

MATERIA
Calidade de Solos

TITULACIÓN
Máster Universitario en Biodiversidade Terrestre:
Caracterización, Conservación e Xestión

unidade
didáctica
3

Avaliación da calidade do solo

Remigio Paradelo Núñez

Área de Edafoloxía e Química Agrícola
Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola
Facultade de Farmacia

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

Deseño e maquetación

J. M. Gairí

Edita

Edicións USC

<https://www.usc.gal/publicacions>

DOI

<https://dx.doi.org/10.15304/9788419679819>

MATERIA: Calidade de solos

TITULACIÓN: Máster Universitario en Biodiversidade Terrestre: Caracterización, Conservación e Xestión

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Unidade I. Concepto de calidade do solo

Unidade II. Indicadores de calidade: indicadores físicos, químicos e biolóxicos; indicadores agregados

Unidade III. Avaliación da calidade do solo

1. Usos e funcións dos solos
2. Avaliación xeral de solos
3. Avaliación da calidade

Unidade IV. Manexo sostible do solo e cambio de uso

Unidade V. Recuperación da calidade do solo



ÍNDICE

PRESENTACIÓN

OBXECTIVOS E COMPETENCIAS

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Usos e funcións dos solos
2. Avaliación xeral de solos
 - 2.1 Definición
 - 2.2 Aspectos metodolóxicos
 - 2.2.1 Métodos cualitativos
 - 2.2.2. Métodos semicuantitativos
 - 2.3. Exemplos de sistemas de avaliación
 - 2.3.1. Avaliación da aptitude/potencialidade
 - 2.3.2. Avaliación da vulnerabilidade
3. Avaliación da calidade
 - 3.1 Principios xerais
 - 3.2 Métodos de avaliación
 - 3.2.1 Avaliación visual da calidade do solo
 - 3.2.2. Métodos analíticos
 - 3.3. Perspectivas

ACTIVIDADES PROPOSTAS

1. Avaliación xeral de solos polo método LCC
2. Avaliación da calidade mediante o sistema Cornell

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

BIBLIOGRAFÍA

PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica forma parte da programación da materia optativa “Calidade de solos”, do Máster Universitario en Biodiversidade Terrestre: Caracterización, Conservación e Xestión.

A programación docente da materia consta de cinco unidades:

- Unidade 1. Concepto de calidade do solo
- Unidade 2. Indicadores de calidade: indicadores físicos, químicos e biolóxicos; indicadores agregados
- Unidade 3. Avaliación da calidade do solo
- Unidade 4. Manexo sostible do solo e cambio de uso
- Unidade 5. Recuperación da calidade do solo

Esta unidade didáctica corresponde á número 3, *Avaliación da calidade do solo*, e impártese nun total de cinco horas: unha sesión expositiva de dúas horas de duración, máis unha sesión interactiva de seminario de tres horas. Este tema céntrase especificamente nos aspectos puramente metodolóxicos da avaliación da calidade do solo, e permite poñer en práctica os conceptos básicos presentados nos dous primeiros temas.

OBXECTIVOS E COMPETENCIAS

O obxectivo da materia é acadar un coñecemento avanzado sobre a avaliación da calidade do solo, a aplicación dos indicadores de calidade, e os sistemas de manexo para a conservación do solo e a xestión sostible do medio natural.

Esta unidade contribúe a acadar as seguintes competencias da materia:

— Básicas e xerais

CG02 – Usar terminoloxía adecuada.

CG03 - Empregar fontes de información e bases de datos necesarias para contribuír á análise e xerar información específica.

CB6 - Que os estudantes posúan e comprendan coñecementos que acheguen unha base ou oportunidade de ser orixinais no desenvolvemento e/ou aplicación de ideas, a miúdo nun contexto de investigación.

