

Francisco Díaz-Fierros Viqueira 

Os “límites planetarios” en Galicia. Cambios de usos na terra, consumos de auga, nitróxeno e fósforo

Recibido: 9 xaneiro 2024 / Aceptado: 1 xullo de 2024
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2024

Resumo Realízase para Galicia (NO España) unha avaliación dos Límites Planetarios (Rockström, 2009) nos cambios de uso na terra, consumos de auga, ciclos do nitróxeno e do fósforo. Os dous primeiros atópanse na zona de seguridade coas variables de control por debaixo dos límites propostos (Steffen et al. 2015) mentres que os dous seguintes, teñen superado xa estes límites e sitúanse na zona de perigo do sistema-terra.

Verbas clave límites planetarios, riscos globais, resiliencia, sistema-terra.

The planetary boundaries from Galicia. Land system change, freshwater use, nitrogen and phosphorus

Abstract This paper assesses the Planetary Boundaries framework (Rockström, 2009) for Galicia (NW Spain) concerning the land-system change, freshwater use, as well as the nitrogen and phosphorus cycles. The first two boundaries lie in the safe operating space since the control variables are set under the proposed limits (Steffen et al., 2015), whereas the other two transgressed them and they lie in the high-risk zone in the Earth-system.

Key words planetary boundaries, global risks, resilience, earth-system.

Francisco Díaz-Fierros Viqueira
Catedrático Emérito de Edafoloxía e Química Agrícola
Universidade de Santiago de Compostela

<https://doi.org/10.15304/rr.id10048>



Introdución

As raíces dunha visión pesimista sobre a capacidade do planeta terra para soste-la unha poboación que medra exponencialmente, témola que situar xa nas teorías de Thomas Malthus (1766-1834), pero unha formulación máis actual que empataría co movemento crítico sobre os modelos vixentes de crecemento habería que relacionala co traballo do economista Kenneth E. Boulding sobre “A economía da nave espacial terra” (1966) na que contrapoñía a que definía como “economía do cowboy” adaptada aos espazos abertos, con amplos recursos e un sistema de consumo desbaldidor, arrogante e mesmo violento, fronte á “economía do astronauta” que tiña que adaptarse a un espazo pechado de recursos limitados e, polo mesmo, cun sistema de consumo austero e ben axustado ás dispoñibilidades reais, que era o que propoñía para o futuro dun planeta terra que estaba xa a amosar en moitos lugares os límites na explotación dos seus recursos. Esta imaxe do planeta terra como unha nave espacial, tivo moito éxito e mesmo o primeiro Cumio Ambiental celebrado polas NNUU en Estocolmo en 1972 amosaba como logotipo a un ser humano pechado nun círculo e como lema “Unha soa terra”. Nese mesmo ano, o Club de Roma, en colaboración co MIT publicaba *Os Límites do Crecemento* no que se presentaba un conxunto de modelos de desenvolvemento da economía mundial para diferentes alternativas no emprego dos recursos cos que se predicía que de seguir os ritmos de consumo vixentes, a partir do ano 2000, poderían comezar a producirse unha serie de “colapsos” na súa dispoñibilidade.

Desde esa década dos setenta, clave para o comezo do desenvolvemento dos movementos ambientais, comezaron a sucederse toda unha serie de estudos sobre a existencia de límites nos diferentes ámbitos económicos, ata a formulación no 2009 da alternativa que tivo máis vixencia nos medios científicos actuais. Foi a realizada por un grupo de 29 científicos liderados polo sueco Johan Rockström e denominada “Os Límites Planetarios: un espazo seguro

para as actividades da humanidade”. Nela definíanse nove “límites” que non deberían ser superados polas actividades da economía mundial se non se quería entrar nun espazo de perigo e incerteza para o ser humano. Tomando como referencia as condicións ambientais dos dez mil anos de estabilidade planetaria do Holoceno, definíronse como límites, o cambio climático, a perda de biodiversidade, os ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo, os cambios de uso das terras, a destrución do ozono estratosférico, a acidificación dos océanos, o uso da auga doce, os aerosois atmosféricos e a contaminación química. Para cada un deles definíronse unha ou máis variables de control (p.e. o contido en dióxido de carbono da atmosfera para o límite referido ao cambio climático) as que lle foron asignadas valores numéricos que limitaban unha zona de “seguridade”, por enriba da cal se definía un espazo de perigo para o sistema terrestre. Daquela, xa se consideraba que foran traspasados tres límites planetarios (LPs): o cambio climático, a perda de biodiversidade e o ciclo bioxeoquímico do nitróxeno. Posteriormente, foron realizadas revisións da proposta orixinal, no ano 2015 (Steffen et al.), e moi recentemente, en setembro do 2023 (Richardson et al.) Nesta última, estimábase que son xa seis os límites planetarios superados.

