



CEC
CCA
CCE

Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte

Síntesis de los inventarios de pastizales
de Canadá, Estados Unidos y México



Citar como:

CCA (2024). *Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte: síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 47 pp.

La presente publicación fue elaborada por Pattison Resource Consulting, Ltd. para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene es responsabilidad del autor y no necesariamente refleja las opiniones de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Acerca del autor:

John Pattison-Williams cuenta con un doctorado y es profesor adjunto de economía de los recursos naturales en la Universidad de Alberta, Canadá. Asimismo, presidente de la empresa de consultoría Pattison Resource Consulting. Su trabajo se centra en la integración de las dimensiones biofísica, económica y humana de la conservación del medio ambiente.

Se permite la reproducción —total o parcial— de este documento sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso tenga fines educativos y no lucrativos, y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo “Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada”, de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2025

ISBN: 978-2-89700-383-8

Available in English – ISBN: 978-2-89700-384-5

Disponible en français – ISBN: 978-2-89700-385-2

Depósito legal: Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025

Depósito legal: Library and Archives Canada, 2025

Fotografía de portada: Cypress Hills, Alberta; John K. Pattison-Williams

Detalles de la publicación

Categoría del documento: publicación de proyecto

Fecha de publicación: noviembre de 2025

Idioma original: Inglés

Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad:

Revisión final de las Partes: septiembre de 2025

QA 390

Proyecto: Plan Operativo 2021 / Conservación de pastizales y aves migratorias

Si desea más información sobre esta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental

1001 boulevard Robert-Bourassa, bureau 1620

Montréal, Québec, Canada, H3B 4L4

t 514.350.4300; f 438.701.1434

info@cec.org / www.cec.org

Índice

Siglas y acrónimos	iv
Sinopsis	v
Resumen ejecutivo	vi
Agradecimientos	ix
1 Introducción	1
2 Antecedentes y enfoque	3
2.1 Objetivo y área de estudio	3
2.2 Revisión de las prácticas de monitoreo de pastizales	4
2.2.1 Teledetección de pastizales	4
2.2.2 Verificación en campo y evaluación de la precisión	5
2.2.3 Ciencia comunitaria o ciudadana	8
3 Síntesis del estado actual del monitoreo de pastizales centrales en América del Norte	9
3.1 Metodología	9
3.2 Inventarios	10
3.3 Temas comunes surgidos	30
4 Fortalezas, limitaciones y mejores prácticas	30
5 Necesidades respecto a datos e información para un monitoreo eficaz de los pastizales	34
6 Estandarización del monitoreo de pastizales: oportunidades y desafíos	37
7 Futura orientación, integración y desarrollo de capacidades	39
8 Conclusión	40
Referencias bibliográficas	42

Lista de cuadros

<u>Cuadro 1. Metodología de búsqueda de inventarios de los pastizales centrales de América del Norte</u>	<u>11</u>
<u>Cuadro 2. Descripción de las variables utilizadas en la revisión detallada de los inventarios de pastizales centrales de América del Norte</u>	<u>10</u>
<u>Cuadro 3. Visión de conjunto de los inventarios de pastizales centrales de América del Norte y principales variables</u>	<u>11</u>
<u>Cuadro 4. Revisión de desafíos y mejores prácticas en el monitoreo de pastizales</u>	<u>31</u>
<u>Cuadro 5. Necesidades por cuanto a datos e información identificadas durante los talleres de la CCA sobre monitoreo de pastizales</u>	<u>35</u>
<u>Cuadro 6. Oportunidades y desafíos relacionados con los objetivos de estandarización para el monitoreo de pastizales, conforme a lo discutido en los talleres de la CCA y con respaldo en bibliografía disponible sobre teledetección de pastizales</u>	<u>37</u>
<u>Cuadro 7. Pasos siguientes para la futura orientación del monitoreo de pastizales, sugeridos por las personas participantes en los talleres de la CCA</u>	<u>39</u>

Lista de gráficas

<u>Gráfica 1. Mapa de evaluación de la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales</u>	<u>3</u>
---	----------

Siglas y acrónimos

AAFC	ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (<i>Agriculture and Agri-Food Canada</i>)
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CET	conocimiento ecológico tradicional
Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
Conafor	Comisión Nacional Forestal, México
ECCC	ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (<i>Environment and Climate Change Canada</i>)
GRS	teledetección de pastizales (del inglés: <i>grassland remote sensing</i>)
Inegi	Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México
MODIS	sensor MODIS: espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (del inglés: <i>moderate resolution imaging spectroradiometer</i>)
NALCMS	Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (por sus siglas en inglés)
USFWS	Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (<i>United States Fish and Wildlife Service</i>)
USGS	Servicio Geológico de Estados Unidos (<i>United States Geological Survey</i>)

Sinopsis

La pérdida de pastizales en toda América del Norte ha dado lugar a importantes acciones en materia de conservación y ha puesto de relieve la necesidad de conocer con precisión el alcance de esta pérdida en el transcurso del tiempo. Con este objetivo, Canadá, Estados Unidos y México han emprendido diversas iniciativas destinadas a inventariar los pastizales. Sin embargo, puesto que estos inventarios emplean metodologías diferentes, sus resultados presentan variaciones, lo que, en consecuencia, puede llegar a comprometer la eficacia de los mensajes de conservación y dificultar la toma de decisiones eficaces en materia de conservación de los pastizales. Por este motivo, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) apoyó la elaboración del presente informe con el fin de hacer un registro de los inventarios en los tres países, comparar sus enfoques y presentar la opinión de especialistas en teledetección y en monitoreo de pastizales recabada durante talleres virtuales celebrados entre 2023 y 2024.

A partir de una revisión bibliográfica y de la información obtenida en los talleres se logró identificar 33 inventarios de pastizales centrales en América del Norte, mismos que han aprovechado los avances tecnológicos en el campo de la teledetección para realizar evaluaciones de pastizales más eficaces y exhaustivas a mayor escala. No obstante, la verificación en campo de datos observados remotamente a fin de determinar su precisión (al compararlos con la “realidad del terreno”) es una labor que requiere tiempo y esfuerzo humano considerables, lo cual provoca retrasos o desfases entre el momento en que se recopilan los datos por percepción remota y el de su verificación y publicación. Además, al día de hoy la colaboración entre inventarios con miras a perfeccionar metodologías, estandarizar prácticas o compartir datos es muy limitada.

Las recomendaciones sugeridas a efecto de lograr una mayor estandarización en los inventarios de pastizales de América del Norte incluyen el apoyo a una comunidad de práctica; la adopción de un compromiso para compartir datos, y la realización de un análisis técnico de los métodos comúnmente utilizados. Tales iniciativas permitirían avanzar en el ámbito de la teledetección de pastizales y el monitoreo de estos ecosistemas; proporcionarían un mensaje homogéneo a las partes interesadas, y contribuirían a mitigar la pérdida del bioma de los pastizales centrales de América del Norte.

Resumen ejecutivo

En el último siglo, alrededor de 60 por ciento de los ecosistemas de pastizales nativos de América del Norte se ha destinado a otros usos de suelo o se ha degradado (Central Grasslands Roadmap, 2022; FWS, 2024). Tan sólo desde 2012, se han convertido 13 millones de hectáreas a la agricultura (WWF, 2023). Las causas de esta degradación obedecen en su mayor parte al cambio de uso del suelo hacia cultivos agrícolas o bien al sobrepastoreo —que ha dado lugar a transformaciones en la cubierta vegetal de los pastizales (sobre todo, por la invasión de especies leñosas)—, con la consiguiente pérdida de biodiversidad y de servicios ambientales. Por este motivo, un gran número de protagonistas y sectores con interés —incluidos gobiernos, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales, grupos conservacionistas y personas dedicadas a la investigación de todo el subcontinente— señalan la pérdida de pastizales como un problema apremiante, de absoluta preocupación, cuyo abordaje requiere de manera fundamental conocer el inventario actual de los pastizales como base para determinar con precisión el alcance de dicha pérdida y, a partir de ello, considerar incentivos de conservación, promover financiamientos y medidas de regulación gubernamentales e implementar estrategias a nivel de paisaje.

En este sentido, múltiples iniciativas de conservación, con diferentes visiones y enfoques de intervención, han surgido en diversos contextos locales en Canadá, Estados Unidos y México. Sin embargo, estos esfuerzos requieren una comprensión clara, consistente y coherente de la magnitud de la pérdida de los pastizales. Ahora bien, esa coherencia se ve dificultada por la diversidad de contextos políticos, económicos, sociales y ambientales del bioma de los pastizales centrales de América del Norte. En la actualidad existen más de 30 inventarios de pastizales en todo el subcontinente, cada uno de los cuales utiliza metodologías distintas, por lo que sus resultados presentan variaciones. Con miras a abordar estos desafíos, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) apoyó la elaboración del presente informe, en el que se ofrece una lista de tales inventarios en los tres países; se comparan sus enfoques, y se incorporan conocimientos de especialistas en teledetección y en monitoreo de pastizales obtenidos a través de talleres virtuales realizados entre 2023 y 2024.

Las variantes narrativas de los inventarios identificados plantean un reto para las personas y entidades usuarias finales —incluido el público en general—, quienes pueden recibir mensajes contradictorios acerca de la tasa o ritmo de pérdida de pastizales y el carácter urgente del problema. A continuación se exponen los aspectos más destacados que se desprenden de la evaluación de los inventarios:

- **Metodologías diversas:** Múltiples inventarios de pastizales en toda América del Norte utilizan una mezcla de técnicas cartográficas y de teledetección (basadas en satélites) para generar sus productos finales.
- **Coordinación limitada:** La interacción entre las dependencias provinciales o estatales, por un lado, y federales, por el otro, suele ser mínima, de acuerdo con lo manifestado por

organizaciones líderes y colaboradoras que estuvieron representadas en los talleres de especialistas organizados por la CCA.

- **Definiciones dispares:** Las definiciones de *pastizal* utilizadas varían entre los distintos inventarios, y van desde clasificaciones binarias del hábitat (“nativo” frente a “intervenido” [modificado, cultivado]) hasta categorías más amplias (como “perturbado” por actividades humanas o especies invasoras), con lo cual se complican los esfuerzos de estandarización.
- **Evaluaciones de precisión inconsistentes:** Las evaluaciones de precisión varían ampliamente entre los inventarios, ya que se carece de un enfoque estandarizado, además de que los índices de error no suelen estar bien definidos o difieren entre las diferentes metodologías.
- **Métodos de verificación en campo diversos y limitados:** Si bien algunos inventarios suelen utilizar inspecciones en carretera y otras comprobaciones físicas, en general los métodos de verificación en el terreno no están estandarizados y a menudo se realizan únicamente en función de las oportunidades.
- **Avances tecnológicos:** El acceso a los satélites y los avances sustanciales en su tecnología han permitido un desarrollo más rápido de los inventarios y la aparición de nuevas técnicas para agilizar su elaboración.
- **Accesibilidad de los datos:** Si bien es habitual encontrar mapas de visualización en línea, el acceso a los datos brutos puede resultar complicado.
- **Esfuerzos de colaboración:** Numerosos inventarios implican asociaciones de colaboración entre diversos organismos; sin embargo, no todas las colaboraciones se documentan cabalmente.

Las mejores prácticas identificadas en los talleres y respaldadas por la revisión bibliográfica a efecto de abordar las limitaciones y los desafíos en relación con los inventarios de pastizales, incluyen:

- **Establecer una comunidad de práctica de América del Norte:** Construir una red de colaboración entre inventarios.
- **Aprovechar las nuevas tecnologías:** Utilizar tecnologías satelitales de vanguardia para mejorar los inventarios existentes.
- **Procurar una amplia participación temprana:** Incluir a las personas y entidades profesionales y usuarias finales desde la fase de diseño de un inventario, con vistas a garantizar la viabilidad del mismo y un apoyo sostenido para los procesos de verificación en campo e implementación.
- **Establecer planes para el intercambio de datos desde un primer momento:** Instaurar protocolos de compartición o transmisión de datos desde la fase inicial de integración de los inventarios.

- **Promover la participación de las comunidades indígenas:** Integrar el conocimiento ecológico tradicional (CET) e involucrar a las comunidades indígenas de forma activa en el proceso.
- **Incorporar dimensiones humanas y perspectivas políticas:** Colaborar con especialistas en las dimensiones humanas en relación con los pastizales, al igual que con personas y entidades con conocimiento experto en políticas al respecto, fin de abordar aspectos más amplios por cuanto a los impactos de la pérdida de pastizales, así como responder a necesidades de integración de iniciativas e inventarios.

Este informe presenta un resumen del estado actual del monitoreo de los pastizales centrales en América del Norte a partir de una revisión de los inventarios que existen en los tres países; una descripción de las limitaciones, los desafíos y las mejores prácticas al respecto, y reflexiones (recomendaciones) en torno a próximos pasos a seguir para su estandarización. Los resultados del análisis indican que en Canadá, Estados Unidos y México se dispone de 33 inventarios de pastizales, mismos que han aprovechado los avances tecnológicos en el campo de la teledetección para realizar evaluaciones de pastizales más eficaces y exhaustivas a mayor escala. No obstante, la verificación en campo de datos observados remotamente a fin de determinar su precisión (al compararlos con la “realidad del terreno”) es una labor que requiere tiempo y esfuerzo humano considerables, lo cual provoca retrasos o desfases entre el momento en que se recopilan los datos por percepción remota y el de su verificación y publicación. Además, al día de hoy la colaboración entre inventarios con miras a perfeccionar metodologías, estandarizar prácticas o compartir datos es muy limitada. Cada inventario entraña sus propias fortalezas y limitaciones; sin embargo, estas limitaciones pueden abordarse mediante el apoyo a una comunidad de práctica, con miras a lograr una mayor estandarización en los inventarios de pastizales de América del Norte que permita que la información y las metodologías puedan compartirse e intercambiarse, a fin de transmitir un mensaje homogéneo respecto de la pérdida de pastizales.