CB7 - Que os estudantes saiban aplicar os coñecementos adquiridos e a súa capacidade de resolución de problemas en contornas novas ou pouco coñecidas dentro de contextos máis amplos (ou multidisciplinares) relacionados coa súa área de estudo

CB8 - Que os estudantes sexan capaces de integrar coñecementos e enfrontarse á complexidade de formular xuízos a partir dunha información que, sendo incompleta ou limitada, inclúa reflexións sobre as responsabilidades sociais e éticas vinculadas á aplicación dos seus coñecementos e xuízos

— Transversais

CT1 - Capacidade de análise e síntese.

CT4 - Capacidade para obter información axeitada, actualizada e diversa en distintos idiomas.

CT6 - Capacidade para resolver problemas mediante a aplicación integrada de coñecementos.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

A sesión expositiva serve para introducir os conceptos e os métodos que se utilizarán na sesión interactiva, que consiste en traballo do alumnado baixo a tutela do profesor para a resolución de casos prácticos.

O alumnado entregará individualmente un traballo escrito de resumo das actividades levadas a cabo na sesión interactiva, para a avaliación da adquisición de competencias.

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Usos e funcións dos solos

O solo é a capa superior da codia terrestre que constitúe a interface entre a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera e que alberga a maior parte da biosfera. Trátase dun medio moi heteroxéneo e extraordinariamente complexo. A súa formación é un proceso extremadamente lento, de modo que o solo é un recurso non renovable a escala humana.

Os solos realizan numerosas funcións clave para os ecosistemas e a vida humana, entre as que podemos citar as seguintes:

- Soporte do crecemento vexetal: o solo é o medio no que viven as plantas, entre elas os nosos cultivos, que á súa vez nos proporcionan alimento, fibras, combustible e medicamentos.
- Purificación da auga: o solo actúa como tampón ou filtro ambiental, capturado e/ou eliminando contaminantes e evitando que pasen ás augas.
- Ciclos de nutrientes: o solo participa na regulación de ciclos de nutrientes como N, P, K, etc...
- Carbono e regulación do clima: os solos son á vez fonte e sumidoiro de carbono.
- Hábitat para organismos vivos: ademais das plantas, os solos son hábitat para múltiples organismos e depósito de xenes e especies, o que fomenta a biodiversidade.
- Regulación do ciclo da auga: o solo almacena e filtra a auga, poñéndoa á disposición das plantas e reducindo o risco de inundacións.
- Fonte de materias primas para a construción e base para as nosas infraestruturas.
- Arquivo arqueolóxico e rexistro paleoclimático.

En relación con estas funcións, aos solos dáselles múltiples usos por parte do ser humano: cultivos agrícolas, masas forestais, soporte de infraestruturas, etc... Pero, como sabemos se o solo dunha zona é adecuado para un determinado uso, sexa o que se lle está dando ou outro que quixésemos propoñer? Ou se serve para varios usos a un tempo? Ou canto tempo vai soportar un uso determinado sen perder as súas propiedades?

2. Avaliación xeral de solos

2.1 Definición

A avaliación de solos defínese como a predición do comportamento do solo para un fin específico. A avaliación permite establecer o uso sostible de cada solo, tendo en conta a súa produtividade, a súa conservación ou protección, e o impacto ambiental. Tamén permite definir o manexo e xestión para manter ou incrementar a súa funcionalidade ou calidade, para o cal hai que ter en conta aspectos como a degradación e a restauración. Por último, permite coñecer a resposta do solo fronte a cambios ambientais.

En conxunto, a avaliación de solos constitúe un conxunto de técnicas e ferramentas para a planificación do territorio, xa que globalmente permite realizar unha distribución dos usos máis adecuados para cada solo.

O concepto de uso do solo implica en boa medida o uso humano do territorio, de modo que a avaliación de solos está en xeral fortemente orientada cara á produción agrícola, aínda que esta é só unha das múltiples funcións dos solos. Esta tendencia preferente cara á produtividade agrícola era máis dominante nos inicios, cando o proceso de avaliación era moi xeral, e de feito ata os anos 70 só se tiñan en conta os parámetros climáticos, de modo que a avaliación específica do solo só recentemente forma parte da avaliación xeral de terras. Na actualidade téñense en conta de modo simultáneo criterios de potencialidade e de vulnerabilidade, para conseguir a sustentabilidade do sistema. É dicir, que o que se pretende é maximizar a produtividade minimizando a vulnerabilidade.