Polo interese que esta proposta dos LPs suscitou nos medios académicos e mesmo políticos⁽¹⁾ e polas repercusións que a súa aplicación puidera chegar a ter no medio rural foi polo que se considerou de interese coñecer as implicacións que esta teoría e as normas que delas xa se están a derivar a escalas global e nacionais, puideran representar para Galicia.

A rexionalización dos LPs

Aínda que os LPs e as súas variables de control foron definidos orixinalmente a unha escala global referida a todo o planeta terra, aos poucos anos, como consecuencia do interese que despertaron na comunidade científica e política, naceu a demanda da súa posible adaptación a menores escalas (nacional, rexional, sectorial, etc.), que era a única maneira en que puideran ser empregados como un instrumento orientador e normativo para as políticas medioambientais. E así, no 2013, Nykvist et al., propuxeron unha metodoloxía de rexionalización para Suecia das variables de control dos LPs baseada esencialmente no suposto de traballo dunha distribución repartida homoxéneamente entre a poboación mundial, polo que os valores *per capita* das variables, eran os datos de referencia que se aplicaban ás condicións suecas. Dous anos despois, Steffen et al. (2015), con parte do equipo orixinal que formulou a proposta, na revisión dos LPs que publicaron, recoñecían tamén a necesidade desta rexionalización e realizaban unha proposta propia que se centraba naqueles LPs nos que “as escalas operativas tiñan unha forte dependencia rexional” como era o caso dos fluxos xeoquímicos do nitróxeno e do fósforo, a integridade da biosfera, os cambios nos “land-systems”, o uso da auga doce e a carga en aerosois da atmosfera. Definían un sistema de avaliación dos LPs de dúas

variables: a nivel global e subglobal, propoñendo para este último nivel e para catro dos nove LPs considerados orixinalmente, como unidades territoriais das variables de control, as seguintes: para os cambios nos “land systems”, os biomas – nomeadamente o forestal -, para os usos da auga, as grandes cuncas hidrográficas, e para os cambios nos fluxos xeoquímicos, os consumos por superficie agrícola destes nutrientes. Os restantes límites, por problemas fundamentalmente metodolóxicos dunha definición máis consistente das variables, non foron considerados nese traballo.

Houbo máis estudos a nivel subglobal, como os de Dearing et al. (2014) para a China, Hoff et al. (2014) para a EU, Dao et al. (2018) para Suíza e o de Marquet et al. (2022) para Chile, entre outros. No 2016, Fanning e O’Neill da Universidade de Leeds (UK), realizaron unha avaliación dos LPs para España e Canadá, empregando fundamentalmente a metodoloxía proposta por Steffen et al. (2015) e con ela atoparon que tanto ao nivel do estado (España) como da comunidade analizada (Andalucía) os límites relativos aos nutrientes, auga, cambios de uso da terra e, a maiores, as emisións de dióxido de carbono que tamén foron estudadas, estaban xa sobrepasados.

Neste traballo, relativo a Galicia, vaise empregar a metodoloxía proposta por Steffen et al. (2015) non só porque corresponde á da institución que os definiu orixinalmente e está a mellorar en diferentes alternativas as definicións e cálculos dos LPs, se non porque é tamén a que se está a utilizar, con diferentes variantes, na maioría das avaliacións realizadas ata agora. A proposta máis recente, de Richardson et al. do 2023, aínda que propón melloras substanciais na medida das variables de control, ofrece, polo momento importantes dificultades para a aplicación destes parámetros a escalas subglobais.

Metodoloxía

Cambio de uso das terras

De acordo con Steffen et al. (2015) a variable de control que define este LP sitúase a nivel de bioma e calcúlase a partir da superficie forestada actual, segundo o criterio da FAO⁽²⁾ e no noso caso, de acordo cos *Primeiros Resultados do Inventario Forestal Continuo de Galicia* (Xunta de Galicia, 2023). Con relación a superficie forestada potencial tomase como referencia a que se atoparía no Holoceno no momento da súa máxima expansión (8.000 a 6.000 BP). Para coñecer cal sería a superficie que ocupaba en Galicia o bosque no Holoceno utilízanse como referencia os mapas que Zanon et al. (2018) publicaron sobre a extensión do bosque en Europa desde os 12.000 anos BP ata os 1.000 BP a partir de datos palinolóxicos, sensores remotos e modelos analóxicos actuais. Para os diferentes biomas, segundo Steffen et al. (2015) aplícase un factor de redución (do 0.85 nos biomas tropical e boreal e do 0.50 no bioma temperado).