Al integrar información derivada de una revisión de la bibliografía publicada sobre el tema, por un lado, y las perspectivas aportadas por quienes participaron en los talleres de la CCA, por el otro, el presente informe adquiere un carácter único y valioso, y sus contenidos sin duda aportarán una buena base para —con respaldo del singular papel de la Comisión en favor de la cooperación ambiental trinacional— fundamentar el debate sobre futuras iniciativas relacionadas con la investigación y la formulación de políticas en materia de conservación de pastizales. Tales iniciativas permitirían avanzar en el ámbito de la teledetección y monitoreo de pastizales; proporcionarían un mensaje homogéneo a las partes interesadas, y contribuirían a mitigar la pérdida del bioma de los pastizales centrales de América del Norte. La intención es que la información contenida en este documento constituya un punto de partida para mejorar los actuales esfuerzos de conservación de pastizales, impulsar nuevas formas de cooperación y hacer frente a la continua pérdida de este gran ecosistema en toda la región.

Agradecimientos

Pattison Resource Consulting Ltd. agradece el apoyo administrativo de Antoine Asselin-Nguyen, Nicole Goñi y Lucie Robidoux, de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), así como la orientación conceptual de quienes integran el comité directivo del proyecto *Conservación de pastizales y aves migratorias* de la CCA: Christian Artuso, Samantha Brooke, John Carlson, José Manuel Galindo Jaramillo, Sigrid Gutiérrez Aquino, Orien Richmond, Vicente Rodríguez Contreras y Natalie Savoie. Vaya también un profundo agradecimiento a los revisores de este informe: Sarah Olimb (Estados Unidos), Thuy Doan y Bill Houston (Canadá), Rurik List y José Armando Alanís de la Rosa (México), al igual que Arvind Panjabi (Estados Unidos y México).

Asistentes a los talleres de la CCA en relación con el monitoreo de pastizales, llevados a cabo entre mayo de 2023 y mayo de 2024:

* *Nota:* La afiliación institucional de las personas participantes en los talleres mencionadas en el presente informe se incluye únicamente con fines de referencia. Cabe señalar que sus contribuciones se realizaron a título personal y profesional en su calidad de especialistas. Los puntos de vista y opiniones expresados en el informe corresponden sólo a las personas participantes y no necesariamente representan las posiciones de las organizaciones a las que están afiliadas.

De Canadá:

Amy Nixon, Ministerio de Medio Ambiente de Saskatchewan (*Saskatchewan Ministry of Environment*)

Andrea Hebb, The Nature Conservancy Canada

Andrew Davidson, ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*, AAFC)

Barbara Kishchuk, contratista independiente, Inventario Nacional de Pastizales de Canadá (*Canadian National Grassland Inventory*), Asociación Canadiense para Pasturajes y Pastizales (*Canadian Forage and Grassland Association*)

Barry Robinson, ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC)

Beatriz Prieto Diaz, gobierno de Saskatchewan

Bill Houston, AAFC

Cedric MacLeod, Asociación Canadiense para Pasturajes y Pastizales

Christian Artuso, ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Colleen Wilson, gobierno de Manitoba

Daniel McDonald, AAFC

Darren Pouliot, ECCC

Doug McDonald, ECCC

Emily Lindsay, AAFC

Erika Bachman, ECCC

Frederic Bedard, Dirección General de Estadística de Canadá (*Statistics Canada*)

Glenn Friesen, gobierno de Manitoba

Irini Soubry, Universidad de Saskatchewan

Jason Duffe, ECCC

Kenneth Chu, Statistics Canada

Lauren Allen, Statistics Canada

Mark Henry, Statistics Canada

Melodie Green, AAFC

Michael Watmough, ECCC

Michelle Filiatrault, ECCC

Nasem Badreldin, Universidad de Manitoba

Rebecca Smith, gobierno de Saskatchewan

Robin Bloom, ECCC

Samantha Hussey, Servicio Canadiense de Vida Silvestre (*Canadian Wildlife Service*)

Sherry Punak-Murphy, Base Shilo de las Fuerzas Armadas Canadienses (*Canadian Forces, Shilo Base*)

Steve Javorek, AAFC

Thiago Frank, gobierno de Saskatchewan

Thuy Doan, Instituto de Monitoreo de la Biodiversidad de Alberta (*Alberta Biodiversity Monitoring Institute*)

Tony Szumigalski, gobierno de Manitoba

Xulin Guo, Universidad de Saskatchewan

De Estados Unidos:

Adam Hannuksela, Sonora Joint Venture

Arvind Panjabi, Bird Conservancy of the Rockies

Beth Ross, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (*United States Fish and Wildlife Service, USFWS*)

Brandt Ryder, Bird Conservancy of the Rockies

Chris Latimer, Bird Conservancy of the Rockies

Dan Bunting, USFWS

Dirac Twidwell, Universidad de Nebraska en Lincoln

Don Wilhelm, USFWS

Doug Keinath, USFWS

Heath Hagy, USFWS

Jason Tack, USFWS

John Carlson, USFWS (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Kevin Barnes, USFWS

Matthew Rigge, Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos (*United States Geological Survey*, USGS)

Neal Niemuth, USFWS

Nicole Hupp, Oficina de Administración de Tierras (*Bureau of Land Management*, BLM)

Orien Richmond, USFWS (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Roger Grosse, Rainwater Basin Joint Venture

Samantha Brooke, USFWS (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Sara Olimb, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés)

Stephen Chang, Playa Lakes Joint Venture

Tammy VerCauteren, Bird Conservancy of the Rockies

Tom Bonnot, USFWS

Zach Hurst, Playa Lakes Joint Venture

De México:

Alicia Juárez, *afiliación no proporcionada*

Annamaria Savarino, *afiliación no proporcionada*

Antonio Moreno, Especies, Sociedad y Hábitat, A. C. (ESHAC)

Briseida Mejía Torres, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)

Carlos Piedragil, Semarnat (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Carmen Lourdes Meneses Tovar, Comisión Nacional Forestal (Conafor)

Carolina Rojas, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Cintia Alfaro Mireles, Semarnat

Eduardo Sánchez Murrieta, Evaluación Integral y Restauración de Hábitat, A. C. (EIRHA)

Humberto Berlanga, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Irene Ruvalcaba, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Isabel Cruz, Conabio

José Armando Alanís de la Rosa, Conafor

José Juan Flores, ESHAC

José Luis Ornelas de Anda, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi)

Martín Rodríguez Blanco, Semarnat

Maxime Le Bail, Profepa (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Metzli Ileana Aldrete Leal, Conafor

Neyra Ramírez Palomec, Semarnat

Pedro Gutiérrez, Profepa (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Rainer Ressler, Conabio

Ricardo Hernández López, Semarnat

Rurik List, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) – Unidad Lerma

Sigrid Gutiérrez, Profepa (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Vicente Rodríguez Contreras, Conabio (integrante del comité directivo del proyecto de la CCA)

Víctor Córdoba Navarrete, Semarnat

Víctor Vargas, Conabio

Facilitación y toma de notas:

John K. Pattison-Williams

Ashley Klotz

Comisión para la Cooperación Ambiental:

Lucie Robidoux

Antoine Asselin-Nguyen

Nicole Goñi

Dominique Croteau

1 Introducción

Los pastizales, paisajes esenciales para el funcionamiento de los sistemas ecológicos y para el bienestar humano, cubren entre 30 y 50 por ciento de la superficie terrestre (Remote Sensing 2022; Encabo *et al.*, 2023; Stevens, 2018). Definidos como *ecosistemas cuya vegetación dominante son los pastos* (FAO, 2005),¹ los pastizales constituyen el segundo paisaje terrestre más extenso del planeta (Yan *et al.*, 2023). Sin embargo, a medida que la población humana aumenta, con el consecuente incremento de la demanda y consumo de recursos naturales, estos paisajes históricos se han ido transformando y hoy día se encuentran atravesados (es decir, fragmentados) y cubiertos por vastas extensiones de cultivos, corredores de transporte humano y zonas urbanas, además de ser objeto de desertificación e invasión de arbustos, fenómenos acentuados por el cambio climático (Yan *et al.*, 2023). De hecho, en 2008, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) afirmó que los pastizales templados constituían el ecosistema más amenazado del planeta (UICN, 2010).

La tendencia a la conversión (o transformación del uso de suelo) en el bioma de los pastizales centrales de América del Norte se observa desde hace décadas (Pieper, 2005). Aunque las estimaciones varían, se calcula que en el último siglo se ha perdido cerca de 60 por ciento de los pastizales nativos (FWS, 2024): poco más de 176 millones de hectáreas, de acuerdo con la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales (Central Grasslands Roadmap, 2022; Gage, Olimb y Nelson, 2016), y alrededor de 13 millones de hectáreas desde 2012 (WWF, 2023). Debido a la gran extensión que ocupan los pastizales centrales de América del Norte —desde el sur de Canadá hasta el norte de México, pasando por el centro de Estados Unidos—, los factores económicos, sociales y ambientales que impulsan el cambio de uso de suelo son muy diversos. La bibliografía técnica publicada en torno a la conversión de los pastizales identifica como principales factores de cambio la utilización para cultivos agrícolas (Olimb y Robinson, 2019) y la invasión de especies leñosas (a menudo como resultado del sobrepastoreo) o la expansión de la transición forestal (Robinov, Hopkinson y Vanderwel, 2021), seguidos de la desertificación (Reynolds *et al.*, 2007), la expansión urbana (Augustine *et al.*, 2021; Rabbetts *et al.*, 2023) y el cambio climático (Harrison, Gornish y Copeland, 2015). Por otro lado, la demanda de fuentes alternativas de energía renovable es un factor que en los últimos años está contribuyendo también a exacerbar esta pérdida (Ott *et al.*, 2021), como sugieren ejemplos recientes de iniciativas de inversión en energías renovables con una demanda asociada de cultivos anuales como materia prima (Western Producer, 2022). En conjunto, estas pérdidas son verdaderamente significativas.

¹ En los talleres de la CCA con especialistas, celebrados en 2023 y 2024, el establecimiento de una definición común de *pastizal* se identificó como desafío. Puesto que no se llegó a un consenso respecto de una definición común, en el contexto del presente informe se emplea la definición general dada en la publicación *Grasslands of the World* [Pastizales del mundo], publicada en 2005 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Cfr.: <www.fao.org/4/y8344e/y8344e00.htm>.

Un elemento primordial para la conservación de este ecosistema amenazado estriba en lograr un conocimiento preciso de la extensión que actualmente tienen los pastizales y de la tasa o ritmo de su pérdida en el tiempo (Li *et al.*, 2021; Reinermann Asam y Kuenzer, 2020; Remote Sensing 2022; Wang *et al.*, 2022). Los inventarios de pastizales constituyen una herramienta esencial de la que se sirven economistas, practicantes de las ciencias sociales y responsables de la definición de políticas para guiar las decisiones relativas al manejo de tierras. Sin embargo, debido a la diversidad de contextos políticos y geográficos en el subcontinente, existen múltiples enfoques, definiciones y desafíos. Por ejemplo, en Canadá, el cambio en los pastizales centrales se registra en mapas elaborados por tres dependencias gubernamentales federales diferentes y tres organismos provinciales, y hasta la fecha la integración de registros e inventarios ha tenido un éxito limitado.² Estados Unidos y México tienen un problema similar al respecto, y a pesar de que iniciativas conjuntas como la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales (*Central Grasslands Roadmap*) intentan realizar un seguimiento del cambio a escala de bioma, dicho rastreo a semejante escala supone un reto aún mayor.

En respuesta a la urgente necesidad de integrar los diversos inventarios de pastizales de América del Norte, así como estandarizar las metodologías que éstos emplean, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)³ organizó una serie de talleres y encomendó la elaboración del presente informe, con el propósito de sintetizar el estado que actualmente guarda el conocimiento sobre monitoreo de pastizales en América del Norte y comprender sus tendencias. Con información obtenida a partir de una búsqueda exhaustiva en línea de inventarios de pastizales con datos de percepción remota, y con base también en intercambios y diálogos facilitados con representantes de inventarios de Canadá, Estados Unidos y México, este informe tiene por objeto exponer de forma sintética los conocimientos de que se dispone sobre el tema; identificar enfoques para la integración de inventarios y datos, y construir capacidades para la futura colaboración entre iniciativas que hoy son dispares.

En el apartado 2 se recoge información de antecedentes relevante, se define el alcance de la investigación y se presenta una breve revisión documental en torno a la teledetección de pastizales; el apartado 3 presenta un análisis de los inventarios existentes, en el que se incluye el enfoque metodológico adoptado por cada uno, así como las fortalezas y las limitaciones detectadas; el apartado 4 resume las mejores prácticas identificadas; en el apartado 5 se resumen las necesidades por cuanto a datos e información para la integración de iniciativas e inventarios; el apartado 6 explora las oportunidades y los desafíos que plantea la estandarización de los inventarios; el apartado 7 contempla las direcciones futuras y la creación de capacidades para la integración, y por último, en el apartado 8 se presentan las conclusiones y se alude a las limitaciones del informe.

² La Asociación Canadiense para Pasturajes y Pastizales (*Canadian Forage and Grassland Association*, CFGA) recibió financiamiento del ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC) para establecer un Inventario Nacional de Pastizales; ese proceso concluyó en 2024 y a la fecha de elaboración de este informe están pendientes los resultados finales.

³ La CCA cuenta con el apoyo de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México, y trabaja para fortalecer la cooperación ambiental en América del Norte.

2 Antecedentes y enfoque

2.1 Objetivo y área de estudio

Creada en 1994 por los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) reúne a una amplia diversidad de protagonistas y sectores con interés —incluidos el público en general, comunidades indígenas, jóvenes, organizaciones no gubernamentales, el gremio académico y el sector empresarial— con el propósito de encontrar soluciones para proteger el medio ambiente compartido de América del Norte y, al mismo tiempo, fomentar un desarrollo sustentable en la región en beneficio de las generaciones presentes y futuras (CCA, 2024). El proyecto [Conservación de pastizales y aves migratorias](#) de la CCA tiene por objeto generar conocimiento que sirva de base para la toma de decisiones y el emprendimiento de acciones orientadas a detener y prevenir la pérdida de pastizales en el subcontinente, en apoyo de hábitats, flora y fauna silvestres y comunidades humanas sustentables. El gran bioma de los pastizales centrales de América del Norte, objeto de estudio del presente informe, se ilustra en el mapa que se muestra a continuación.

Gráfica 1. Mapa de evaluación de la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales



Fuente: Mapa de evaluación de los pastizales de América del Norte, realizado en el marco de la iniciativa Hoja de Ruta de las Praderas Centrales; versión 2.1 (2024).