A avaliación de solos foi evolucionando no seu obxectivo e enfoque. Ata 1970 o enfoque era determinar a aptitude ou non para o cultivo; nas dúas décadas seguintes foi determinar a produtividade do solo; a partir dos anos 90 fóronse incluíndo aspectos ambientais e relativos á saúde, e desde a década de 2010 adoptouse un enfoque multifuncional sobre o solo, os servizos ecosistémicos, a degradación e a conservación.

2.2 Aspectos metodolóxicos

A avaliación de solos precisa do desenvolvemento dunha metodoloxía específica que, en xeral, se realiza nas seguintes fases:

- **Selección** das características relevantes: que propiedades do solo son as máis importantes para o fin ou uso avaliado.
- **Definición** dos requirimentos ou condicionantes: que valores para estas propiedades se consideran adecuados ou inadecuados.
- **Comparación** entre características e requirimentos.
- **Formulación** de algoritmos de transferencia ou aplicación.

Existen tres tipos de métodos para a avaliación: (1) cualitativos, baseados en agrupacións dos solos en clases ou categorías, (2) semicuantitativos, utilizan agrupacións en categorías que se converten en valores cuantitativos, e (3) cuantitativos, sendo os dous primeiros tipos os maioritarios.

2.2.1 Métodos cualitativos

Están baseados en agrupacións dos solos en clases ou categorías, aínda que é habitual que utilicen parcialmente medidas cuantitativas. Un exemplo destes métodos é o *Land Capability Classification*, desenvolvido polo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

As dúas táboas que se amosan a continuación son exemplos posibles deste tipo de métodos para a avaliación xeral de solos, tendo en conta distintos indicadores en cada caso. A primeira táboa agruparía os solos en cinco categorías de aptitude para o cultivo, en función de catro indicadores: profundidade útil, textura, salinidade e pendente.

Táboa 1. Exemplo de táboa de correspondencia a partir da norma de máxima limitación e coñecemento dos requirimentos óptimos

Clase de aptitude	Profundidade útil, cm	Textura	Salinidade, mS/cm	Pendente, %
S1 - Moi alta	> 120	Media	<2	<3
S2 - Alta	60-120	Media a pesada	2-4	3-8
S3 - Moderada	30-60	Media a lixeira	4-8	8-15
S4 - Baixa	15-30	Lixeira	8-10	15-30
N - Nula	<15	Moi pesada	>10	>30

Elaboración propia

O método resumido na segunda táboa conta tamén con cinco categorías, pero é algo máis complexo xa que utiliza nove propiedades do solo: profundidade, hidromorfía, elementos grosos, textura, estabilidade estrutural, auga útil, capacidade de cambio, pH e pendente. Ambos serían exemplos típicos das limitacións comúns ao cultivo que se consideran habitualmente para avaliar a aptitude agrícola do solo.

Táboa 2. Exemplo de táboa de correspondencia a partir da norma de máxima limitación e coñecemento dos requirimentos óptimos

Limitación	nula 1	feble 2	moderada 3	forte 4	maior 5
Profundidade enraizamento (cm)	> 120	80-120	50-80	30-50	< 30
Hidromorfía (profundidade en cm)	> 120	80-120	50-80	30-50	< 30
Contido en elementos grosos (%)	< 5	5-15	15-30	30-60	> 60
Textura	1	2	3	4	5
Estabilidade estrutural	1	2	3	4	5
Reserva de auga útil (mm)	> 250	150-250	150-100	50-100	< 50
CIC (meq 100 g ⁻¹)	> 30	20-30	10-20	5-10	< 5
pH	6,5-7,4	7,5-8,4	5-6,4	< 5	> 8,5
Pendente (%)	<5	5-10	10-15	15-30	> 30

Elaboración propia

2.2.2. Métodos semicuantitativos

Trátase de sistemas paramétricos que teñen en conta a acción directa dos parámetros ou indicadores máis significativos e contabilizan as súas interaccións mediante suma ou multiplicación, dando como resultado da avaliación un valor cuantitativo. Un exemplo sería o índice de Storie, que veremos en máis detalle no seguinte apartado.