Utilización da auga doce

A variable de control sería a correspondente á máxima cantidade de “auga azul”⁽³⁾ permitida dunha determinada cunca, expresada como porcentaxe do fluxo medio mensual. O LP proposto de auga doce utilizable para o nivel de cunca, sería o correspondente ao 25 % dos períodos de fluxo baixo, máis o 30 %, do intermedio e o 55 %, do alto. A segmentación dos tres períodos propostos realizarase a partir do traballo de Pastor et al. (2014), que denomina fluxo alto ao correspondente aos valores superiores ao 80 % dos caudais mensuais, intermedio, ao situado entre o 80 e o 40 % e baixo, os inferiores ao 40 %. Neste traballo utilizouse como valor de referencia o correspondente as oito cunhas máis importantes (Navia-Grandas, Eo, Eume, Anllóns, Tambre, Ulla, Lerez, Miño e Sil-A Frieira, e Limia), que supoñen o 68 % da superficie total galega (Díaz-Fierros et al., 1993) e un procedemento simplificado de cálculo a partir de un ordeamento previo dos doce caudais mensuais, de maior a menor, e a selección dos tres meses de máis caudal como fluxo alto (suporía o 79 % fronte ao 80 % proposto no traballo orixinal) e os catro meses de menor caudal, como fluxo baixo (o 37.5 % fronte ao 40%). Os cinco meses restantes corresponderían ao fluxo mensual intermedio. Os datos de caudais medios mensuais das principais cuncas de Galicia, foron tomados de Río Barja e Rodríguez Lestegás (1992).

Ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo

De acordo con Steffen et al. (2015) a variable de control para o nitróxeno sería de 62 Tg. ($62 \cdot 10^9$ Kg.).ano⁻¹, que referida á superficie total de terra arable⁽⁴⁾ do planeta ($1.550.308 \cdot 10^3$ hectáreas, no 2015), segundo o *World Food and Agriculture Yerrbook. 2022*, que sería só lixeramente inferior ao do 2020, de $1.561.668 \cdot 10^3$ hectáreas, serían de 40 kg. ha. ano⁻¹. Para o fósforo, a variable de control sería

de 6.2 Tg. ano⁻¹ que referida á superficie global de terra arable resultaría de 4.0 kg. ha. ano⁻¹. A cantidade de nitróxeno empregado en Galicia, obtense dos datos achegados polo *Balace del nitróxeno en la agricultura española. Año 2016* (MAPA, 2018) xa que os balances posteriores publicados non inclúen, entre outros datos, o do nitróxeno fixado bioloxicamente, dato necesario para aplicalo ao cálculo dos LPs. Para o fósforo, téñense en conta os datos do achegado como abono mineral do MAPA do ano 2020 (estatísticas dos anos seguintes están afectadas pola pandemia) e para o fósforo orgánico, o derivado dos datos do *Balace de nitróxeno de la agricultura española-2016*, MAPA, 2018), así como a relación 11.8 referida ao nitróxeno achegado, que é a que se acepta, a nivel global, para os vertidos destes nutrientes ás augas (Steffen et al. 2015), relación que por outro lado non difire moito da atopada para os abonos orgánicos galegos entre estes nutrientes, que foi de 12.0 para o de vacún e de 11.5 para o de porcino (Carballas e Díaz-Fierros, 1990).

Resultados

Cambio de uso das terras

De acordo cos mapas de Zanon et al. (2018) a porcentaxe de superficie arborada de Galicia para o período comprendido entre os 8.000 BP e 6.000 BP sería do 60 %. Aplicándolle o factor 0.50 á superficie total de Galicia, o resultado final para a variable de control rexionalizada sería: $2.957.400 \text{ ha} \times 0.60 \times 0.50 = 887.720 \text{ ha}$.

E de acordo cos datos dos Primeiros resultados do Inventario Forestal Continuo de Galicia (Xunta de Galicia, 2023) a superficie forestal arborizada (eucalipto, coníferas e frondosas) e non forestal arborizado (eucalipto, coníferas e frondosas), sería: 1.349.632 ha.