Dada la necesidad de mejorar la colaboración entre especialistas respecto del estado actual del monitoreo de pastizales en Canadá, Estados Unidos y México a efecto de evaluar los diferentes

enfoques para el monitoreo del cambio de estos hábitats, identificar las mejores prácticas y facilitar espacios de trabajo conjunto, en el marco del mencionado proyecto de la CCA se implementó una iniciativa de colaboración que entrañó cuatro etapas: i) un taller preliminar de exploración celebrado en mayo de 2023 con representantes de los tres países, diseñado para entender las perspectivas y necesidades iniciales; ii) un segundo taller pormenorizado que tuvo lugar en septiembre de 2023, en el que se presentaron diversos inventarios y se abordaron cuestiones derivadas de la primera sesión; iii) un tercer taller que incluyó, por un lado, sesiones celebradas en abril de 2024 y centradas en la colaboración nacional en México, y, por el otro, sesiones efectuadas en mayo de 2024 en torno a las áreas de colaboración trinacional, y iv) el presente informe técnico final sobre el estado que guarda el monitoreo de pastizales en América del Norte, en el que se resume la información obtenida en los talleres realizados, complementada con una revisión tanto de la bibliografía publicada sobre el tema como de los inventarios de pastizales existentes a escala regional y en cada uno de los tres países.

2.2 Revisión de las prácticas de monitoreo de pastizales

Los resúmenes de las diversas prácticas para el monitoreo e inventariado de pastizales que se ofrecen a continuación no proporcionan una exploración exhaustiva de la literatura publicada en la materia; sin embargo, las conclusiones que se desprenden de la revisión sistemática realizada enriquecen y refuerzan los aprendizajes surgidos de los talleres de la CCA de 2023 y 2024, y pueden aplicarse a otros ámbitos, además de los ecosistemas de pastizal. Asimismo, los estudios que se exploran en los párrafos siguientes son un buen punto de partida para profundizar en el tema y obtener información adicional que permita un mayor conocimiento teórico con miras a mejorar la integración y aplicación de inventarios de los pastizales centrales en América del Norte.

2.2.1 Teledetección de pastizales

El monitoreo de pastizales por teledetección consiste en el uso de diversas tecnologías de percepción remota para registrar y analizar los ecosistemas de pastizal, así como dar seguimiento a sus cambios con el tiempo. Este campo de la teledetección de pastizales (GRS, por sus siglas en inglés) ha evolucionado desde los primeros métodos utilizados, como la fotografía aérea, hasta las técnicas más avanzadas de percepción remota por satélite que se emplean hoy en día (Wang *et al.*, 2022). Con los recientes avances en la obtención de imágenes por satélite y la capacidad informática de la última década, la teledetección ha logrado avances significativos en general y también aplicada específicamente al monitoreo de pastizales. Un indicador de este cambio se refleja en el número de artículos publicados: una revisión sistemática apunta a que su número ha aumentado a un ritmo exponencial, con más de 100 artículos publicados cada año desde 2010 (Li *et al.*, 2021). Algunas tendencias y enseñanzas generales pueden extraerse de varias revisiones sistemáticas recientes sobre la literatura en materia de GRS (Reinermann, Asam y Kuenzer, 2020), y se destacan a continuación.

Ali *et al.* (2016) exploran el tema del cambio de los pastizales desde la perspectiva del manejo de pasturajes y de la producción agrícola de plantas forrajeras. Presentan —en particular consonancia

con el propósito del presente informe— métodos actuales de GRS, avances tecnológicos y desafíos y tendencias para el desarrollo futuro. Uno de los retos que identifican es la baja resolución espacial de los datos satelitales hipertemporales de que se dispone hoy día, lo que limita su uso aplicado a escala de agostaderos y campos de cultivo y pasturaje en favor del manejo de pastizales y de hatos de ganado, desafío que —se sugiere— puede paliarse con el creciente aumento en el lanzamiento de constelaciones de satélites, como RapidEye, Sentinel-2 y varios microsátélites (Ali *et al.*, 2016). También se señalan varios avances futuros que pueden aplicarse al monitoreo de los pastizales: i) imágenes obtenidas a partir de microondas; ii) mejor conocimiento del comportamiento de retrodispersión en diferentes etapas fenológicas para lograr una mayor fiabilidad en regiones nubladas, y iii) métodos analíticos mejorados e instrumentación de tecnologías y sensores satelitales que permitan imágenes hiperespectrales. La diferenciación detallada de los tipos de hábitat podría ayudar en el análisis y tener implicaciones prácticas para personas y entidades usuarias finales (Ali *et al.*, 2016).

Li *et al.* (2021) presentan un análisis cuantitativo de las tendencias de la investigación mediante GRS en el periodo 1980-2020. Sugieren que las metodologías y tecnologías emergentes o aún poco utilizadas, como los sistemas aéreos no tripulados, la computación en la nube y el aprendizaje profundo, seguirán mejorando la investigación y el monitoreo de pastizales mediante teledetección, en apoyo a la consecución de objetivos de desarrollo sustentable. Lyu *et al.* (2022) apoyan esta afirmación en lo que respecta a los vehículos aéreos no tripulados (VANT) y sugieren que una revisión sistemática y exhaustiva de la aplicación de la percepción remota con dichos vehículos en el monitoreo de los ecosistemas de pastizal contribuiría a comprender el valor de la teledetección de pastizales y los desafíos actuales en este campo.

Wang *et al.* (2022) recogen una visión más general de la aplicación de la teledetección en el monitoreo de pastizales, y —con base en una síntesis de los resultados de diversos estudios publicados— extraen varias conclusiones que pueden contribuir a mejorar el seguimiento del cambio en los pastizales a lo largo del tiempo: i) las aplicaciones de GRS deben adoptar los métodos de estimación más avanzados en lugar de los modelos de regresión estadística simples; ii) se debe explorar más el potencial del aprendizaje profundo en el procesamiento de datos de alta dimensión (conjuntos complejos, con gran número de características o variables) y el ajuste de relaciones no-lineales; iii) conviene también explorar el potencial de algunos nuevos índices de vegetación basados en las características espectrales del pastizal específico en estudio, y iv) se debe considerar la fusión de imágenes de múltiples fuentes como recurso para compensar deficiencias en la información y la resolución de las imágenes de teledetección adquiridas por un único sensor o satélite (Wang *et al.*, 2022).

2.2.2 Verificación en campo y evaluación de la precisión

La verificación en campo (en inglés, *ground truthing*) se refiere al proceso de corroboración de datos de teledetección mediante su comparación con la “realidad del terreno” derivada de observaciones y mediciones realizadas *in situ*. Esta verificación es crucial para entrenar los modelos de clasificación y análisis en el reconocimiento de pastizales mediante teledetección, garantizando así mayores precisión y fiabilidad de los datos obtenidos. A pesar de los avances significativos en la tecnología de teledetección

de pastizales, la verificación en campo continúa planteando un gran reto. Hace casi tres décadas, Zhou y Pilesjo (1996) expresaron su preocupación por los resultados incoherentes y poco fiables que proporcionaban los métodos de estimación visual en la teledetección de hábitats de pastura y, aunque desde entonces se han producido inmensos avances tecnológicos, su advertencia mantiene validez. El valor inestimable de comprobar los resultados de la teledetección mediante la verificación en el terreno persiste, incluso con los avances actuales, pese a lo costoso que resulta y el tiempo que requiere. A continuación se resumen varios artículos que exploran las mejores prácticas y las limitaciones de las estrategias actuales de verificación en campo.

Los datos históricos de teledetección de que se dispone abarcan ya décadas y son de alcance mundial (Purdy *et al.*, 2023). En cambio, las observaciones terrestres de la fenología y distribución de la vegetación y usos de suelo en los distintos paisajes —pastizales incluidos—, varían en gran medida en cuanto a enfoques metodológicos, protocolos de observación, duración y cobertura espacial. Badreldin *et al.* (2021) presentan un enfoque metodológico y un novedoso marco analítico para lograr un levantamiento cartográfico de pastizales fiable mediante la más reciente tecnología de monitoreo (con uso de grandes volúmenes de datos —*big data*— y algoritmos de aprendizaje automático para la clasificación de tipos de cubierta vegetal). En la ecorregión de pastizales mixtos de la provincia de Saskatchewan, Canadá, se llevó a cabo una evaluación de la actual distribución espacial de los pastizales utilizando datos de teledetección obtenidos de los sensores MODIS, Sentinel 1 y Sentinel 2. Para evaluar la precisión de la clasificación, se utilizó una matriz de confusión (o de error) a fin de comparar las clases o categorías de pastizales —nativos, mixtos e intervenidos— atribuidas a los datos de teledetección con los tipos reales (valores de referencia) obtenidos de la verificación en campo. Los resultados de la investigación indicaron que la precisión global de la clasificación (para todas las clases de pastizales) fue de 90.2%. Asimismo, se encontró que para los pastizales nativos la precisión por cuanto al uso (que representa la probabilidad de que un pixel clasificado en una categoría dada por el algoritmo de aprendizaje automático en efecto corresponda a la misma categoría en el terreno) fue de 98.20%, mientras que la precisión respecto de la producción (es decir, lo acertado de la clasificación —tipo de cobertura del suelo— dada a los pixeles de referencia por parte del algoritmo de aprendizaje automático) fue de 88.40%; para los pastizales intervenidos (cultivados o modificados por pastoreo) se obtuvo una precisión de uso de 81.4%, frente a una precisión de producción de 93.8%; en tanto que para los pastizales mixtos la precisión de uso se situó en un nivel muy bajo (45.8%) y la precisión de producción fue más elevada (82.83%). La gran discrepancia entre ambas precisiones para los pastizales mixtos se debe a la comparación con otros mapas de la cubierta vegetal de la misma región que no incluían una categoría de pastizales mixtos.

Tran *et al.* (2023) revisaron de forma sistemática 676 trabajos de investigación publicados entre 2011 y 2021 que evaluaron la incertidumbre o la precisión de estimaciones realizadas con datos de teledetección. Estos trabajos se categorizaron y clasificaron en función de: i) métodos utilizados para evaluar las incertidumbres; ii) contexto en el que se evaluaron las incertidumbres, y iii) criterios de medición aplicados para determinar las incertidumbres. Se encontró que la mayor parte de los estudios evaluaron las incertidumbres de datos de percepción remota obtenidos con soportes espaciales de 500 m a 5 km

(268 investigaciones de las 676 analizadas) y de menos de 100 metros (191 de 676). Ello puede atribuirse a la disponibilidad de conjuntos de datos de teledetección ampliamente utilizados para estimar la evapotranspiración, como los obtenidos de los sensores MODIS (250 m a 1 km) y Landsat (30 a 100 metros). A efecto de validar los resultados de los modelos o estimaciones a partir de datos de percepción remota, la mayoría de los estudios examinados usaron valores obtenidos *in situ* (verificación en campo) como referencia para la validación (y, por consiguiente, para la evaluación de la incertidumbre); sin embargo, es sabido que en muchas regiones se carece de datos obtenidos en el terreno que pueda usarse como referencia para la validación. Todos los métodos comparten fuentes de error e incertidumbre: por ejemplo, la respuesta del sensor (límite de detección), el error de calibración (desviación con el tiempo), el ruido (valores aleatorios anormales en la señal del sensor) y una instalación y mantenimiento deficientes. Además, cada método entraña fuentes de error e incertidumbre específicas, en función de sus hipótesis teóricas. Tran *et al.* (2023) concluyen que las investigaciones futuras deben registrar el contexto en el que se realiza la validación (evaluación de incertidumbres), la precisión de las bases de datos de referencia y la falta de concordancia en las escalas temporales y espaciales de los conjuntos de datos de referencia y de teledetección; asimismo, en el caso de regiones que carecen de estaciones o recursos para generar datos de validación mediante verificación en campo, se requerirá obtener datos de referencia adicionales y combinar diferentes métodos para evaluar la incertidumbre.

Diversos métodos pueden aplicarse para mejorar la precisión de la clasificación a partir de datos de teledetección de los componentes (tipos de cobertura vegetal) de un paisaje complejo, así como ampliar su cobertura más allá de los periodos cubiertos por prácticas tradicionales de verificación en campo. Mueller-Warrant *et al.* (2015) llevaron a cabo un estudio en un área de 25,303 km² de la cuenca del río Willamette y zonas de infiltración cercanas en el oeste de Oregón y el suroeste de Washington, Estados Unidos, en el que utilizaron datos de uso del suelo obtenidos en el terreno anualmente para el periodo 2005-2011, contrastados con datos de teledetección disponibles derivados de imágenes Landsat, de imágenes compuestas de 16 días del espectrorradiómetro de resolución moderada MODIS y del Programa Nacional de Imágenes Agrícolas (*National Agriculture Imagery Program*, NAIP). Una vez definidas las clases o categorías de uso de suelo más comunes en la zona de estudio (57), se logró generar —por extrapolación a partir de los datos obtenidos en el terreno correspondientes a los siete años posteriores (2005-2011)— datos sintéticos para el año 2004 que clasificaron 49 categorías (de las 57 definidas) con una precisión global de 96%. Estos resultados probaron que, en paisajes complejos donde el uso de suelo o la distribución de vegetación —incluidos cultivos agrícolas— no suelen variar de un año a otro, es posible obtener clasificaciones precisas aun si no se dispone de los datos verificados en campo correspondientes al año en cuestión (Mueller-Warrant *et al.*, 2015).

Hansen y Loveland (2012) sugieren que una mayor disponibilidad de datos, métodos avanzados de procesamiento y una necesidad acuciante de información sobre los cambios ambientales darán lugar a un aumento proporcional en la cuantificación del cambio global en los usos de suelo y la cubierta vegetal. Los autores destacan cuán necesarios resultan estos tres aspectos —sobre todo la disponibilidad de datos— a efecto de hacer realidad la mejora de la capacidad de monitoreo. Además, la expansión de los métodos y sistemas de monitoreo de uso del suelo a otras regiones del mundo y a

otras materias de interés se maximizará mediante una política de datos de acceso libre y fácil para los sistemas de monitoreo a escala global (Hansen y Loveland, 2012).