En función de como se realizan os cálculos, existen dous tipos de métodos semicuantitativos:

- **Multiplicativos:** asignan valores independentes a cada variable e posteriormente fan o produto de todas elas.
- **Aditivos:** normalmente súmanse ou réstanse os valores de varios indicadores dunha puntuación global de 100.

2.3. Exemplos de sistemas de avaliación

En función do seu obxectivo, existen dous tipos de sistemas de avaliación xeral de solos: os que avalían a potencialidade e os que avalían a vulnerabilidade. Os primeiros avalían a capacidade de produción para un uso, por exemplo agrícola ou forestal. No segundo caso avalíase o risco de degradación, por exemplo fronte á erosión ou á contaminación.

2.3.1. Avaliación da aptitude/potencialidade

Neste caso teríamos, por un lado, métodos de avaliación do potencial agroclimático, como o de Papadakis ou o FAO-AEZ e, por outro, métodos de avaliación da capacidade xeral de uso, como o *Land Capability Classification* ou o índice de Storie.

— Potencial agroclimático

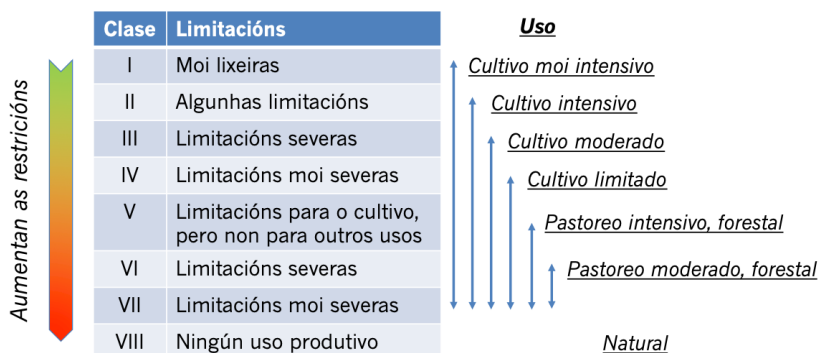
Baséanse no feito de que o clima é o factor máis importante a nivel global para a agricultura. O método Papadakis é un dos máis utilizados, e usa parámetros climáticos relevantes para a ecoloxía dos cultivos, como as temperaturas extremas ou o balance hídrico, clasificando as zonas en función destas condicións climáticas. Non utiliza propiedades dos solos para a avaliación. O método AEZ (*Global Agroecological Zoning*), desenvolvido pola FAO nos anos 80, utiliza tamén sobre todo parámetros climáticos e ecofisiolóxicos dos cultivos para determinar a produtividade potencial de cada zona, pero ten en conta algúns parámetros edáficos (salinidade, tipo de solo, nutrientes...).

— Capacidade xeral de uso

Avalían a aptitude xeral dos solos para a utilización humana, principalmente para a agricultura. O sistema de avaliación máis usado no mundo é o *Land Capability Classification*, de tipo cualitativo, e deseñado inicialmente para a conservación de solos agrícolas. Este método clasifica as unidades de solo en función da súa capaci-

dade para soportar distintos usos sen degradarse. Conta con oito categorías (Figura 1) en función das limitacións ao cultivo presentes, que corresponden a restricións crecentes de uso potencial. Utiliza case exclusivamente propiedades do solo como a profundidade, a pedregosidade, o pH, a permeabilidade, a textura ou a retención de auga.