Cunca	C. alto x 0.55	C. medio x 0.30	C. baixo x 0.25	TOTAL
Navia	159	78	10	247
Eo	73	37	14	674
Eume	143	76	17	236
Anllóns	33	14	3	50
Tambre	204	79	13	296
Ulla	216	102	16	334
Lerez	54	17	5	76
Miño-Sil	741	374	81	1.196
Limia	105	39	5	149

Táboa 1.- Caudais medios das principais cuncas galegas, en Hm³ (Río Barja e Rodríguez Lestegás, 1993) multiplicados polos coeficientes propostos por Steffen et al. (2015) para o cálculo da variable de control relativa ao uso da auga doce

Table 1.- Mean water flows in the main Galician basins in Hm³ (Río Barja & Rodríguez Lestegás, 1993) multiplied by the coefficients proposed by Steffen et al. (2015) to calculate the freshwater use control variable

Utilización da auga doce

Os valores de caudais medios das principais cuncas galegas, intermedio e alto, como propoñen Steffen W et al. (2015) para o cálculo da variable de control correspondente, preséntanse na Táboa 1. Os valores totais das cuncas consideradas serían de 2.708 Hm³ que referidos ao total da superficie galega ⁽⁵⁾ darían o valor correspondente á variable de control de: 3.982 Hm³.

Para coñecer as demandas en auga dos diferentes usos, unha referencia fundamental segue a ser o *Libro Blanco del Agua en España* (2000) (LBA), pola consistencia da súa metodoloxía e a posibilidade de poder analizar os datos de Galicia dun xeito homoxéneo a partir das informacións correspondentes as cuncas Norte I, Norte II e Duero. Unha alternativa máis actual, aínda que con algúns problemas relativos aos datos da rega sería a correspondente aos Planos de Cuencas Hidrográficas (PHC) de Galicia-Costa e Miño-Sil que aparecen no *Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España. Año 2021*, do MITECO. Para referilos á totalidade do territorio galego, os datos correspondentes a Galicia-Costa multiplícanse polo factor 1.13 para integrar a superficie galega das cuncas do Navia e do Eo e na cunca Miño-Sil polo factor 0.87 para descontar a parte correspondente ao Sil superior (non galega) e integrar a relativa a cunca do Duero (Díaz-Fierros, Nuñez e López, 1993). Estes datos aparecen na Táboa 2. Con relación aos usos urbanos e industrial, as dúas fontes de información presentan datos coherentes, cun lixeiro aumento dos valores, perfectamente xustificable, nos referentes ao ano 2021 fronte aos do ano 1998 (data dos datos do LBA).

O problema está nos datos do uso agrario e, máis concretamente, nas superficies regables que considera cada informe. Segundo noso criterio, os datos dos PHC que se nutren só das regas administrativamente recoñecidas é claramente insuficiente. O PHC con datos do ano 2015 consideran como zonas de rega, no caso de Galicia-Costa, de 4.327 ha a 7.593 ha e, na do Miño-Sil, 15.078 ha. En cambio, o *Plan Nacional de Regadíos-Horizonte 2008* do MAPA, estima estes valores para Galicia nas 85.400 ha e Neira et al. (1994) en 135.000 ha., valor este último que consideramos é o que se achega máis á realidade. Por

estas razóns aceptamos como valores de referencia para usos urbanos e industriais os do *Informe* do MITECO do 2022 (que tamén xa inclúe a acuicultura como uso, algo que no facía o do LBA, do 2000) pero para os correspondentes ao uso agrario, os substituímos, en cambio, polos do LBA (2000) que responden mellor á realidade galega da rega. En consecuencia, a demanda total da auga en Galicia sería (330 + 983 + 170 + 391): 1.874 Hm³. ano⁻¹.

Ciclos bioxeoquímicos do nitróxeno e do fósforo

Na Táboa 3, preséntanse diferentes alternativas de aplicación de fósforo e nitróxeno aos cultivos segundo sexa o tipo de fertilizante (mineral ou orgánico) así como o tipo de superficie sobre a que se refire o cálculo (SAU ou SAU+PP)⁽⁶⁾.

Os valores de referencia segundo Steffen et al. (2015) serían os subtotais aplicados á SAU: 52.3 N/SAU e 4.98 P/SAU.