2.2.3 Ciencia comunitaria o ciudadana

La ciencia comunitaria o ciudadana entraña la participación voluntaria de personas con interés científico e integrantes de la comunidad en iniciativas de investigación, a menudo con miras a recopilar, analizar y difundir datos (Purdy *et al.*, 2023). Este enfoque, que se ha vuelto cada vez más parte integral de las actividades de verificación en campo, contribuye a optimizar las metodologías de modelización y análisis de datos de teledetección en diferentes biomas. Hecker *et al.* (2019) exploran las iniciativas de ciencia ciudadana como estrategia para abordar desafíos y aportar soluciones en los campos de la ciencia, la práctica en favor de la conservación y la definición de políticas. Luego de señalar que la ciencia ciudadana tiene una larga historia de aplicación en ámbitos como la astronomía, la biología, la salud pública y el monitoreo de la biodiversidad y otros aspectos ambientales, este estudio destaca cómo las tecnologías en constante evolución facilitan la colaboración efectiva entre el público y la comunidad científica, y subraya el papel de la ciencia ciudadana por cuanto a reforzar la calidad de la investigación, gracias a su integración a prácticas científicas establecidas y el uso de tecnología de apoyo como las imágenes obtenidas por satélite y la verificación en el terreno (Hecker *et al.*, 2019).

Domingo-Marimon *et al.* (2022) sugieren que las observaciones de monitoreo de los eventos estacionales del ciclo vital de las especies vegetales y animales han estado tradicionalmente vinculadas a prácticas de ciencia ciudadana y se han limitado a especies comunes a proximidad de la ubicación de la persona que observa. Si bien esta estrategia ha aportado una perspectiva local valiosa, resulta insuficiente para captar la gran variabilidad de la fenología de la vegetación en los distintos biomas, limitación que a su vez restringe nuestra comprensión de cómo el cambio climático afecta a la vegetación a una escala más amplia. No obstante, los recientes avances en teledetección, sobre todo en lo que respecta a satélites con sensores de alta resolución espacial y temporal como Sentinel-2A y 2B, ofrecen una solución prometedora. Estos satélites proporcionan imágenes detalladas que pueden potenciar las iniciativas de ciencia ciudadana al orientar a sus participantes y ampliar la cobertura espacial y temporal del monitoreo de la fenología (Domingo-Marimon *et al.*, 2022).

Boyd *et al.* (2022) llevaron a cabo una encuesta orientada a examinar el uso de la ciencia ciudadana en apoyo a proyectos de teledetección y observación terrestre en el Reino Unido y abordar cuestiones relacionadas con los posibles desafíos derivados de una base de participantes con escasa información o capacitación. La encuesta reveló que la mayoría (65%) de las personas encuestadas utilizaba en sus proyectos de investigación o práctica profesional datos recogidos por la ciencia ciudadana (por ejemplo, para colmar lagunas de datos y contribuir a validar datos de teledetección con datos obtenidos en el terreno), aunque con reservas y dudas acerca de su confiabilidad. El estudio sugiere que se lograrían avances si la comunidad científica y profesional dedicada a la observación de la Tierra estuviera al tanto de la calidad de la infraestructura, las metodologías y los enfoques actuales de la ciencia ciudadana, y también si se mejoraran la disponibilidad y adaptabilidad (flexibilidad) de dicha infraestructura.

Basile *et al.* (2023) introducen el concepto *perspectivismo de datos*, que pone énfasis en la integración de las perspectivas y opiniones humanas en la fase de representación del conocimiento en los procesos de aprendizaje automático. Este enfoque aborda las limitaciones de los métodos tradicionales de agregación de criterios de referencia, que a menudo simplifican en exceso fenómenos complejos. El *perspectivismo de datos* aboga por la incorporación de aportaciones humanas diversas a fin de lograr mayores fiabilidad y representatividad de los datos obtenidos por verificación en campo. Este aspecto cobra especial relevancia en las iniciativas de ciencia ciudadana, donde las personas participantes aportan tanto datos de realidad del terreno cruciales como observaciones diversas, lo que contribuye a la complejidad y variabilidad del conocimiento del entorno observado. El enfoque del *perspectivismo de datos* destaca la importancia de incorporar múltiples perspectivas que permitan mejorar la precisión y la solidez de los datos, en contextos tanto de aprendizaje automático como de ciencia ciudadana (Basile *et al.*, 2021).

3 Síntesis del estado actual del monitoreo de pastizales centrales en América del Norte

3.1 Metodología

Se realizó una exploración de los inventarios de pastizales centrales mediante un proceso de búsqueda sistemática en línea, mismo que se describe en el cuadro 1. La fase 1 consistió en una revisión exhaustiva de los inventarios disponibles, con base en los términos de búsqueda definidos; la fase 2 incluyó un examen de los títulos y sinopsis de los recursos identificados; la fase 3 se centró en revisar los sitios web o documentos correspondientes en su totalidad, para determinar los componentes (temas clave) de cada inventario y su relevancia; finalmente, en la fase 4, especialistas participantes en los talleres de la CCA relacionados con los inventarios (en la medida de lo posible) revisaron la lista integrada, con vistas a recabar detalles adicionales y garantizar que no se excluyera ningún inventario.

Cuadro 1. Metodología de búsqueda de inventarios de los pastizales centrales de América del Norte

Fase	Descripción	Acción
1	Google Scholar Google Science Direct	Pastizal / hábitats de pastura, tierras de pastoreo, agostaderos / pradera + conversión + teledetección + inventario + monitoreo + América del Norte Pastizal / hábitats de pastura, tierras de pastoreo, agostaderos / pradera + conversión + teledetección + inventario + monitoreo + Canadá Pastizal / hábitats de pastura, tierras de pastoreo, agostaderos / pradera + conversión + teledetección + inventario + monitoreo + Estados Unidos Pastizal / hábitats de pastura, tierras de pastoreo, agostaderos / pradera + conversión + teledetección + percepción remota + inventario + monitoreo + México
2	Examen de títulos y sinopsis	Se realizó una revisión de títulos y sinopsis o materiales de síntesis de los inventarios identificados para determinar si debían conservarse o excluirse (con base en los criterios definidos: inventario y enfoque)
3	Revisión de los inventarios	Se realizó una lectura de los correspondientes sitios web y documentos (mapas e informes, entre otros) con el fin de explorar los temas clave de cada inventario y su relevancia
4	Revisión por especialistas	Los inventarios identificados se sometieron a revisión por parte de especialistas de los respectivos países a efecto de determinar su inclusión o exclusión

3.2 Inventarios

En términos generales se identificaron 33 inventarios de pastizales a escala de América del Norte y en los tres países, entre los que se incluyen seis inventarios derivados de iniciativas regionales de gran envergadura, trece de Canadá, siete de Estados Unidos y siete de México. Cada uno de los inventarios incluidos en la lista se examinó con base en nueve variables descriptivas (véase el cuadro 2), definidas en consulta con el comité directivo del proyecto de la CCA. Los resultados completos de la exploración de los inventarios de pastizales figuran en el cuadro 3.⁴

Cuadro 2. Descripción de las variables utilizadas en la revisión detallada de los inventarios de pastizales centrales de América del Norte

Variable	Descripción
Inventario	Nombre del inventario.
Alcance geográfico	Extensión espacial o área geográfica que cubre el inventario.
Descripción	Resumen del propósito del inventario.
Definición de pastizal ⁵	Definiciones o criterios utilizados para categorizar los pastizales, como <i>nativos</i> , <i>intervenidos</i> (o cultivados), <i>perturbados</i> , <i>mixtos</i> u otras clasificaciones.
Periodo cubierto	Periodo al que corresponden los datos con los que se integró el inventario.
Precisión registrada	Nivel de precisión de que da cuenta el inventario.
Métodos de campo	Descripción de los métodos utilizados a fin de verificar o validar sobre el terreno los datos del inventario.
Visualización, fuente de datos y acceso	Enlace al mapa de visualización (si lo hubiere); fuentes de datos utilizadas (por ejemplo, fotografía aérea, imágenes por satélite), y disponibilidad de los datos para el público y detalles de accesibilidad, incluidos enlaces en caso de estar disponibles.
Organismos coordinadores y colaboradores	Organizaciones líderes o responsables del inventario (en negritas) y entidades colaboradoras (en redondas).

⁴ El cuadro 3 incluye los inventarios de pastizales de América del Norte identificados a través de búsquedas en línea (revisión exhaustiva) y consultas con especialistas en teledetección de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México. No obstante, es posible que existan inventarios específicos a escala local que no figuren en la lista.

⁵ La diversidad de las definiciones de pastizal que emplean los distintos inventarios constituye un reto permanente. Un siguiente paso que resultaría oportuno sería reunir información respecto de los puntos en común y diferencias existentes entre las múltiples definiciones de pastizal utilizadas; semejante labor, sin embargo, queda fuera del alcance del presente informe.

Cuadro 3. Visión de conjunto de los inventarios de pastizales centrales de América del Norte y principales variables

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
América del Norte	Iniciativa de Evaluación de los Pastizales Centrales (<i>Central Grasslands Assessment Initiative</i>), con datos del informe <i>Plowprint Report</i> [Huella del arado] del WWF y de la Plataforma de Análisis de Hábitats de Pastura (<i>Rangeland Analysis Platform</i> , RAP)	Canadá, Estados Unidos y México	Proporciona un producto cartográfico que orienta las inversiones voluntarias en favor de la conservación y ayuda a las personas y entidades locales asociadas a priorizar los programas de conservación. Traza mapas de pastizales centrales, pastizales vulnerables y pastizales convertidos o alterados.	Áreas no urbanizadas ni convertidas como resultado de la agricultura de cultivo en hileras o la invasión de especies leñosas. Categorizadas como “zonas núcleo, amenazadas e invadidas”.	Vigente; actualizado en 2023	Los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras se basan en la Capa de Datos de Tierras de Cultivo (<i>Cropland Data Layer</i> , CDL), con una precisión anual de entre 85 y 95 por ciento, y en el Inventario Anual de Cultivos (<i>Annual Crop Inventory</i> , ACI), con una precisión estimada de entre 85 y 90 por ciento. La precisión se deriva de las capas de datos de referencia: <i>Plowprint Report</i> (WWF), Olimb y Robinson (2019) y Rangeland Informatics de la plataforma RAP (Universidad de	Los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras y los relativos a invasiones se elaboran a partir de imágenes obtenidas por satélite. Los primeros tienen puntos de clasificación y de evaluación de la precisión; el número y la ubicación son variables en toda la ecorregión.	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Datos derivados de las capas de datos base de <i>Plowprint Report</i> (WWF), Olimb y Robinson (2019) y Rangeland Informatics de la RAP. <i>Acceso público:</i> Datos brutos disponibles previa solicitud (no se encuentran en Internet).	Iniciativa Hoja de Ruta de las Praderas Centrales (<i>Central Grasslands Roadmap Initiative</i>) [Central Grasslands Roadmap, 2022]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
						Nebraska en Lincoln, UNL).			
América del Norte	Informe <i>Plowprint Report</i> [Huella del arado]	Canadá, Estados Unidos y México	Analiza los índices de arado de pastizales en las grandes planicies utilizando la Capa de Datos de Tierras de Cultivo (<i>Cropland Data Layer</i> , CDL) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (<i>United States Department of Agriculture</i> , USDA), el Inventario Anual de Cultivos (<i>Annual Crop Inventory</i> , ACI) del ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (<i>Agriculture and Agri-Food Canada</i> , AAFC) y los datos del satélite Sentinel-2 para México, correspondientes a los dos años anteriores a la fecha de publicación.	Áreas no urbanizadas ni convertidas como resultado de la agricultura de cultivo en hileras o la invasión de especies leñosas. Categorizadas como “zonas núcleo, amenazadas e invadidas”.	Vigente; actualizado en 2023	Los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras se basan en la capa de datos de tierras de cultivo, con una precisión anual de entre 85 y 95 por ciento.	Los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras y los relativos a invasiones se elaboran a partir de imágenes obtenidas por satélite. Los primeros tienen puntos de clasificación y de evaluación de la precisión; el número y la ubicación son variables en toda la ecorregión.	<i>Visualización:</i> enlace al informe (y al mapa) . <i>Fuente:</i> El análisis se basa en datos de la CDL del USDA y el ACI del AAFC, que tiene en cuenta la conversión a labranza de los pastizales ocurrida dos años antes de la fecha de publicación. <i>Acceso público:</i> Datos brutos disponibles previa solicitud (no se encuentran en Internet).	Fondo Mundial para la Naturaleza (<i>World Wildlife Fund</i>) [WWF, 2023]
América del Norte	Evaluación de los pastizales de las Grandes Llanuras de América del Norte (<i>Grassland Assessment of North American Great Plains</i>)	Canadá, Estados Unidos y México	Utiliza series cronológicas de datos sobre la cobertura del suelo a fin de identificar tierras potencialmente no-perturbadas, con clasificación supervisada de datos del satélite	Complejo de pastizales sin historia de cultivo o desarrollo agrícola	2019-2020	Los índices de precisión de las clases de pastos potencialmente no perturbados y pastos perturbados variaron según	No se indica explícitamente en la documentación disponible en línea. Tanto los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras como los relativos a	<i>Visualización:</i> enlace al mapa y al informe . <i>Fuente:</i> Datos RADARSAT-2 (2011-2017); los datos ópticos proceden de Landsat-5 (2011-	Migratory Bird Joint Ventures / Prairie Pothole Joint Venture [PPJV, 2019]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			Sentinel-2 para refinar la composición de la vegetación en la capa de estas tierras que no han sido perturbadas.			las regiones contempladas por la alianza para la conservación de las aves migratorias <i>Migratory Bird Joint Ventures</i> , oscilando entre 54 y 77 por ciento.	invasiones se basan en imágenes obtenidas por satélite.	2012), Landsat-8 (2013-2017), Sentinel-2 (2016-2017) y Gaofen-1 (2016-2017). Acceso público: Datos brutos disponibles previa solicitud (no se encuentran en internet).	
América del Norte	Conservación Estratégica del Hábitat de Pastizal (<i>Grassland Strategic Habitat Conservation</i>)	Canadá, Estados Unidos y México	Programa web interactivo que destaca las zonas de pastizal prioritarias para la Conservación Estratégica del Hábitat (vinculado a la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales).	Áreas no urbanizadas ni convertidas como resultado de la agricultura de cultivo en hileras o la invasión de especies leñosas.	2021-a la fecha; actualizado en 2023	No se indica de manera explícita.	No se indica explícitamente en la documentación disponible en línea. Tanto los datos sobre conversión a tierras de cultivo en hileras como los relativos a invasiones se basan en imágenes obtenidas por satélite.	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Basado en datos de Rangeland Informatics de la plataforma RAP (Universidad de Nebraska en Lincoln, UNL). Acceso público: Datos brutos disponibles previa solicitud (no se encuentran en internet).	Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (<i>US Fish and Wildlife Service</i>) [FWS, 2024]
América del Norte	Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés)	Canadá, Estados Unidos y México	Elabora mapas que representan la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente para 2005, 2010, 2015 y 2020, utilizando imágenes satelitales de tipo MODIS, Landsat 7-8 y RapidEye. Incluye 19 clases de cobertura del suelo basadas en la	Tres categorías de pastizales basadas en el LCCS de la FAO: subtropical (dominado por vegetación graminoide o herbácea que suele representar más de 80% de la cubierta vegetal total), templado (dominado por vegetación graminoide o herbácea	2005-a la fecha; actualizado en 2023	No se realiza una evaluación de la precisión para América del Norte, puesto que el objetivo del NALCMS no consiste en rehacer la clasificación, sino en	Realizado a escala nacional: Canadá , Estados Unidos y México .	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Mapas de cobertura del suelo, con una resolución espacial de 250 m, basados en imágenes del espectrorradiómetro de imágenes de resolución espacial moderada (MODIS),	Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (<i>Natural Resources Canada</i> , NRCAN) Conafor Conabio USGS