Figura 1. Resumo das categorías do sistema Land Capability Classification



Elaboración propia

Pola súa banda, o índice de *Storie* é un sistema paramétrico multiplicativo utilizado inicialmente para a valoración de terras con fins impositivos. O resultado da avaliación é un índice numérico (I) obtido pola multiplicación de catro factores:

$$I = A \cdot B \cdot C \cdot X$$

que teñen que ver co grao de desenvolvemento do perfil do solo (A), coa textura (B), coa pendente do terreo (C) e con outras características do solo que inclúen salinidade, erosión, acidez, fertilidade (X). En función do valor do índice pódense clasificar os solos en seis categorías de aptitude potencial (Táboa 3).

Táboa 3. Índice de Storie

		I
1	Excelentes	>80
2	Bos	60-79
3	Regulares	40-59
4	Pobres	20-39
5	Moi pobres	10-19
6	Non agrícolas	<10

Elaboración propia

2.3.2. Avaliación da vulnerabilidade

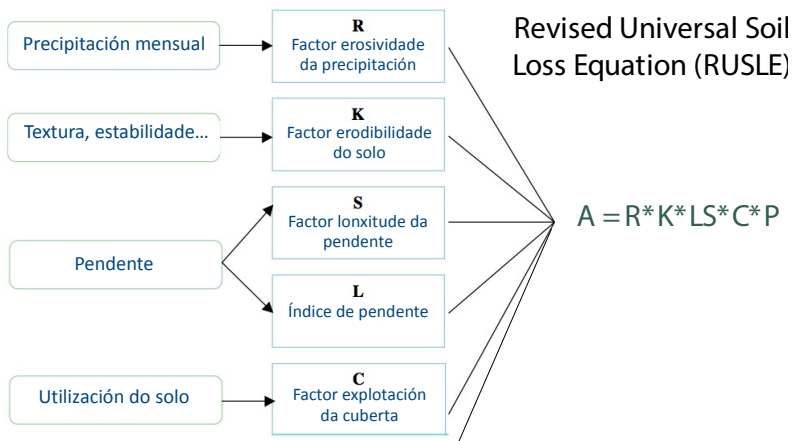
Neste caso trátase de métodos para avaliar a posible degradación de solos por diferentes procesos. Permiten realizar a avaliación do estado actual e do risco potencial, así como proporcionar consellos sobre medidas para o manexo e a protección do solo.

Contaminación. Para a avaliación da contaminación no solo úsanse métodos informáticos, como STICS ou LEACHM, con unha elevada complexidade, motivada pola grande variedade de compostos contaminantes (orgánicos, inorgánicos) e de propiedades (solubilidade, polaridade, volatilidade...); pola súa complexa dinámica no solo: procesos de transporte, retención, degradación (compostos orgánicos), interaccións con seres vivos...; e pola influencia de numerosas propiedades edáficas, climáticas, etc. na dinámica dos contaminantes. Ademais polo xeral necesitan da modelización do movemento da auga no solo.

Erosión. O máis usado é o sistema RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*), que predí a perda de solo nunha parcela tendo en conta os múltiples factores que inflúen no risco e intensidade da erosión (Figura 2). O resultado é un índice multiplicativo (A) que estima a perda de solo en toneladas por hectárea. Para o seu cálculo estímase o valor de seis factores:

- R: erosividade da choiva, depende da intensidade, a frecuencia e a cantidade de precipitación.
- K: erodibilidade do solo, estímase a partir das seguintes propiedades do solo: granulometría (area total, area fina, limo), materia orgánica, estrutura, permeabilidade.
- LS: factores da pendente, teñen en conta a lonxitude e inclinación.
- C: cuberta vexetal, ten en conta o tipo de vexetación e o grao de cobertura.
- P: factor de manexo, ten en conta o tipo de prácticas agrícolas.

Figura 2. Esquema da RUSLE. Elaboración propia



Compactación. Un exemplo é o modelo de Horn e Leige, de tipo cuantitativo, que usa técnicas de regresión múltiple para a avaliación, obténdose como variables resposta propiedades como o estrés de precompresión, o ángulo de fricción interna e a cohesión do solo. As variables de entrada que usa son textura, materia orgánica, densidade aparente, porosidade, capacidade de retención de auga e condutividade hidráulica.