Discusión

Os límites planetarios están a se fundamentar na teoría que considera a Terra como un sistema pechado cunha estrutura e, sobre todo, unhas funcións e procesos que están fondamente interrelacionados. A estabilidade que caracterizou a este sistema-terra nos últimos dez mil anos rematou cunha etapa de importantes alteracións a partir do século XVIII coa chegada da Idade Industrial, de tal magnitude que na actualidade estase a temer que se poidan superar xa determinados puntos de inflexión a partir dos cales se vexa comprometida seriamente a capacidade de resiliencia do planeta. Co a idea de facer compatibles o desenvolvemento económico coa estabilidade do sistema-terra foron definidos, no 2009, os nove Límites do Planeta cos que se pretendían definir un “espacio de seguridade para as actividades das sociedades humanas actuais” (Steffen et al. 2015). Estes límites foron definidos considerando sobre todo os problemas que podían xerarse ao ser superados determinados niveis de seguridade que se caracterizaban por parámetros ou variables de control específicas.

Usos da auga	<i>Libro Blanco del Agua</i> (2000)	PHC Galicia-Costa x 1.13	PHC Miño-Sil X 0.87	PHC Galicia-C + Miño-Sil
Urbano	299	249	81	330
Industrial	146	141	29	170
Agrícola	983	35	267	302
Acuicultura	- - - -	306	85	391

Táboa 2.- Demandas de auga (en Hm³. ano⁻¹) para os diferentes usos segundo o *Libro Blanco del Agua en España* (2000) e o *Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España* (MITECO, 2022)

Table 2.- Water demands (Hm³/year) for different uses, according to *Libro Blanco de Agua en España* (2000) and “*Informe de seguimiento de los PHC y de los recursos hídricos de España* (MITECO, 2022)”

Tipo de fertilizante	Kg N/ ha SAU	Kg P/ha SAU	Kg N/ha SAU + PP	Kg P/ha SAU + PP
Mineral	36.0	4.98	31.90	3.04
Fixación Biolóxica	16.3	--	9.94	--
SUBTOTAL	52.3	4.98	41.84	3.04
Abonos orgánicos	77.1	6.53	46.34	3.92
TOTAL	129.4	11.51	88.18	6.96

Táboa 3.- Abonado nitróxeno, segundo seu tipo (Balance del nitrógeno en la agricultura española. Año 2016 , MAPA, 2018) referido a SAU e PP segundo o IGE (2020). Abonado fosfatado, mineral, segundo datos do MAPA 2016 e orgánico aplicando o coeficiente de transformación N/P de 11.8 (Steffen et al. 2015)

Table 3.- Nitrogen fertilization by type (Balance de nitrógeno en la agricultura española, 2016, MAPA, 2018) as regards SAU and PP, according to IGE (2020) Phosphated, mineral fertilization, according MAPA 2016 and organic fertilization applying the N/P transgression coefficient of 11.8 (Steffen et al. 2015)

Destes nove límites, dous deles, o cambio climático e a integridade da biosfera, consideráronse como “nucleares” polo seu carácter máis xeral e de control sobre outros moitos procesos e funcións. Así mesmo, polo seu carácter global, eran tamén os que presentaban máis dificultades para a súa desagregación en unidades territoriais menores. Os sete límites restantes foron obxecto de diferentes procesos de rexionalización, nomeadamente os relativos a cambios no sistema-terra, usos da auga e ciclos do nitróxeno e do fósforo, e que foron os que se tiveron en consideración neste traballo.

Cambios no sistema-terra

Neste caso, foi escollida como variable de control a porcentaxe de cambio na superficie forestal perdida con relación ao máximo acadado no Holoceno polo seu importante papel como regulador do contido en dióxido de carbono da atmosfera, a integridade do solo e a calidade das augas. Foi considerada toda a superficie forestal e reforestada actual, e non se tivo en conta só a correspondente aos bosques denominados “naturais” que son reservas fundamentais da biodiversidade, porque esta variable xa se considerou no límite “nuclear” correspondente á integridade da biosfera. En Galicia, o importante proceso de reforestación que ocupou unha boa parte do século XX e comezos do XXI, supuxo que a superficie potencial acadada polo bosque no Holoceno e a variable de control correspondente (887.720 ha) fora superada amplamente na actualidade (1.349.632 ha) polo que segundo os criterios de Steffen et al. (2015) atopariámonos dentro do nivel de “seguridade” definido por esta variable.

Usos da auga

Para a definición da variable de control tívose en conta a necesidade de garantir uns caudais mínimos que permitirán un mantemento sostible das principais funcións derivadas da auga, nomeadamente, as de tipo ambiental. Dos numerosos métodos de medida destas caudais,

coñecidos coloquialmente como “ecolóxicos”, Steffen et al. (2015) propuxeron o de Pastor et al. (2014). De acordo con el, o caudal anual mínimo que habería que garantir sería de $3.982 \text{ Hm}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$, que está aínda moi por enriba do total das demandas anuais en auga de Galicia para as actividades urbanas, agrarias, industriais e de acuicultura ($1.874 \text{ Hm}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$). En consecuencia, este límite planetario tampoco estaría sobrepasado.