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			norma del Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra (<i>Land Cover Classification System</i> , LCCS), establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).	que por lo general representa más de 80% de la cubierta vegetal total) y subpolar (pastizales con líquenes y musgos cuya proporción suele ser de al menos 20% de la cubierta vegetal total).		armonizar los datos cuando hay discrepancias entre fronteras. Con base en el archivo de metadatos de la cobertura del suelo de América del Norte en 2020 (véase adjunto), se dispone de la siguiente información: Evaluaciones de precisión: Canadá (86.9%), Estados Unidos (77.5%) y México (no se ha realizado ninguna evaluación de precisión).		y con una resolución espacial de 30 metros, basados en imágenes tipo Landsat-7 para Canadá y Estados Unidos, e imágenes tipo RapidEye para México. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Inegi [CCA, 2024]
América del Norte	Uso y cobertura del suelo en el ecosistema de las montañas Rocallosas denominado “Crown of Continent” [corona del continente] (Land Use & Land Cover in the Crown of	Canadá y Estados Unidos	Representa la cobertura y el uso del suelo en el ecosistema de las montañas Rocallosas denominado “Crown of Continent” [corona del continente]. Incluye las siguientes clases de cobertura del suelo: agua, suelo desnudo, hielo o nieve, superficies urbanizadas, matorral o vegetación	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	2000; 2015-a la fecha	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Datos obtenidos a partir de una recopilación de múltiples fuentes: Consorcio para la Caracterización del Suelo con Resolución Múltiple (<i>Multi-Resolution Land Characteristics</i>	Cooperativa de Conservación del Paisaje del Gran Norte (<i>Great Northern Landscape Conservation Cooperative</i>) Ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (AAFC) Servicio Forestal Canadiense

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
	Continent Ecosystem c2000)		arbustiva, humedal, pastizal, agricultura, bosque de coníferas, bosque caducifolio y bosque mixto.					Consortium, MRLC), AAFC y Servicio Forestal Canadiense (CFS) Acceso público: Metadatos disponibles aquí .	Centro Canadiense de Teledetección (Canada Centre for Remote Sensing, CCRS) Servicio Geológico de Estados Unidos [GNLCC, 2016]
Canadá	Inventario Nacional de Pastizales (National Grassland Inventory, NGI)	Nacional	Tiene por objeto identificar y armonizar los inventarios de pastizales existentes en todo Canadá con el fin de crear un inventario nacional de pastizales cohesionado, actualizar políticas y mecanismos de evaluación de riesgos, mejorar las evaluaciones relativas al almacenamiento de carbono en los suelos de los pastizales y predecir la pérdida real o prevista de pastizales a lo largo del tiempo.	Nativo: al menos 75% de cobertura de especies nativas. Intervenido: al menos 75% de cobertura de especies cultivadas. Alterado o degradado: menos de 75% de cobertura de especies cultivadas y menos de 75% de cobertura de especies nativas.	2022-2024	Manitoba, Saskatchewan y Alberta (rango de 74 a 77 por ciento) La evaluación global de la precisión para las tres provincias asciende a 75 por ciento.	Inspecciones en carretera con el programa Survey123 del Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (Environmental Systems Research Institute, ESRI)	Visualización: No se dispone actualmente de un enlace público al mapa. Fuente: Datos de Sentinel 1 y Sentinel 2; datos de la Misión Topográfica Radar Shuttle para modelos digitales de elevación, remuestreados a fin de añadir la topografía. Acceso público: No se dispone actualmente de ningún enlace público al conjunto de datos.	Asociación Canadiense para Pasturajes y Pastizales (Canadian Forage and Grassland Association) Conservación del Hábitat de Manitoba (Manitoba Habitat Conservancy) Conservación de la Naturaleza Canadá (Nature Conservancy Canada, NCC) Ministerio de Agricultura de Manitoba Departamento de Defensa Nacional (Department of National Defense) (Base Shilo de las Fuerzas Armadas Canadienses) [CFG, 2024]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
Canadá	Cobertura Terrestre de Canadá (<i>Land Cover of Canada</i>)	Nacional	Muestra la distribución de los tipos de cobertura del suelo en todo Canadá de 1965 a 2006, empleando datos de AVHRR [radiómetro avanzado de muy alta resolución], con 31 clases de cobertura del suelo que incluyen bosques, matorrales, suelo desnudo, pastizales, superficies urbanizadas y tipos de cobertura no vegetal.	Zonas dominadas por vegetación graminoide o herbácea, que generalmente representan más de 80 por ciento de la cubierta vegetal total.	1965-a la fecha; actualizado en 2020	La evaluación de la precisión realizada sobre la base de 832 muestras distribuidas de forma aleatoria indica que los datos sobre la ocupación del suelo producidos con este nuevo enfoque han alcanzado una precisión de 86.9% sin disparidades espaciales importantes.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Datos del sensor Landsat Operational Land Imager (OLI), con base en el componente canadiense de 30 metros de resolución del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés). <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Ministerio de Recursos Naturales de Canadá [Government of Canada, 2020]
Canadá	Inventario de Tierras de Canadá (<i>Canada Land Inventory, CLI</i>)	Nacional	Inventario exhaustivo de tierras que abarca más de 2.5 millones de kilómetros cuadrados de las zonas rurales de Canadá y que cartografía la capacidad de las tierras para la agricultura, silvicultura, vida silvestre y recreación.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	1963-1995	Objetivo de precisión de al menos 85 por ciento con una resolución espacial final de 30 metros.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> enlace a los mapas . <i>Fuente:</i> Integrado a partir de observaciones del sensor Landsat Operational Land Imager. La edición más reciente utiliza imágenes Landsat-8. <i>Acceso público:</i> No se dispone de enlace público a los metadatos.	Ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá [Government of Canada, 1995]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
Canadá	Inventario Anual de Cultivos (<i>Annual Crop Inventory, ACI</i>)	Nacional	Proporciona datos interactivos para el Inventario anual de cultivos del ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá desde 2009 hasta la actualidad, lo que permite a personas y entidades propietarias de tierras, a responsables de la toma de decisiones y al público en general examinar el inventario de cultivos en todo Canadá, incluidas las categorías de pastizales.	Predominan pastos nativos y otra vegetación herbácea, puede incluir alguna cobertura de matorral.	2009-a la fecha	Precisión ~70%, si bien difiere de un año a otro; sólo se registran datos por provincia, y no se registran datos por clases individuales de cobertura del suelo. Proporciona sistemáticamente un inventario de cultivos que cumple el objetivo general de precisión de al menos 85% con una resolución espacial final de 30 metros (56 m en 2009 y 2010).	La información de realidad del terreno procede de compañías provinciales de seguros para cosechas, observaciones puntuales y recopilación de datos con el apoyo de las oficinas regionales del AAFC.	<i>Visualización:</i> enlace al mapa . <i>Fuente:</i> Se aplicó la metodología “árbol de decisiones” a partir de imágenes satelitales ópticas (Landsat-5) y de radar (Radarsat-2). <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá [AAFC, 2023]
Canadá	Tendencias de los humedales y uso de las tierras altas (<i>Wetland Trends and Upland Land Use</i>)	Provincias de las praderas (Alberta, Saskatchewan Manitoba)	Representa el inventario biofísico, antropogénico y de uso del suelo de la “zona blanca” (parte poblada) de Alberta, iniciado en 2006 y que utiliza fotografía estereoscópica digital infrarroja en color, actualizada a partir del Inventario de Vegetación de las Praderas Nativas (<i>Native Prairie Vegetation</i>)	Pasturajes intervenidos, cultivos forrajeros y de heno: pastos mejorados entre los que se incluyen pastos cultivados, pastura de especies cultivadas, cubierta herbácea cultivada en cunetas, cubierta de zonas perturbadas, céspedes, cubierta herbácea en donde se realizan labores de granja y cubierta	2001-2011	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> enlace al informe y al mapa . <i>Fuente:</i> Combinación de conjuntos de datos detallados basados en muestreos, inventarios de tierras agrícolas y productos del censo agrícola (Programa de Monitoreo del Hábitat de Pradera [<i>Prairie Habitat</i>])	Alianza para la conservación del hábitat de pradera (<i>Prairie Habitat Joint Venture</i>) [PHJV, 2017]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			<i>Inventory</i> , NPVI), elaborado hacia 1993.	herbácea con indicios de siembra o arado recientes (menos de 5 años). Pastizales naturales. Pastizales predominantemente naturales, cubierta herbácea remanente, márgenes de humedales, plantas perennes no cultivadas, complejos de arbustos, hierbas y pastos de baja densidad. Los pastizales naturales no muestran indicios de cultivo (en los últimos 5 años), siembra o arado. Incluye pastos sembrados y plantaciones forrajeras con una antigüedad estimada de más de 5 años.				<i>Monitoring Program</i>] del Servicio Canadiense de Vida Silvestre; Censo Agrícola de la Dirección General de Estadística de Canadá [<i>Statistics Canada</i>], e Inventario Anual de Cultivos del AAFC). <i>Acceso público:</i> Se proporcionan enlaces a múltiples conjuntos de datos; sin embargo, el conjunto de datos completo no se encuentra disponible en línea.	
Canadá	Inventario de Vegetación de los Pastizales (<i>Grassland Vegetation Inventory</i> , GVI)	Alberta (Región natural de los pastizales, sin incluir parques)	Se ocupa de la conservación de los hábitats de los humedales y las tierras altas en la región de humedales denominada Prairie Pothole, en el marco del Plan de Manejo de Aves Acuáticas de América del Norte (<i>North American Waterfowl Management Plan</i> , NAWMP), así como del monitoreo de las	Zonas de pastizal no perturbadas por actividades industriales.	2006-2018	Evaluación de la precisión de los tipos de vegetación estimada en >90% (Smith, 2018).	Control de calidad mediante verificación en campo consistente en inspecciones en carretera a cargo de contratistas.	<i>Visualización:</i> enlace al informe y al mapa . <i>Fuente:</i> Fotografía aérea / Fotogrametría Softcopy; imágenes aéreas digitales infrarrojas en color de 0.4 metros basadas en polígonos.	Gobierno de Alberta <i>Ministerio de Desarrollo Sustentable de los Recursos</i> (Ministry of Sustainable Resource Development) <i>Foro para la conservación de las praderas de Alberta</i> (Alberta Prairie

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			tendencias y del estado que guardan los hábitats de humedal y de pastizal.					<i>Acceso público:</i> Conjunto de datos disponible aquí .	Conservation Forum) [Government of Alberta, 2019]
Canadá	Inventario Primario de Tierras y Vegetación (<i>Primary Land and Vegetation Inventory</i> , PLVI)	Alberta (excluida la zona sur cubierta por el Inventario de Vegetación de Pastizales, pero incluidos los parques y zonas boscosas)	Inventario digital basado en fotografías que identifica tipos, extensión y condiciones de la vegetación en zonas boscosas y parques de Alberta, incluidas las fases ecológicas del lugar para su clasificación.	Zonas de pastizales no perturbadas por actividades industriales	2020-a la fecha	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	Inspección sobre el terreno realizada a fin de garantizar evaluaciones correctas.	<i>Visualización:</i> actualmente no hay ningún mapa disponible en línea. <i>Fuente:</i> Inventario digital fotográfico (LiDAR) desarrollado para identificar el tipo, extensión y condiciones de la vegetación en las zonas boscosas y de parques de la provincia de Alberta. <i>Acceso público:</i> El conjunto de datos puede solicitarse aquí .	Gobierno de Alberta Ministerio de Medio Ambiente y Parques (<i>Ministry of Environment and Parks</i>) [Government of Alberta, 2020]
Canadá	Clasificación de la vegetación de los pastizales mediante datos de TimeScan (<i>Grassland Vegetation Classification Using TimeScan Data</i>)	Alberta (zona sur)	Traza mapas de los pastizales nativos del sur de Alberta durante periodos de tres años, de 1984 a 2016, utilizando datos de TimeScan.	Zonas de pastizales no perturbadas por actividades industriales	1984-2016	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Datos LandSat. <i>Acceso público:</i> Datos disponibles aquí (previa solicitud).	Gobierno de Alberta Ministerio de Agricultura y Silvicultura (<i>Agriculture and Forestry</i>) Open Data Areas Alberta Hyperspectral Intelligence Maapera Inc.
Canadá	Inventario de Vegetación de las Praderas Nativas	Alberta (zona sur)	Inventario de vegetación (basado en cuartos de secciones:	Área de pastizal no-intervenido o de parque natural,	1991-1993	Aprox. 80%	No se ha utilizado ningún método formal sobre el terreno, pero	<i>Visualización:</i> No se dispone de mapa formal, pero aquí se	Gobierno de Alberta