3. Avaliación da calidade

3.1 Principios xerais

A calidade do solo é a “capacidade dun solo para funcionar dentro duns límites ecolóxicos e de uso, para manter a produtividade e a calidade ambiental, e para promover a saúde animal e vexetal”. En certo sentido, o concepto de avaliación da calidade de solos é máis restrinxido que o de avaliación xeral de solos, xa que este pode englobar aspectos adicionais como o cultivo, o clima ou aspectos socioeconómicos.

A pesar disto, a avaliación da calidade do solo non é unha tarefa sinxela porque, ademais da medida e determinación de numerosos indicadores físicos, químicos e biolóxicos, hai que orientalos simultaneamente ás diversas funcións do solo, que son de difícil cuantificación. As dificultades para o desenvolvemento destes métodos comezan precisamente pola selección de indicadores e polo establecemento de relacións unívocas coas funcións e o propio concepto de calidade. En primeiro lugar é necesario identificar un grupo de propiedades que reflectan a capacidade do solo para cumprir as súas funcións e poidan ser usados como indicadores. Dentro destas hai que seleccionar un grupo mínimo de indicadores (*minimum dataset*, MDS), para o cal é habitual ter que reducir o número inicial, debido á posible colinearidade, á complexidade das relacións entre indicadores e uso/funcións, e ao elevado custo e gasto de tempo para a realización dun número elevado de análises. Normalmente, o número final de indicadores oscila entre seis e oito. Nos primeiros sistemas de avaliación, esta redución realizábase mediante xuízo experto, e máis adiante, mediante métodos estatísticos: técnicas de regresión múltiple e análise multivariante (análise de compoñentes principais PCA, análise de redundancia RDA, análise discriminante). Neste caso, tamén pode levarse a cabo unha segunda etapa de redución mediante análise de correlación e/ou xuízo experto.

De maneira xeral, De la Rosa (2008) propón unha avaliación da calidade combinada en dúas partes:

- *Parámetros menos variables:* calidade inherente, determinación mediante os modelos de potencialidade e vulnerabilidade.
- *Parámetros máis variables:* calidade dinámica, resposta a cambios no uso ou outros factores (por exemplo, o manexo afecta pouco ás propiedades inherentes, polo que son necesarias as propiedades dinámicas, máis relacionadas coa bioloxía do solo).

Porén, a diferenza entre ambos os tipos de indicadores non é absoluta e pode depender do contexto.

3.2 Métodos de avaliación

Os métodos existentes van desde métodos cualitativos e relativamente sinxelos, ata outros extremadamente complexos, baseados en modelos informáticos e sistemas de axuda á decisión (DSS). Desde o punto de vista dos indicadores nos que se basean, pódense establecer dous tipos: métodos analíticos, baseados en determinacións analíticas en laboratorio; e métodos visuais, baseados en determinacións visuais en campo.

3.2.1 Avaliación visual da calidade do solo

Os métodos de avaliación visual pretenden simplificar a avaliación e a comunicación, con especial atención aos aspectos educativos. Caracterízanse polo uso de indicadores empíricos, cualitativos, sinxelos de avaliar en campo; e que permiten a obtención de resultados inmediatos, así como unha mellor comunicación entre agricultores e científicos.

A maioría dos métodos visuais céntranse no estudo da estrutura do solo, variando no material e tempo necesarios. Entre eles teríamos métodos de observación dun perfil ou cata e métodos con pa, máis rápidos. Algúns exemplos son o método do perfil cultural (desenvolvido por Jean Roger-Strade), o Peerlkamp revisado (con pa) ou o Visual Soil Assessment (con pa).

Presentan como vantaxe a súa interpretación rápida e sinxela, e como contras que non permiten avaliar moitos procesos químicos e biolóxicos. En calquera caso, proporcionan unha información complementaria aos métodos analíticos, polo que é interesante a combinación de ambos os tipos.