Ciclo bioxeoquímico do nitróxeno

Esta variable se definiría en relación cos procesos de eutrofización que as achegas deste elemento poderían orixinar nas augas continentais e costeiras de acordo coas consideracións máis actualizadas deste problema (De Vries et al., 2013). Os datos neste caso, considerando as achegas do nitróxeno extraído da atmosfera polos procesos de fixación industrial (Procedemento Haber-Bosch) e biolóxica, $52.3 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, amosarían xa unha superación do valor de referencia ($40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) polo que en Galicia atopariámonos, logo, na zona de perigo. De todas maneiras, podería ser aínda máis grave a valoración, se se ten en conta que na realidade a maior parte do abonado nitróxeno é de tipo orgánico, que non se considerou neste cálculo, no que se aplicaron estritamente os criterios de Steffen et al. (2015), polo que si agora o considerásemos, teríamos que a totalidade do nitróxeno achegado ás terras en Galicia sería de $88.18 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (e pola mesma coherencia coa realidade a superficie de referencia neste caso debería ser a das terras arables máis os prados permanentes). Neste caso, sería máis do dobre do nivel de seguridade polo que, de acordo coas bases teóricas que fundamentan esta variable, deberían existir xa problemas de eutrofización nas augas galegas. De todas maneiras, os datos do Ministerio de Transición Ecolóxica e Cambio Climático (MITECO, 2023) no informe á UE do período 2016-2019 sobre o *Estado de los nitratos en España* amosan para Galicia unha situación aínda non excesivamente dramática: Para as augas superficiais (297 mostras), un 75 % con menos de $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ e un 25 % de 2 a $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de contido en nitratos; para as subterráneas (97 mostras) un 90 % con menos de $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, un 8 % de 25 a

40 e un 2 % de 40 a 50 mg. l⁻¹ e para as augas costeiras (62 mostras), un 8 % con menos de 2 mg. l⁻¹ e un 13 % de 2 a 10 mg. l⁻¹.

O fósforo, non foi analizado co mesmo detalle que o nitróxeno, pero si o foi o nivel de eutrofización das augas, proceso que en boa parte é consecuencia do contido neste elemento. Neste caso a situación non é tan favorable ao comprobar que no caso particular das augas costeiras, o 23 % poden considerarse xa como eutróficas.

Noutro informe do MITECO (2023) sobre *La eutrofización en España* amósase que a totalidade dos encoros de Galicia-Costa están en risco de eutrofización, o mesmo que

acontece co 84 % dos correspondentes á cunca Miño-Sil, aínda que en ningunha das dúas demarcacións hidrográficas existen polo momento augas plenamente eutrofizadas. En consecuencia, poderíase concluir que o nivel de eutrofización das augas galegas⁽⁷⁾ xa perceptible e moderadamente preocupante na actualidade, podería estar relacionado coa superación do LP correspondente ao fósforo. Aínda que, habería que sinalar que polo de agora resulta notoriamente máis baixo que a nivel do planeta. Un resumo gráfico destes datos relativos a estes catro Límites Planetarios en Galicia, axustado aos diagramas radiais clásicos nos que se expresan a cotío, aparece na Figura 1.

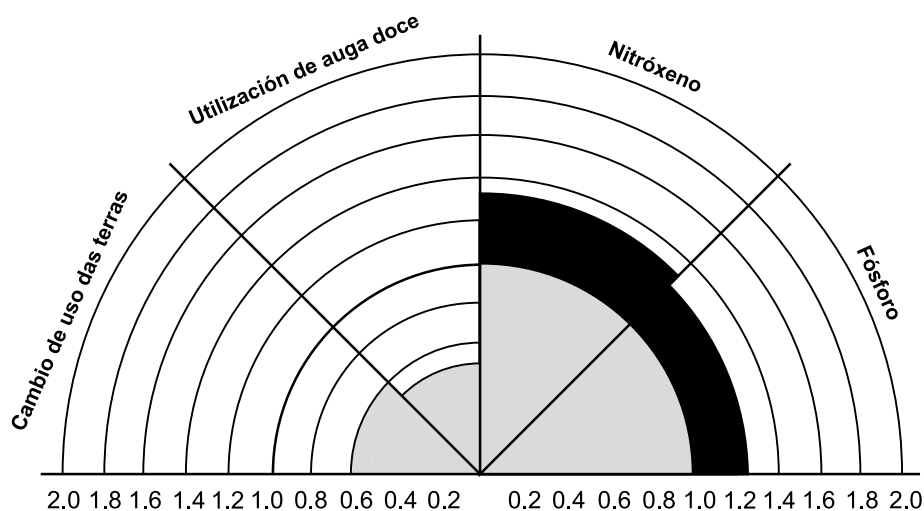


Figura 1.- Representación das variables de control de catro Límites Planetarios (Cambio de uso das terras, utilización da auga doce, achegas de nitróxeno e de fósforo). Cor gris: zona de seguridade, cor negro: zona de risco