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
	(Native Prairie Vegetation Inventory, NPVI)		160 acres = ± 0.65 km ²) que abarca el sur de Alberta, incluidas las áreas de pastizales no-intervenidos o de parques naturales y las áreas de pastizal recuperado, que han revertido a la vegetación original. Incluye datos de regiones adyacentes y de múltiples subregiones naturales.	dominada por especies no-introducidas, y área de pastizal recuperado: previamente intervenido, pero que ha revertido a vegetación nativa (30 a 60 años).	No se actualizó ni se le dio continuidad, lo que dio lugar a la creación del Inventario de Vegetación de los Pastizales (Grassland Vegetation Inventory, GVI).	Resolución a escala de ¼ de sección (160 acres = ± 0.65 km ²).	el equipo de investigación ha realizado una cantidad limitada de comprobaciones <i>in situ</i> del inventario final.	ofrece una aproximación. <i>Fuente:</i> Fotografía aérea en blanco y negro, a escala 1:30.000. Estereoscopios. <i>Acceso público:</i> Conjunto de datos disponible aquí .	Foro para la conservación de las praderas de Alberta [Government of Alberta, 2012; PCF, 2010]
Canadá	Cubierta terrestre digital de Saskatchewan (Saskatchewan Digital Landcover) [conjunto de datos digitales de la cubierta terrestre de la zona sur]	Saskatchewan	Proporciona una cobertura completa de la provincia de Saskatchewan, al combinar el conjunto de datos digitales correspondiente a la porción norte de la cubierta terrestre de Saskatchewan con el conjunto de datos de la porción sur, ambos desarrollados por el Consejo de Investigación de Saskatchewan.	Praderas nativas dominantes que pueden contener pastos y hierbas cultivados. Praderas sembradas dominadas por pastos cultivados de diversas especies.	1994-a la fecha	Correspondía al Consejo de Investigación de Saskatchewan demostrar que la precisión de esta clasificación era correcta al menos en 90 por ciento.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Conjunto de datos sobre la cubierta del suelo creado para la porción norte de Saskatchewan a partir de una combinación de datos Landsat-5 Thematic Mapper (TM) y Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper (ETM+) que representan las condiciones de alrededor del año 2000. <i>Acceso público:</i> Conjunto de datos disponible aquí .	Consejo de Investigación de Saskatchewan (Saskatchewan Research Council) Universidad de Regina Gobierno de Saskatchewan [Government of Saskatchewan, 2023]
Canadá	Inventario del Paisaje de Pradera	Provincial (Saskatchewan)	Imágenes de la cubierta terrestre de la ecorregión de pastizales	Pastizal nativo: compuesto por al menos 75% de especies	2019-Pastizal mixto	Precisión global de 90.2% (pastizales)	Inspecciones en carretera con el programa Survey123	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí .	Gobierno de Saskatchewan

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
	(<i>Prairie Landscape Inventory</i> , PLI)	<i>Zona de transición entre las praderas y la región boreal</i>	mixtos de Saskatchewan con una resolución de 10 metros, en las que se clasifican los pastizales nativos y cultivados utilizando imágenes Sentinel-1 y Sentinel-2, con el objetivo de establecer una distinción entre ambos.	nativas de pastos y malezas; no se considera nativo el pastizal no-intervenido, pero invadido por especies como el pasto azul de Kentucky, el pasto de trigo crestado o el bromo liso a tal grado que menos de 75% de su cobertura corresponde a especies originarias del ecosistema. Pastizal cultivado: compuesto por al menos 75% de especies sembradas o plantadas con especies de pastos y maleza introducidas. Pastizal mixto: pastizal heterogéneo con una mezcla de menos de 75% de especies de pastos nativos o menos de 75% de especies cultivadas.	2022-Pastizal mixto húmedo 2023-región de Aspen Parkland (proyecto) 2024-zona de transición entre la región boreal y la de Cypress Upland (modelos en curso)	mixtos) y de 70.3% (pastizales mixtos húmedos).	del Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales.	<i>Fuente:</i> Datos cartográficos con resolución de 10 m y sujetos a análisis por aprendizaje automático, y datos de teledetección obtenidos de imágenes Sentinel-1 y Sentinel-2. <i>Acceso público:</i> Conjunto de datos disponible aquí .	Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (<i>Environment and Climate Change Canada</i>) Ministerio de Medio Ambiente de Saskatchewan (<i>Saskatchewan Ministry of Environment</i>)
Canadá	Proyecto de Inventario de Praderas de Pastizales Mixtos (<i>Mixed Grassland Prairie Inventory Project</i>)	Manitoba	Identifica y clasifica las praderas de pastizales mixtos aún presentes en Manitoba entre 1989 y 2016; evalúa la calidad y amenazas como el cultivo, la invasión de plantas leñosas y de especies exóticas, y el manejo inadecuado del pastoreo.	Los pastizales se califican con una escala de “A” a “D”. Una calificación de “C” o superior indica una comunidad de buena calidad con potencial para mejorar con el tiempo. Una calificación de “D” indica lugares de baja calidad que requieren un	1989-2016	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea. <i>Acceso público:</i> Actualmente no está disponible en línea.	Gobierno de Manitoba Programa sobre Hábitats Críticos para la Vida Silvestre (<i>Critical Wildlife Habitat Program</i>) ECCC [Badreldin, Prieto, y Fisher, 2021]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
				tratamiento extensivo para mejorar.					
Canadá	Inventario de pastizales de Manitoba (Manitoba Grassland Inventory, MGI) 2.0	Manitoba	Imágenes de la cubierta terrestre de la ecorregión de pastizales mixtos de Manitoba con una resolución de 10 metros, que permite clasificar los pastizales nativos y cultivados mediante imágenes tipo Sentinel-1 y Sentinel-2, y distinguir los pastizales nativos de los cultivados.	Nativo: al menos 75% de cobertura de especies nativas. Cultivado: al menos 75% de cobertura de especies sembradas o plantadas. Alterado/degradado: menos de 75% de cobertura de especies cultivadas y menos de 75% de cobertura de especies nativas.	2019 y 2020	87% de precisión	Inspecciones en carretera con el programa Survey123 del Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Datos Sentinel 1 y Sentinel 2; datos de la Misión Topográfica Radar Shuttle para modelos digitales de elevación, remuestreados a fin de añadir la topografía. <i>Acceso público:</i> Conjunto de datos disponible previa solicitud a la persona coordinadora (ráster, informe y diferentes materiales disponibles).	Universidad de Manitoba [Government of Manitoba, 2021]
Estados Unidos	Capa de datos de tierras de cultivo (Cropland Data Layer, o CDL)	Nacional	Permite el análisis estadístico de los productos básicos que se plantan en Estados Unidos. Conocida como CroplandCROS y en uso desde 1971, la aplicación permite a los usuarios geolocalizar granjas y cartografiar zonas de interés. Incluye una categoría correspondiente a pastizales y agostaderos.	Tierras de pastoreo (agostaderos), pastos, heno, alfalfa y otros pastizales	1971-a la fecha; actualizado en 2023	Precisión de 86.9% en el caso de pastizales (Reitsma et al. 2016). Evaluaciones de precisión publicadas desde 2008.	No se ha identificado en la documentación disponible ninguna verificación en campo dirigida por el USDA; las evaluaciones de precisión para cada cultivo a escala estatal utilizan datos de validación de realidad del terreno de otros organismos (por ejemplo, la Agencia de Servicios Agrícolas [Farm Service Agency, FSA] del USDA).	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Sensor Landsat-8 OLI/TIRS, Constelación de Monitoreo de Desastres (Disaster Monitoring Constellation, DMC) Deimos-1 y UK2, la LISS-3 del ResourceSat-2 de la Agencia India de Investigación Espacial (ISRO, por sus siglas en inglés),	Departamento de Agricultura de Estados Unidos (United States Department of Agriculture, USDA) [USDA, 2024]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
								y el Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés). <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	
Estados Unidos	Proyecto GAP/LANDFIRE sobre Ecosistemas Terrestres Nacionales	Nacional	Combina los datos de la cubierta terrestre generados por el programa de análisis de lagunas GAP con datos del programa LANDFIRE relativos a vegetación, combustible forestal y regímenes de incendios en todo Estados Unidos, incluidos Alaska, Hawái y Puerto Rico.	Tierras de pastoreo (agostaderos), pastos, heno, alfalfa y otros pastizales	2001-a la fecha; actualizado en 2020	Objetivo global de precisión de al menos 85% con una resolución espacial final de 30 metros (56 m en 2009 y 2010)	No se ha identificado ninguna verificación en el terreno; depende de evaluaciones por teledetección.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Capa espacial de imágenes satelitales; productos Landsat desde su creación. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS) [USGS, 2019]
Estados Unidos	Base de Datos Nacional de Cobertura Terrestre (<i>National Land Cover Database, NLCD</i>)	Nacional	La iteración de 2019 incluye 28 productos que clasifican la cubierta terrestre, la impermeabilidad urbana, datos del dosel arbóreo, y áreas de arbustos y pastizales, con cobertura de 2001 a 2019.	<i>Pastizales nativos:</i> áreas dominadas por vegetación graminoide o herbácea, por lo general superior a 80% de la vegetación total. Estas zonas no están sujetas a un manejo intensivo, como la labranza, pero sí pueden utilizarse para fines de pastoreo (es decir, como agostaderos). <i>Pastizales cultivados:</i> zonas de pastos, leguminosas o mezclas de pastos y leguminosas plantadas para el pastoreo de ganado o la	2001-a la fecha; actualizado en 2021	>70% respecto de la pérdida de pastizales en 2011-2016 y su recuperación (Wickham <i>et al.</i> , 2021)	No se ha identificado ninguna verificación en el terreno; depende de evaluaciones por teledetección.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Programa de Satélites Meteorológicos para la Defensa (<i>Defense Meteorological Satellite Program, DMSP</i>) / LANDSAT . <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Servicio Geológico de Estados Unidos Consortio para la Caracterización del Suelo con Resolución Múltiple (<i>Multi-Resolution Land Characteristics Consortium</i>) [USGS, 2024]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
				producción de semillas o cultivos de heno, normalmente de ciclo perenne. La vegetación de pastos o heno representa más de 20% de la vegetación total.					
Estados Unidos	Inventario de Recursos Naturales (<i>Natural Resources Inventory, NRI</i>)	Nacional	Proporciona datos acerca de la tierra, el suelo, el agua y otros recursos relacionados en tierras no federales de Estados Unidos, sirviéndose de un conjunto de datos longitudinales con muestreos desde 1982 hasta 2017.	Área que se compone principalmente de pastos nativos, plantas herbáceas similares al pasto, hierbas o arbustos adecuados para el pastoreo y el ramoneo, y especies forrajeras introducidas que se gestionan como agostaderos.	1982-a la fecha	No se indica de forma explícita en la documentación y referencias disponibles en línea.	No se ha identificado ninguna verificación en el terreno; depende de evaluaciones por teledetección.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Imágenes Landsat. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) Servicio para la Conservación de los Recursos Naturales (<i>Natural Resources Conservation Service</i>) [USDA, 2023]
Estados Unidos	Proyecto de Evaluación de Hábitats de Pastura (<i>Rangeland Assessment Project, RAP</i>)	Nacional	Combina imágenes satelitales de la cobertura vegetal con mediciones <i>in situ</i> para el monitoreo hábitats de pastura (tierras de pastoreo o agostaderos), recopiladas por la Oficina de Administración de Tierras (BLM, por sus siglas en inglés), el Servicio Nacional de Parques (NPS, por sus siglas en inglés) y Servicio para la Conservación de los Recursos Naturales (<i>Natural Resources Conservation Service</i> ,	Los componentes cartografiados incluyen herbáceas anuales, herbáceas perennes, herbáceas totales, arbustos de artemisa, arbustos distintos a la artemisa, arbustos totales, hojarasca y otros residuos vegetales, terrenos desprovistos de vegetación y dosel arbóreo. Los pastizales son áreas no urbanizadas ni convertidas como resultado de la agricultura de cultivo en hileras o la invasión de especies leñosas.	1985-2021; actualización anual	Los mapas se validan con rigor utilizando datos recopilados <i>in situ</i> no incluidos como entrenamiento (es decir, validación independiente) y evaluando el ajuste del modelo a los datos de entrenamiento. Las evaluaciones de precisión varían según la cubierta del suelo.	Los datos de campo independientes consisten en 1,880 puntos, cada uno diseñado específicamente para representar un único pixel Landsat.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Datos derivados de imágenes Landsat e imágenes sintéticas de Detección y Clasificación Continua de Cambios (CCDC, por sus siglas en inglés). <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS) [USGS, 2023]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			NRCS), y utiliza la computación en la nube y el aprendizaje automático para trazar mapas de vegetación en todo Estados Unidos.	Categorizadas como “zonas núcleo, amenazadas e invadidas”.					
Estados Unidos	Proyección y Evaluación del Monitoreo de la Condición de Hábitats de Pastura (<i>Rangeland Condition Monitoring Assessment and Projection</i> , RCMAP)	Nacional (oeste de Estados Unidos)	Cuantifica el porcentaje de cobertura de los componentes de los hábitats de pastura del oeste de Estados Unidos utilizando imágenes Landsat de 1985-2021, con nueve componentes fraccionados (herbáceo anual, terrenos desprovistos de vegetación, herbáceo, hojarasca y otros residuos vegetales, arbustos distintos a la artemisa, herbáceo perenne, artemisa, arbustos y árboles) y tendencias temporales asociadas.	Área que presenta al menos 50% de cobertura aérea de pastos, plantas similares a los pastos o malezas. La cobertura total de arbustos y árboles debe ser inferior a 50%. La superficie mínima para la clasificación de pastizal es de 1 acre [aprox. 4,047 metros cuadrados], y la superficie debe tener al menos 100 pies [30.48 metros] de ancho.	1985-2021; periodicidad: quinquenal; actualizado en 2021	Porcentaje de pastizales no proporcionado; precisión del uso del suelo descrita en (Shi <i>et al.</i> 2022).	No se ha identificado ninguna verificación en el terreno; depende de evaluaciones por teledetección. Se espera que los datos de Landsat 9 mejoren la frecuencia de observación y reduzcan los sesgos de las entradas del modelo.	<i>Visualización:</i> mapa disponible aquí . <i>Fuente:</i> Series temporales de imágenes Landsat para componentes fraccionarios de hábitats de pastura en todo el oeste de Estados Unidos desde 1985 hasta el año de publicación. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS) [MRCL, 2024]
Estados Unidos	Material parental, relieve y mapas de suelos de la cuenca Jornada	Cuenca Jornada (<i>Jornada Basin</i>), Estados Unidos y México	La investigación se centra en el cambio de la vegetación, los impactos del cambio climático y del uso del suelo en la función de los ecosistemas, y el papel de los procesos de las tierras áridas en la estructuración de las comunidades y los paisajes en las porciones de la cuenca Jornada	Especies de pastos del desierto.	1982-a la fecha; actualizado en 2024	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	Dado que no se trata de un inventario específico de pastizales, varía en función del proyecto.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí . <i>Fuente:</i> Imágenes de satélite. <i>Acceso público:</i> Metadatos en desarrollo.	Investigación Ecológica a Largo Plazo de la Cuenca Jornada (<i>Jornada Basin Long Term Ecological Research</i>) [Jornada Basin LTER, 2024]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
			correspondientes a Estados Unidos y México.						
México	Inventario del Uso de Suelo y la Vegetación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Inegi)	Nacional	Proporciona datos exhaustivos sobre el suelo y la vegetación en todo México, lo que incluye zonas de pastizal. Este inventario ofrece mapas detallados y conjuntos de datos que contribuyen al manejo de la tierra y a la planeación de la conservación.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	1983-a la fecha	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí . <i>Fuente:</i> Datos derivados de imágenes RapidEye 2012 y Landsat. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi)
México	Portal de Geoinformación (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Conabio)	Nacional	Ofrece cartografía temática de diferentes escalas e inventarios de pastizales de todo México a través de un portal de información geográfica.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	1992; 2015-a la fecha	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí . <i>Fuente:</i> Imágenes del radiómetro avanzado de muy alta resolución de los satélites de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> , NOAA) y del sensor MODIS del satélite TERRA-1. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí (previa solicitud).	Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB) Gobierno de México [Conabio, 2024]
México	Sistema Nacional de Monitoreo Forestal	Nacional	Proporciona información integral y actualizada de los	No se indica de forma explícita en	2004-a la fecha; actualizado en 2022	La precisión se determina únicamente	El INFyS utiliza un diseño de muestreo sistemático-	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí .	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi)