3.2.2. Métodos analíticos

Nos últimos anos foron aparecendo cada vez máis destes métodos, usando distinto número e tipos de indicadores. Nalgúns casos a avaliación da calidade realízase mediante a comparación con grandes bases de datos de propiedades de solos a nivel nacional, e noutros casos por comparación con valores guía.

O Soil Management Assessment Framework (SMAF), creado polo Soil Quality Institute, é un método moi completo no que se relacionan un grande número de indicadores coas distintas funcións do solo. O programa escolle entre 81 indicadores físicos, químicos e biolóxicos, en base as funcións do solo ou os obxectivos de manexo que se busquen; o usuario pode modificar a selección a vontade. A interpretación dos valores dos indicadores baséanse en distintas curvas ou funcións de resposta para cada un. O resultado da avaliación é un índice aditivo global de calidade (*Soil quality index*).

O Muencheberg Soil Quality Rating (Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research) utiliza unha combinación de indicadores xerais e indicadores de degradación. Para a avaliación realiza unha suma ponderada na que os valores obtidos para

os indicadores básicos multiplícanse por un factor de risco de degradación, obténdose como resultado un valor numérico (SQR).

O sistema Cornell (Comprehensive Assessment of Soil Health), desenvolvido pola Cornell University, é un método moi estandarizado, orientado directamente a propietarios e xestores, con consellos sobre manexo do solo, e que se caracteriza por unha importante orientación cara a aspectos biolóxicos. Consiste na determinación de doce indicadores de tipo físico, químico e biolóxico (táboa 4), que despois se punúan usando curvas de resposta. Os resultados exprésanse con valores numéricos e cun código de cores de tipo semáforo.

Táboa 4. Indicadores usados no sistema Cornell

Físicos	Químicos	Biolóxicos
Auga dispoñible	pH	Materia orgánica
Compactación superficial	Fósforo extraíble	Proteína extraíble
Compactación subsuperficial	Potasio extraíble	Respiración
Estabilidade de agregados	Microelementos	C activo

Elaboración propia

Entre os métodos baseados na comparación con bases de datos nacionais podemos destacar o Sindi (*soil indicator assessment*), desenvolvido en Nova Zelandia a partir da análise de indicadores de calidade en 511 sitios. Utiliza poucos indicadores: C, N, pH, densidade aparente, macroporosidade, P asimilable, N mineralizable; e establece valores orientativos para diferentes tipos de solo e uso. É particularmente interesante que conta cunha ferramenta online que permite a comparación de resultados de análise coa información da base de datos (<https://sindi.landcareresearch.co.nz>).

Por último, hai que indicar que algúns destes sistemas tentan simplificar a transmisión da información mediante o uso de indicadores agregados ou dun índice global como resultado da avaliación. As representacións gráficas ou con códigos de cores para un ou varios indicadores poden ser moi útiles: por exemplo os resultados do *Cornell Soil Health* e de *Sindi* usan códigos “semáforo” de 3–5 cores. As representacións tipo estrela/ameba ou tea de araña tamén achegan máis información agregada que un só número. A presentación simplificada da importancia do solo con fins educativos ou divulgativos, especialmente indicadores gráficos é a súa principal vantaxe. Por contra, esta aproximación atópase con dificultades para reducir o complexo concepto de calidade a un número; en moitos casos un índice global pode ter pouco significado, dado que a calidade implica varias funcións dos solos a un tempo.

3.3. Perspectivas

A avaliación da calidade do solo é un campo de traballo relativamente recente e como tal presenta numerosas dificultades sen resolver. As avaliacións polo xeral están

limitadas a escala de parcela; débese mellorar a identificación das relacións da avaliación con ameazas, funcións e servizos específicos dos solos, así como a claridade da interpretación dos valores dos indicadores, que poden supoñer límites á adopción e uso xeneralizado da metodoloxía; tamén é fundamental a espacialización dos resultados mediante ferramentas GIS.