Figure 1.- Representation of the control variables of four Planetary Boundaries (land-system change, freshwater use and nitrogen and phosphorus intakes (Grey area - Safe operation space; black area – Risk zone

Os Límites Planetarios supoñen na actualidade unha formulación plenamente aceptada e difundida pola comunidade científica e tamén nunha boa parte dos países do contorno do primeiro mundo. Non tanto, nos estados en proceso de desenvolvemento, onde é considerado como unha restricción máis as súas aspiracións de aumento no seu nivel de vida (Biermann e Kim, 2020). Para compaxinar este incremento no consumo de recursos indispensables para atallar necesidades elementais como a alimentación, vivenda, educación, saúde, etc. Raworth (2017) propuxo un diagrama alternativo no que se consideraba un primeiro espazo no que se debería permitir un nivel de consumo de recursos mínimo para acadar a satisfacción das esixencias máis elementais de nivel de vida e outro espazo, xa específico para os LPs, no que se situarían os niveis de seguridade e de risco correspondentes. Este modelo,

conocido popularmente, pola súa forma, como o do “donut”, serviría para representar a situación duns novos Límites definidos agora como “Sociais e Planetarios”.

En conclusión, na actualidade a proposta dos Límites Planetarios de Rockström et al. (2009) é unha formulación plenamente vixente, pero que pola súa propia definición se atopa nun proceso permanente de reforma e actualización, como ás do 2015 e 2023⁽⁸⁾ para conseguir que as variables de control se axusten o mellor posible á situación actual, e sobre todo, futura, do planeta. E como sinala un dos seus críticos actuais (Biermann e Kim, 2020) á parte dos seus evidentes logros, fican aínda por conseguir importantes obxectivos como serían un mellor coñecemento sobre a institucionalización, coordinación, operatividade e democratización dos LPs, incluír nos procesos de rexionalización as cuestións da equidade e xustiza, e

finalmente, formular alternativas non só para un espacio de seguridade construído polas variables actuais se non tamén polas que se poden desenvolver e imaxinar cara un futuro.

NOTAS

(1) A finais do 2023 as referencias en Google estaban nos 150 millóns e as citas bibliográficas no contorno das 7.000 (Biermann e Kim, 2020)

(2) O *World Food and Agriculture Statistical Yearbook* (2022) considera “Terra forestal” o espacio de máis de 0,5 has. con árbores de máis de 5 m. e unha cobertura de máis do 10% . estarían incluídos polo mesmo todo tipo de arborado: natural e plantado.

(3) “Auga azul” é a correspondente á que flúe polos cauces superficiais despois de substraerlle á que é devolta a atmósfera polos procesos de evaporación e transpiración polo solo e a vexetación (“Auga verde”)

(4) “Terra arable” é a superficie dedicada a cultivos temporais, prados e pastos temporais e terras con barbeitos, tamén temporais (*World Food and Agriculture Statistics Yearbook* (2022).

(5) Os caudais e a súa relación coas superficies que os xeneran presentan unha grande homoxeneidade no territorio galego (Álvarez, Puerta y Díaz-Fierros, 2001), polo que se poden utilizar con seguridade as relación territoriais entre as cuncas e as súas achegas en auga.

(6) SAU = superficie agrícola útil, que segundo o Instituto Galego de Estatística do ano 2020 serían de 597.993 has.; PP = prados permanentes, que segundo a mesma fonte, serían 396.776 has.

(7) A contaminación por fosfatos das augas terrestres é o factor limitante da eutrofización, metres que nas costeiras, a contaminación con nitróxeno xunto coa do fosforo, poden contribuir a este problema.

(8) Nesta última actualización mantéñense iguais as variables de control correspondentes ao cambio do sistema terra e as relativas aos ciclos do nitróxeno e fósforo. A correspondente ao consumo de auga doce, descompóñese en dúas variables: unha relativa á auga azul e outra á verde, definíndose parámetros específicos para cada un delas.

