataron que, desde 1987, a especie xa establecera poboacións en localidades da Bretaña francesa onde se cultivaba. Non obstante, os traballos de campo indicaron que parecía pouco competitiva fronte a outras macroalgas nativas de argazos e que non ocasionaba problemas ambientais relevantes. Por iso, o ICES emitiu en 1989 un ditame no que non se opoñía ao seu cultivo en augas atlánticas europeas, ao non existir evidencias de efectos prexudiciais significativos. Cómpre salientar, porén, que isto ocorreu cando a especie aínda non se expandira por diferentes países da costa atlántica e cando tampouco existía ningún estudo que demostrase un posíbel impacto ecolóxico. A partir dos anos 90, algunhas empresas comezaron a cultivala a pequena escala na Bretaña francesa.

Aparición e cultivo na Galiza

A presenza de *U. pinnatifida* no litoral español rexistrouse por primeira vez en 1988, na ría de Arousa, nunha zona de cultivos mariños do Grove, onde chegou acci-



Mapa de aparición e expansión en Europa da macroalga *Undaria pinnatifida*, cuxa área de orixe se sitúa nas costas do Xapón. Os anos indicados no mapa mostran a data de introdución nos diferentes países ou rexións. Abreviaturas: Francia: FR; España: ES; Italia: IT; Reino Unido: RU; Países Baixos: PB; Bélxica: BE; Portugal: PO; Irlanda: IR; Alemaña: AL · Ilustración por César Peteiro

dentalmente, probablemente a través do cultivo de ostra xaponesa de orixe francesa. A partir de aí expandiuse axiña e de forma irreversible polo litoral galego, favorecida tanto pola intensa actividade acuícola e o transporte marítimo como polas condicións ambientais favorábeis das nosas costas, con augas frías e ricas en nutrientes.

Unha vez introducida, e de maneira semellante ao sucedido en Francia, estudouse a viabilidade do seu cultivo nas rías galegas mediante traballos de persoal investigador das universidades de Santiago de Compostela e da Coruña, en colaboración co Instituto Español de Oceanografía (IEO) en Santander. Estes estudos, financiados pola Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR), consistiron primeiro en pór a punto a produción de plántulas en laboratorio nas instalacións do IEO en Santander, empregando a metodoloxía do IFREMER. Isto permitiu realizar, entre 1993 e 1995, ensaios de cultivo no mar na ría de Arousa, que confirmaron a viabilidade do seu cultivo en Galiza, aínda que tamén puxeron de manifesto a necesidade de seguir optimizando a súa

producción. Estes ensaios retomáronse na década de 2000 por persoal da Universidade da Coruña e do IEO en Santander, co apoio de empresas do sector e financiamento do Plan Nacional de Investigación, da Xunta de Galicia e do propio IEO. O conxunto destes traballos permitiu asentarse as bases científicas e técnicas necesarias para o desenvolvemento da súa maricultura comercial en Galiza. A partir de entón, algunhas empresas comezaron a desenvolver algunhas iniciativas de cultivo comercial desta especie nas costas galegas.

Consideración como invasora e repercusións

Na década de 2000, o cultivo de *U. pinnatifida* empezou a ser cuestionado en Europa pola súa consideración como especie invasora ou potencialmente invasora, debido aos posibles impactos ecolóxicos asociados á súa introdución. A valoración destes riscos foi obxecto de controversia por mor de posicións científicas diverxentes nas que non foron alleos os intereses comerciais vinculados á especie. Esta consideración tomou visibilidade coa súa inclusión no libro *As 100 peores especies invasoras do mundo*, recompilado en 2004 pola Unión Internacional para a Conservación da Natureza (UICN). A isto sumouse a publicación, en 2007, por parte do ICES, dun traballo de revisión no que a consideraba como unha das tres macroalgas máis invasoras das costas atlánticas europeas, debido á súa introdución en numerosos países europeos. Amais de Francia e España, atópase en Italia, no Reino Unido, nos Países Baixos, en Bélxica, en Portugal, en Irlanda e en Alemaña. Tamén contribuíron a esta valoración estudos realizados en Italia e na Arxentina, que asociaron a súa introdución cunha perda de diversidade, aínda que moitos outros traballos noutros países non puideron demostrar un impacto negativo evidente. A pesar destas diferenzas, existe unha opinión bastante



Exemplar de *Undaria* no submarea · César Peteiro

xeneralizada de que, cando menos, presenta un risco potencial de impacto por alteración das comunidades biolóxicas e/ou das condicións dos ecosistemas costeiros.

Neste contexto, algúns países europeos adoptaron medidas específicas sobre esta macroalga exótica e o seu cultivo. En Francia, o cultivo de *U. pinnatifida* foi regulado con base nun informe científico elaborado por un grupo de expertos, limitándoo ás zonas onde xa se cultivaba desde había tempo e onde formaba poboacións densas, coa obriga dun control estrito para evitar a súa expansión e posibles impactos ecolóxicos. No caso de España, a evolución da súa consideración foi controvertida e acabou nos tribunais. Esta macroalga foi incorporada en 2011 ao primeiro Catálogo español de especies exóticas invasoras, a partir dunha avaliación consensuada por diversos científicos que concluía que podía constituír unha ameaza para as especies autóctonas e os ecosistemas. Non obstante, foi excluída en 2013 desa categoría por iniciativa da Xunta de Galicia, con base nun informe emitido por un profesor dunha universidade galega. A exclusión foi recorrida por unha organización ecoloxista e unha sentenza de 2016 anulouna ao entender que a decisión se baseaba nun informe elaborado por unha persoa con vínculos cunha empresa de cultivo de macroalgas, polo que se apreciaba “falta de obxectividade” (información dispoñíbel aquí). ◀