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
	(Inventario Nacional Forestal y de Suelos, INFyS)		recursos forestales y datos asociados en México, con datos recolectados <i>in situ</i> en ciclos de cinco años, para lo cual se distribuye de manera sistemática 20% de la muestra anual, de tal manera que se cuente con información representativa para todos los ecosistemas.	la documentación disponible en línea.		para indicadores forestales como volumen, biomasa y área basal para las principales formaciones forestales y tipos de vegetación. No se tiene en cuenta la evaluación de la precisión de la superficie o extensión de dichas formaciones forestales o tipos de vegetación.	estratificado en el que 26,220 parcelas de muestreo o Unidades Primarias de Muestreo (UPM) se encuentran en tres estratos de muestreo e intensidades como sigue: 5 x 5 km para bosques templados, subhúmedos y húmedos; 10 x 10 km para tipos de bosque-vegetación semiáridos, y 20 x 20 km para tipos de bosque-vegetación áridos.	<i>Fuente:</i> Imágenes Landsat. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí (previa solicitud).	
México	Reserva de la Biósfera de Janos Área Prioritaria de Conservación de Pastizales de la región de Janos	Chihuahua	Utiliza la teledetección para clasificar los componentes de pastizales y matorrales en el Área Prioritaria de Conservación “Pastizales de Janos”, identificando las mejores técnicas para la aplicación a gran escala de la teledetección en los pastizales y matorrales del desierto.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	2013-2017; actualizado en 2017	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí . <i>Fuente:</i> Imágenes del satélite Landsat 8. <i>Acceso público:</i> Metadatos disponibles aquí .	Bird Conservancy of the Rockies [Bird Conservancy of the Rockies, 2017]
México	Google Earth Engine: Áreas Prioritarias de Conservación de	Doce áreas prioritarias de conservación de pastizales en México	Proporciona estimaciones anuales desde 1990 del cambio en tierras de cultivo de regadío y secano y	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea; sin embargo, se ciñe a	Vigente; actualizado en 2020	Por lo general, 70-90% de precisión en la clasificación de la cobertura de	Se elaboró un programa de clasificación supervisada para recopilar imágenes	<i>Visualización:</i> disponible previa solicitud. <i>Fuentes:</i> Google Earth Engine,	Bird Conservancy of the Rockies

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
	Pastizales (APCP) en México		pastizales, en áreas prioritarias de conservación de pastizales (APCP) de México.	la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del Inegi (en múltiples iteraciones, Serie VI).		tierras de cultivo, dependiendo de las tierras de secano (más bajas) frente a las de regadío (más altas) y del año. Menor precisión en años anteriores en algunas APCP. Clasificación de pastizales basada en aquella del Inegi (precisión desconocida, aunque es probable que constituya la mejor clasificación de pastizales disponible para México).	y datos espaciales vectoriales, realizar la clasificación agrícola, analizar la pérdida de pastizales y ejecutar funciones de suma y salida en la plataforma Google Earth Engine (GEE). Inicialmente se recopilaron variables independientes y derivadas de imágenes Landsat, se construyó un algoritmo de clasificación y se aplicó este clasificador para generar mapas de agricultura y pastizales a través de APCP en México desde 1990 hasta la actualidad.	Landsat, NDVI, Inegi. <i>Acceso público:</i> Disponible bajo solicitud.	
México	Idoneidad del suelo para la conservación de pastizales (<i>Land Suitability for Grasslands Conservation</i> , LSGC)	Chihuahua	Define áreas para la conservación de pastizales utilizando una evaluación multicriterio con base en sistemas de información geográfica (SIG), incorporando consideraciones cualitativas en el proceso de evaluación.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	2020	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí . <i>Fuente:</i> Técnicas de evaluación multicriterio basadas en SIG con superposición ponderada. <i>Acceso público:</i> Metadatos no disponibles	Universidad Autónoma de Chihuahua <i>Soluciones basadas en la naturaleza aplicadas al manejo para la conservación</i> [Vázquez Quintero et al., 2019]

*Monitoreo del cambio en los pastizales centrales de América del Norte:
síntesis de los inventarios de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México*

Región	Inventario	Alcance geográfico	Descripción	Definición de pastizal utilizada	Periodo cubierto	Precisión registrada (%)	Métodos de campo	Visualización, fuente de datos y acceso	Organismo coordinador y colaboradores [referencia]
								públicamente en línea.	
México	Pastizales de El Tokio	El Tokio, Chihuahua	Determinar y cuantificar, mediante teledetección, la cobertura y extensión actual e histórica del área prioritaria de conservación de pastizales (APCP) "El Tokio".	Los pastizales son comunidades de pastos que se desarrollan en suelos con grandes proporciones de yeso, a menudo en el fondo de cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas. Algunas de las principales especies que lo componen son la navajita salina (<i>Bouteloua chasei</i>), el zacate de yeso (<i>Sporobolus nealleyi</i>), la liendrilla (<i>Muhlenbergia purpusii</i>), entre otras.	1986-2016	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	No se indica de forma explícita en la documentación disponible en línea.	<i>Visualización:</i> mapas disponibles aquí. <i>Fuente:</i> Seis escenas de imágenes del satélite LANDSAT 5 TM de 1986 y seis escenas de imágenes LANDSAT 8 OLI de 2016, entre los meses de agosto y noviembre de cada año. <i>Acceso público:</i> Metadatos no disponibles públicamente en línea.	Especies, Sociedad Y Habitat, A.C. (ESHAC) Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

3.3 Temas comunes surgidos

A continuación se mencionan algunos de los temas comunes que se desprenden de esta exploración, como puntos de interés que guardan relación con las distintas variables temáticas mencionadas en las secciones anteriores.

- Existen múltiples inventarios en toda América del Norte que utilizan una mezcla de técnicas cartográficas y de teledetección (basadas en satélites) para generar sus productos finales.
- La interacción (coordinación) entre las dependencias provinciales o estatales, por un lado, y federales, por el otro, suele ser mínima o al menos limitada.
- Las definiciones de *pastizal* utilizadas en los inventarios con frecuencia varían, y van desde clasificaciones binarias del hábitat (“nativo” frente a “cultivado”) hasta categorías más amplias (como “perturbado” por actividades humanas o especies invasoras), lo cual supone todo un desafío para los esfuerzos de estandarización.
- Las evaluaciones de precisión varían ampliamente entre inventarios, ya que éstos carecen de un enfoque estandarizado, además de que los índices de error no suelen estar bien definidos o difieren entre las distintas metodologías.
- Si bien algunos inventarios suelen utilizar inspecciones en carretera y otras comprobaciones físicas, en general los métodos de verificación en campo no están estandarizados y a menudo se realizan únicamente en función de las oportunidades.
- El acceso a los satélites y los avances sustanciales en su tecnología han permitido un desarrollo más rápido de los inventarios y la aparición de nuevas técnicas para agilizar su elaboración.
- Si bien es habitual encontrar mapas de visualización en línea, el acceso a los datos brutos puede resultar complicado.
- Numerosos inventarios implican asociaciones de colaboración entre diversos organismos; sin embargo, no todas las colaboraciones se documentan cabalmente.

4. Fortalezas, limitaciones y mejores prácticas

Los numerosos y diversos inventarios de pastizales que se llevan a cabo en América del Norte ponen de manifiesto la necesidad de contar con un enfoque claro y estandarizado —reconocido y apoyado por una comunidad de práctica especializada— que permita hacer un seguimiento de los cambios que se producen en estos ecosistemas a lo largo del tiempo. Para validar datos y resultados de análisis, entidades y profesionales dedicadas al monitoreo con técnicas de teledetección y modelización se apoyan en procesos de verificación en el terreno a cargo de protagonistas locales, en el marco de actividades de ciencia ciudadana, o con su participación. El financiamiento y los recursos invertidos

en tales iniciativas corrobora que la pérdida de pastizales es un problema reconocido en todo el subcontinente, y que estos esfuerzos deben apoyarse y celebrarse en virtud de sus resultados.

La aplicación de diversos enfoques al monitoreo de pastizales ofrece numerosas ventajas, pero también presenta limitaciones. Las variaciones en definiciones, metodologías y objetivos surgen en la medida en que los distintos inventarios responden a prioridades determinadas por el financiamiento; a los intereses de los grupos de interés locales, e incluso a las realidades políticas y económicas específicas de cada contexto. Por ejemplo, los estados o provincias pueden tener diferentes niveles de jurisdicción legal respecto a sus pastizales; los intereses ganaderos pueden entrar en conflicto con las comunidades agrícolas dedicadas al cultivo en hileras, y los factores de conversión de pastizales pueden variar desde la invasión de especies leñosas hasta la expansión urbana. Por lo tanto, las labores de inventariado a menudo se adaptan con miras a responder a las necesidades locales, en tanto que las iniciativas a escala nacional suelen centrarse en las prioridades nacionales y los inventarios internacionales abordan elementos globales con una visión más amplia. Un posible resultado de todo ello sería que diversas partes interesadas consideraran que el propósito de lograr un enfoque coherente, internacional y estandarizado de la teledetección de pastizales resulta inasequible o incluso potencialmente contraproducente.

No obstante, la ausencia de enfoques comunes o de metodologías explícitas puede ser una limitación importante que genere mensajes incongruentes o desiguales en lo que respecta a la pérdida de pastizales, lo que a su vez podría provocar actitudes de apatía o desconfianza respecto de los resultados compartidos. Por ello, resulta indispensable identificar con claridad las fortalezas y las limitaciones de los distintos inventarios a fin de poner de relieve las mejores prácticas en el sector. Hacerlo podría conducir a una modelización eficaz del cambio en los pastizales, así como a una comunicación homogénea en toda la comunidad de práctica. Con base en la revisión bibliográfica realizada, en el análisis de los inventarios y en las aportaciones de quienes participaron en los talleres de la CCA, en el cuadro 4 se esbozan los desafíos a los que se enfrenta actualmente la comunidad dedicada a la teledetección de pastizales y se ofrecen recomendaciones sobre las mejores prácticas para abordar estas cuestiones, teniendo en cuenta tanto las limitaciones como las fortalezas actuales.

Este apartado ofrece una lista amplia, aunque no exhaustiva, de las mejores prácticas identificadas a partir de la revisión bibliográfica y de los conocimientos de especialistas en teledetección de pastizales de toda América del Norte recopilados en el marco de los talleres organizados por la CCA. Conviene también reconocer que las personas profesionales y colaboradoras que participan en la elaboración de inventarios de pastizales aportan experiencias y cualificaciones particulares, lo que a su vez puede influir en gran medida en la eficacia del proceso.

Cuadro 4. Revisión de desafíos y mejores prácticas en el monitoreo de pastizales

Desafíos	Mejores prácticas	Limitaciones actuales	Fortalezas actuales
Vinculación con las comunidades indígenas	Procurar la participación de las comunidades indígenas e incorporar el conocimiento ecológico tradicional (CET).	Muy pocos inventarios incorporan el CET.	La Hoja de Ruta de las Praderas Centrales y el Círculo de Parentesco Indígena (<i>Indigenous Kinship Circle</i>) participan de forma activa en la conservación de los pastizales.
Múltiples inventarios	Apoyar una comunidad de práctica.	Numerosos inventarios funcionan de forma aislada.	Se está trabajando para crear inventarios más amplios que reflejen las diferencias locales.
Nuevas tecnologías	Aprovechar la tecnología emergente, como los nuevos satélites, la computación gratuita en la nube (por ejemplo, Google Earth Engine) y los algoritmos de aprendizaje automático.	La integración de nuevas tecnologías supone un reto para los inventarios en marcha.	Existen oportunidades significativas para el aprovechamiento de las tecnologías nuevas y emergentes.
Registro tanto de la condición como de la extensión	Planificar la integración de tecnología más antigua cuando sea pertinente.	Muchos conjuntos de datos significativos quedan fuera de los inventarios (no se integran) debido a prácticas anticuadas.	El amplio historial de registros por teledetección y fotografía aérea puede complementar los nuevos enfoques satelitales.
	Impulsar y apoyar la integración de la condición y la extensión en la cartografía de pastizales.	La condición y la extensión de los pastizales suelen evaluarse por separado; a la fecha, en los procesos de monitoreo, análisis y cartografía, la extensión tiene predominancia respecto de la condición.	Aplicación rigurosa y equilibrada de ambos enfoques: condición y extensión.
Evaluación de la precisión	Elaborar un plan inicial de verificación en el terreno que conduzca a un programa de monitoreo <i>in situ</i> .	Los métodos de evaluación de la precisión de datos obtenidos por teledetección varían y pueden no ser comparables.	La mayoría de los inventarios ha identificado métodos para evaluar la precisión.
	Poner en marcha un programa de monitoreo sobre el terreno.	La implementación resulta costosa y, además de recursos, conlleva mucho tiempo.	Muchos inventarios han reconocido la necesidad de realizar un monitoreo sobre el terreno.