Bibliografía

Álvarez, M. Puertas, J. & Díaz-Fierros, F. (2001). Análisis regional de avenidas en la zona atlántica de Galicia, noroeste de España. *Ingeniería Hidráulica de México XVI*(2): 67-76.

Biermann, F. & Kim, R.E. (2020). The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to Define a “Safe Operating Space” for Humanity. *Ann. Rev. Environm. Resourc.* 45: 497-521.

Boulding, K. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: H. Jarret (ed.): *Environmental Quality in a Growing Economy*. John Hopkins Univ. Press. Baltimore.

Carballas, T. & Díaz-Fierros, F. (1990). El purín de vacuno en Galicia. Caracterización, poder fertilizante y problemas ambientales. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.

Dao H, Pedrzi P & Friot D. (2018). National environmental limits and footprints base don the planetary boundaries framework: the case in Switzerland. *Glob. Environm. Change* 52: 49-57.

Dearing JA, Wang R, Zhang K, Dyke JG et al. (2014). Safe and just operating spaces for regional social-ecological systems. *Glob. Environm. Change* 28: 227-238.

Díaz-Fierros, F., Núñez, A. & López, E. (1993). As concas fluviais de Galicia. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Fanning, A.I. & O’Neill, D.W. (2016). Tracking resource use relative to planetary boundaries in a steady-state framework. A case study of Canada and Spain. *Ecol. Indicators* 69: 836-849.

FAO. (2022). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. Roma.

Hoff H, Nykvist B & Carson M. (2014). Living well, within the limits of our planets? Measuring Europe’s growing external footprint. Stockholm Environment Institute. Stockholm.

Instituto Galego de Estatística (2020). Distribución de superficies segundo usos (ano 2020).

MAPA (2018). Balance de nitróxeno 2016. Madrid.

Marquet, P.A. et al. (2022). Las tres brechas del desarrollo sostenible y el cierre de la brecha ambiental en Chile: oportunidades para una recuperación postpandemia más sostenible y con bajas emisiones de Carbono en América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS. 2022/35) CEPAL. Santiago de Chile.

Meadows, D.H et al. (2022). Os límites do crecemento. Ed. Galaxia, Vigo.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008 https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/actuaciones-regadios/default_2.1.1.1.aspx.

Ministerio de Medio Ambiente (2000). Libro Blanco del Agua en España. Madrid.

MITECO (2022). Informe de seguimiento de los Planes Hidrológicos de Cuenca y de los recursos hídricos de España. Año 2021. Madrid.

MITECO (2023). Estado de los nitratos en España www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protección-nitratos-pesticidas/documentos-publicaciones.html. (consultado o 17/12/2023).

- MITECO (2023). “La eutrofización en España. www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-eutrofizacion/eutrofizacion-espana.html (consultado o 17/12/2023)
- Neira Seijo, X., Paz González, A., Alvarez López, C. & Velo Sabin, R. (1994). Sistemas de regadío en Galicia. Semana Verde de Galicia. Agricultura: 392-393.
- Nykvist B., Person A., Moberg, F., Person, L., Cornell, S. & Rockström, J. (2013). National environmental performance on planetary boundaries: a study for the Swedish Environmental Protection Agency. Rep. 6576, Swde. Environm. Protect. Agency. Stockholm.
- Pastor, A.V., Ludwig, F., Biemans, H., Hoff, H. e Kabat, P. (2014). Accounting for environmental flow requirements in global water assessments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18: 5041-5059.
- Raworth K. (2017). A doughnut for the Anthropocene: humanity’s compass in the 21st century. *The Lancet* 1.
- Richardson, K. et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9 (37), eadh2458: 1-16.
- Río Barja, F. & Rodríguez Lestegás, F. (1992). Os ríos galegos. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela.
- Rockström, J.W. et al. (2009) Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14 (2). URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Steffen, W. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on changing planet. *Science* 347, (6223): 1-10. 1259855. (más Supplementary Materials).
- De Vries W., Kros J., Kroeze C. & Seitzinger S.P. (2013). Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Curr. Opinion Environm. Sustainability* 5(3-4): 392-402.
- Xunta de Galicia (2023). Primeiros resultados do Inventario Forestal Continúo de Galicia. Santiago.
- Zanon, M., Basil, A., Davis, S., Marquer, L., Brewer, S. & Kaplan, JO. (2018). European Forest Cover During Past 12.000 years: A Palynological Reconstruction Base on Modern Analogs and Remote Sensing. *Frontiers Plan Sci.*9.253. [10.3389/fpls.2018.00253](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00253).