Coa inclusión de *U. pinnatifida* no Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, o seu cultivo quedou, con carácter xeral, restrinxido, así como a posesión, o transporte, o tráfico e o comercio, agás en supostos excepcionais legalmente autorizados. Con todo, a Xunta de Galicia, amparándose en que a explotación constitúe unha medida de xestión e control da especie, permitiu a súa recollida nos plans de xestión de recursos de algas en Galiza. Isto deu lugar a un novo preito, no que o tribunal avalou estes plans ao considerar que evitan a expansión da especie, xa que “a eliminación conséguese porque o seu destino final son os establecementos de transformación e procesado para converterse en material alimentario e non volve ao seu medio natural”. Aínda así, un maxistrado discrepante advertiu de que esta interpretación “parece converter o plan de xestión nun plan de erradicación” e que iso “supón perverter a finalidade dos plans de xestión de recursos”, pois estes “teñen por obxecto a explotación racional e sostíbel dos recursos, non a súa erradicación, como resulta da súa propia definición” (información dispoñíbel en *Praza.gal*). A día de hoxe non existen en Galiza, ou cando menos non se coñecen, os requisitos aplicados á recollida comercial cos que teoricamente controlan as súas poboacións. Porque segundo cales sexan, poderían mesmo favorecer o seu mantemento ou incluso expansión; por exemplo, se non se prohibe deixar esporófitos no medio durante a recollida ou se non se esixe esterilizar o material empregado. Tampouco se coñecen os efectos que esta explotación está tendo sobre a distribución e abundancia da especie.

Aprendizaxes e recomendacións do caso

Deste caso poden extraerse diversas aprendizaxes e recomendacións para as administracións públicas e a comunidade científica, entre as que se destacan as seguintes:

- **Avaliar os riscos e impactos que as macroalgas exóticas poden xerar na rexión, tanto de carácter ecolóxico**

(incluído o xenético) como ambiental, económico, sanitario, social e cultural. Esta avaliación debe abranguer tanto as actividades de cultivo como a explotación das poboacións silvestres e acompañarse de medidas eficaces e viábeis de prevención, control e seguimento. Cómpre, ademais, garantir que estas avaliacións sexan realizadas por grupos de traballo multidisciplinares, integrados por persoas expertas de diferentes perfís científicos e institucións, para asegurar análises rigorosas e independentes.

Destacar, neste punto, que hoxe non existen en Galiza, ou cando menos non se coñecen, estudos específicos que avalíen o impacto de *U. pinnatifida* sobre as especies e comunidades nativas de flora e fauna, nin medidas específicas de control das súas poboacións ou requirimentos aplicados na recolla comercial para garantir ese fin.

- **Evitar o financiamento con fondos públicos de proxectos ou investigacións sobre o cultivo de macroalgas exóticas** mentres non existan evidencias científicas sólidas e sostidas no tempo que acrediten a ausencia de impactos relevantes.

Neste punto, cómpre salientar que na actualidade se están a financiar con fondos públicos proxectos de investigación sobre o cultivo de macroalgas exóticas, como o da macroalga verde *Ulva ohnoi*. Esta especie foi introducida desde Xapón e descrita nese país como causante de mareas verdes con importantes impactos ecolóxicos e económicos, riscos que poden ter tamén un grande impacto en Galiza.

- **Estabelecer un marco regulador máis flexíbel para as especies exóticas invasoras**, que supere a lóxica de non limitar nada nas especies exóticas e prohibilo todo cando pasan a ser catalogadas como invasoras. Isto debería permitir aplicar o principio de precaución ás especies aínda non catalogadas e, en casos moi xustificadas, contemplar a posibilidade de explotación ou cultivo de especies invasoras, sempre baixo criterios exclusivamente científicos e públicos.

Bibliografía

Cremades J., Freire Ó. & Peteiro C. (2006). Biología, distribución e integración del alga alóctona *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en las comunidades bentónicas de las costas de Galicia (NW de la Península Ibérica). *Annales del Jardín Botánico de Madrid*, 63(2), 169-187.

Pérez-Cirera J.L., Salinas J.M., Cremades J., Bárbara I., Granja A., Veiga A.J. & Fuertes C. (1997). Cultivo de *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 7, 3-28.

Peteiro C., Sánchez N. & Martínez B. (2016). Mariculture of the Asian kelp *Undaria pinnatifida* and the native kelp *Saccharina latissima* along the Atlantic coast of southern Europe: An overview. *Algal Research*, 15, 9-23.

Shan, T., Tanada, N., Choi, H. G., Yotsukura, N., Zhang, R., Yoshizumi, K., Miyadai, M. e Peteiro, C. (2026). *State-of-the-art in the utilization and cultivation of Undaria*. En V. A. Mantri (Ed.), *Commercially important seaweed resources and their cultivation*. Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), Wallingford, UK.

Wallentinus I. (2007). Alien species alert: *Undaria pinnatifida* (wakame or Japanese kelp). ICES *Cooperative Research Report*, No. 283, 36 pp.

*César Peteiro. Científico Titular no Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO) do CSIC.