En relación co desenvolvemento de métodos, a mellora dos seguintes aspectos é especialmente relevante:

- Definición clara e inequívoca dos obxectivos da avaliación: recomendacións para o manexo, divulgación/educación, ou monitorización.
- A elección dos indicadores de calidade debe basearse en relacións mecanicistas entre os indicadores e funcións/servizos.
- Sistema coherente de interpretación dos valores obtidos para cada indicador.
- No caso de querer utilizar un valor global como resultado da avaliación, as representacións gráficas da funcionalidade son máis efectivas para a comunicación que os valores numéricos.
- Incorporación de avances tecnolóxicos e ferramentas máis interactivas: desenvolvemento de aplicacións para dispositivos móbiles, aplicacións de captura de imaxe e aproximacións de tipo big-data, emprego de técnicas de teledetección, NIR, etc...

Por último, hai que destacar a importancia da avaliación da calidade nun contexto máis amplo: a calidade do solo é parte integral da calidade ambiental. Os cambios radicais na agricultura requirirán ferramentas innovadoras para a avaliación da calidade do solo, que poderán empregarse para o redeseño de sistemas agrícolas no marco da economía circular. Ademais, a avaliación da calidade do solo pode contribuír positivamente a monitorizar o progreso de retos globais, como algúns dos obxectivos de desenvolvemento sostible da ONU, e para divulgar a importancia do coñecemento do solo para a sociedade.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Co obxectivo de adestrar e adquirir competencias e mobilizar os coñecementos propios da materia, na sesión interactiva realizaranse exercicios de avaliación xeral e avaliación da calidade de solos, usando dúas metodoloxías diferentes: o método LCC (*Land Capability Classification*) e o sistema Cornell. Proporcionaranse as fichas de descrición e análise de dous solos galegos con propiedades contrastadas, aos que o alumnado realizará as avaliacións sucesivas, despois dunha breve presentación dos solos e as súas características por parte do docente.

1. Avaliación xeral de solos polo método LCC

O alumnado ten a aplicación LandPKS descargada nos teléfonos móbiles, e presentárase brevemente o seu funcionamento. O alumnado cargará os datos requiridos na apli-

cación para cada solo. Unha vez cargados os datos, obteñen os resultados da avaliación LCC. Teñen que anotalos, interpretalos e comentalos, comparando os dous solos.

2. Avaliación da calidade mediante o sistema Cornell

O alumnado dispón no Campus Virtual da materia de todos os materiais do sistema Cornell necesarios para a avaliación. Neste caso o traballo realízase a man, tras unha explicación do funcionamento das funcións de resposta para cada indicador. Cos resultados obtidos débese cubrir unha ficha de avaliación. Coméntanse os resultados comparando ambos solos.

Para rematar a sesión preséntanse de novo os solos, agora con máis detalle, e valóranse os resultados obtidos para a avaliación mediante os dous métodos.

O alumnado traballa durante toda a sesión sucesivamente nos dous métodos e posteriormente, durante o seu tempo de traballo autónomo, redacta e entrega un informe presentando e interpretando os resultados da sesión interactiva.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

A adquisición das competencias avaliarase mediante a entrega dun traballo individual de síntese da sesión interactiva, así como por medio dunha pregunta no exame final. O traballo forma parte da avaliación continua da materia e representa un 25 % da cualificación final. Pola súa parte, os contidos teóricos da unidade representan un 20 % da cualificación do exame final, é dicir, un 10 % da cualificación final da materia.

BIBLIOGRAFÍA

- BUNEMANN, E.K., BONGIORNO, G., BAI, Z.G. et al. (2018). Soil quality: A critical review. *Soil Biol. Biochem.* 120, 105-125.
- DE LA ROSA, Diego (2008). *Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*, Madrid: Mundi-Prensa.
- MOEBIUS-CLUNE, B.N., MOEBIUS-CLUNE, D.J., GUGINO, B.K., et al. (2016). *Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework*, Edition 3.2, Cornell University, Geneva, NY.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