	Fomentar relaciones positivas con las personas y entidades propietarias de tierras a escala local.	La vinculación con protagonistas locales requiere, además de tiempo, habilidades de comunicación especializadas.	Ejemplos exitosos de vinculación podrían servir como casos prácticos.
Escala	Encontrar un equilibrio entre las iniciativas de ámbito local y aquellas a gran escala.	Las iniciativas suelen centrarse ya sea en contextos locales reducidos o bien en procesos de monitoreo y seguimiento aplicados a escala muy grande.	Existen algunas iniciativas para integrar enfoques locales y a gran escala.
Intercambio de datos	Establecer un plan para el intercambio de datos desde la fase inicial.	La garantía de un intercambio de datos equitativo puede plantear dificultades.	Se reconoce la importancia del intercambio de datos y se están realizando esfuerzos para su mejora.
	Fomentar la disposición a colaborar con otras partes.	La naturaleza competitiva de algunas instituciones y las personalidades dominantes de algunos de sus integrantes pueden dificultar la colaboración.	Proyectos como los impulsados por la CCA y la Hoja de Ruta de las Praderas Centrales proporcionan modelos a seguir o reproducir.
	Acordar definiciones comunes.	Existe una falta de definiciones comunes de pastizales y sus clases, así como de tipos de vegetación asociados.	Se están realizando esfuerzos encaminados a homologar las definiciones y facilitar su difusión mediante la participación internacional y la creación de una comunidad de práctica.
Gestión de datos	Esclarecer cuestiones relativas al almacenamiento y la propiedad de los datos.	La gestión de datos resulta costosa y requiere mantenimiento a largo plazo, consideración de derechos de propiedad (existe un estigma asociado a la titularidad de los datos) y capacidad de supercomputación.	Algunas universidades se ofrecen como centros para la gestión de datos; asimismo, existen grandes repositorios de datos disponibles previo pago.
Financiamiento	Definir con claridad las fuentes de financiamiento.	La capacidad de respuesta a elevadas necesidades de financiamiento puede suponer todo un desafío.	La conservación de los pastizales es crucial en la lucha contra el cambio climático, factor que

Personas y entidades usuarias finales	Identificar las prioridades de las personas y entidades usuarias finales y establecer líneas de acción en consonancia.	Las diversas personas y entidades usuarias finales suelen tener distintas prioridades; es necesario promocionar y presentar los inventarios de manera que hagan patente su utilidad y pertinencia.	aumenta las oportunidades de financiamiento. La conservación de los pastizales suscita el interés de muchas personas, entidades y sectores.
	Establecer asociaciones positivas.	Además de requerir tiempo, la creación de vínculos y alianzas exige encontrar puntos de conexión y adaptar los estilos de comunicación.	Existen muchos ejemplos positivos de asociaciones.
	Garantizar la facilidad de uso y la adaptabilidad.	Adaptar los inventarios a las necesidades de las diversas personas y entidades usuarias finales supone un todo desafío.	Muchas partes interesadas se muestran dispuestas a compartir recomendaciones y estrategias para facilitar el uso de inventarios.
Vinculación entre inventarios y consideraciones de política	Alinear los enfoques de los inventarios de pastizales con consideraciones de política.	En las publicaciones sobre monitoreo, teledetección y cartografía de pastizales se observa una escasa colaboración o interacción con personas y entidades responsables de la formulación de políticas.	Algunos inventarios empieza a considerar la definición de políticas como si fuese una entidad usuaria final.

5. Necesidades respecto a datos e información para un monitoreo eficaz de los pastizales

Los inventarios de pastizales de alta calidad dependen de la existencia de conjuntos de datos accesibles, sostenibles y de alta calidad: desde datos cuantitativos de teledetección por satélite hasta datos derivados de actividades de verificación en campo en las que participan personas o entidades consultoras de la localidad y protagonistas del ámbito ciudadano. Asimismo, es necesario establecer relaciones y suscribir acuerdos o contratos para la obtención de los datos, y de antemano deben haberse definido estrategias para albergarlos y mantenerlos a lo largo del tiempo. La accesibilidad de los datos en un formato que resulte útil para las personas especialistas o profesionales en teledetección de pastizales es otro elemento que puede determinar el éxito o el fracaso de un inventario.

Una clara limitación identificada en la literatura publicada en materia de teledetección de pastizales y en los talleres de la CCA se relaciona con el desafío por cuanto al intercambio e integración de conjuntos de datos, así como la necesidad de contar con protocolos estandarizados al respecto (Long *et al.*, 2019). Este aspecto se convierte en un reto muy importante a abordar, sobre todo cuando se apoya a una comunidad de práctica de especialistas en GRS en toda América del Norte, cada cual con experiencia en una iniciativa o inventario de pastizales en específico. Por ello, el proyecto de la CCA en materia de pastizales se propuso *identificar las necesidades por cuanto a datos e información para el monitoreo del cambio en los pastizales, así como las posibles fuentes de datos disponibles*. Las respuestas de quienes participaron en los talleres de la CCA se recogen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Necesidades por cuanto a datos e información identificadas durante los talleres de la CCA sobre monitoreo de pastizales

Necesidad	Descripción
<i>Disposición para intercambiar y compartir datos e información</i>	Se requiere disposición para intercambiar y compartir conjuntos de datos con personas y entidades en el ámbito de la investigación, dependencias públicas, comunidades indígenas y demás protagonistas y grupos de interés, así como establecer acuerdos para ello. Entre los temas y comentarios específicos identificados a este respecto figuran: ○ El conjunto de datos del Inventario Anual de Cultivos (<i>Annual Crop Inventory</i>, ACI) del ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (<i>Agriculture and Agri-Food Canada</i>, AAFC) usa datos de compañías de seguros, por lo que éstos no pueden compartirse de forma directa; sin embargo, sí pueden compartirse los productos derivados y los datos obtenidos sobre el terreno. El AAFC aboga por el reconocimiento del valor de los datos compartidos que redundan en beneficio mutuo. ○ En Estados Unidos, los datos correspondientes a unidades de tierras definidas como CLU (<i>common land unit</i>) para para teledetección y registro mediante sistemas de información geográfica (SIG), están restringidos a personal de dependencias federales y a instituciones académicas. ○ Los datos disponibles en México plantean dificultades de acceso similares. ○ El intercambio de datos en el ámbito académico se ve a menudo obstaculizado por cuestiones de propiedad intelectual. ○ Un directorio de entidades productoras de datos podría ser de utilidad.

<i>Capacidad para el intercambio de datos e información / Centro de datos</i>	Se requiere una plataforma accesible, segura y rentable para el intercambio de datos entre Canadá, Estados Unidos y México.
<i>Conocimiento ecológico tradicional (CET)</i>	Quienes realizan procesos de monitoreo de pastizales por teledetección utilizan sobre todo la ciencia occidental y con frecuencia pueden no estar familiarizados con el CET. Un mayor grado de integración del CET y capacitación en torno a estos saberes redundaría en la mejora de los datos.
<i>Definiciones unificadas de pastizal y sus clases o tipos (sobre todo cultivado y nativo)</i>	Se requiere una definición unificada de pastizal y sus tipos (nativo, mixto, cultivado, no-intervenido, perturbado, regenerado) sobre la base de la tecnología actual. Entre las posibles fuentes de orientación para ello se incluyen: ○ El proyecto <i>Carbon A List</i>, que trabaja en la definición de las zonas de pastizal y en el logro de consenso al respecto. ○ El Laboratorio de Tierras y Carbono (<i>Land & Carbon Lab</i>) del Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), en proceso de clasificar los pastizales de Estados Unidos utilizando datos de teledetección y procesos de verificación en el terreno.
<i>Mapas de tipos de vegetación</i>	Existe la necesidad de disponer de mapas homogéneos de los diferentes tipos de vegetación en Canadá, Estados Unidos y México. Los trabajos cartográficos actuales a menudo carecen de datos fiables y coherentes (que permitan elaborar mapas integrados, sin cortes o fisuras), así como de información sobre las especies que conforman la cobertura vegetal.
<i>Ciencia ciudadana o comunitaria</i>	La ciencia ciudadana o comunitaria desempeña un importante papel en la vinculación con protagonistas locales y partes interesadas, y contribuye a las actividades de verificación en el terreno. En México, este tipo de trabajo ha sido útil para obtener datos sobre las especies, pero su aplicación al monitoreo de los hábitats ha sido más limitada. En Canadá y Estados Unidos, la incorporación de actividades de ciencia ciudadana a la integración de inventarios ha constituido un desafío. Se precisa una estrategia que permita una colaboración eficaz con iniciativas de ciencia ciudadana o comunitaria de calidad.
<i>Datos socioeconómicos</i>	Los datos sobre dimensiones humanas (sociales, económicas, etc.) asociadas a la propiedad de la tierra y sus perspectivas son esenciales para comprender factores que amenazan a los pastizales (por ejemplo, la conversión) e identificar las necesidades en materia de hábitat para especies o corredores específicos.

Los resultados que se presentan en este apartado revelan varios desafíos en materia de datos a los que se enfrentan tanto los esfuerzos de estandarización como los propios inventarios de pastizales con base en datos de teledetección, a saber: la falta de una comunidad de práctica unificada en América del Norte; problemas técnicos relacionados con el intercambio, la seguridad y la propiedad de los datos; limitaciones de financiamiento para la recopilación y el mantenimiento de los datos, y la integración limitada de datos de diversa índole, incluidos los derivados del CET y de análisis socioeconómicos. Además, a pesar de que en algunos lugares o contextos puede resultar particularmente complicado involucrar a grupos de interés en actividades de ciencia ciudadana y verificación en campo, es posible que las experiencias positivas y conocimientos valiosos que diversas iniciativas han registrado también sirvan para orientar y mejorar las prácticas en otros casos o regiones.

6. Estandarización del monitoreo de pastizales: oportunidades y desafíos

La estandarización de inventarios diversos y múltiples constituye todo un reto, independientemente del ámbito de que se trate. Integrar múltiples iniciativas de monitoreo e inventariado a escala de bioma, a través de jurisdicciones estatales (o provinciales), nacionales e internacionales supone una tarea aún más descomunal. Por ello, para el caso específico de los pastizales de América del Norte, las ideas comunes recogidas en los talleres de la CCA fueron de gran utilidad en la identificación de los desafíos actuales y la consideración de futuras oportunidades para resolverlos. En concreto, se dedicó un espacio de debate facilitado a analizar qué características tendría (o debería tener) un marco estandarizado para lograr un monitoreo preciso, comparable y colaborativo del cambio en los pastizales de América del Norte. Se pidió a las personas participantes que reflexionaran sobre las siguientes cuestiones: i) ¿qué se necesita para lograr semejante enfoque?; ii) ¿existe alguna iniciativa específica que pueda contar con un apoyo consensuado, de todas las partes?, y iii) ¿cómo podemos impulsar la creación de una comunidad de práctica? El debate se apoyó en una amplia revisión bibliográfica que contribuyó a dar fundamento a las respuestas de quienes participaron. En el cuadro 6 se indican objetivos que conducirían al logro de dicho marco estandarizado, junto con las oportunidades y desafíos asociados.

Cuadro 6. Oportunidades y desafíos relacionados con los objetivos de estandarización para el monitoreo de pastizales, conforme a lo discutido en los talleres de la CCA y con respaldo en bibliografía disponible sobre teledetección de pastizales

Objetivo	Oportunidad	Desafío
<i>Definir un propósito.</i>	El hecho de contar con un propósito claro y objetivos específicos definidos, con los que todas las entidades socias puedan alinearse y que sirvan de guía para la estandarización, escalabilidad y colaboración entre inventarios en toda la región.	Posibles dificultades en la identificación de un propósito común, en virtud de los diferentes contextos, jurisdicciones y presiones respecto del uso de suelo.

<i>Sensibilizar sobre la importancia de estandarizar inventarios y procesos.</i>	Distinción de este esfuerzo de estandarización respecto de otros mediante la identificación de las lagunas que se colmarían y que el resto de los proyectos o procesos de estandarización no están atendiendo.	Resulta necesario garantizar que el trabajo no se duplica.
<i>Definir la escala o alcance de la estandarización.</i>	Establecimiento de la escala más adecuada para la estandarización, a fin de lograr una pertinencia trinacional que proporcione información útil sobre lo que se está haciendo en todas las escalas espaciotemporales y con qué fin.	Requiere cooperación, coordinación e investigación detallada del contexto.
<i>Establecer enfoques integradores.</i>	1) Estandarización de iniciativas en curso en cada país, de manera que se logre algo de utilidad a corto plazo, al tiempo que se potencian los programas en curso y se permite un monitoreo continuado. 2) Armonización de procesos e iniciativas que utilizan los mismos datos y métodos.	Requiere un financiamiento considerable, comunicación efectiva y una comunidad de práctica confiable a efecto de homogeneizar los esfuerzos a escalas nacional e internacional.
<i>Ampliar el alcance actual.</i>	Una ampliación del alcance de enfoques y procesos existentes de monitoreo e inventariado de pastizales (más allá de las fronteras actuales) puede resultar más sencillo (plantear menos dificultades) que la creación de otros nuevos.	Conlleva la participación de distintas partes interesadas, así como posibles barreras lingüísticas y diferencias culturales.
<i>Promover la comparabilidad</i>	Logro de métricas comparables al tiempo que se permite que las jurisdicciones realicen mediciones de acuerdo con sus propias metas de política.	Identificación de métodos y variables que garanticen la comparabilidad.
<i>Mejorar la formación</i>	Involucramiento de profesionales que pueden impartir formación relacionada con técnicas que no se suelen aplicar de manera generalizada en los tres países.	Cuestiones relativas a la realización de viajes, posibles barreras lingüísticas y la disponibilidad de personas que impartan la capacitación.
<i>Incorporar el uso de tecnología VANT</i>	El uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) constituye un recurso valioso para vincular operaciones de verificación en el terreno.	Las operaciones de verificación en campo con apoyo de VANT requieren mucho tiempo, son costosas y dependen de las condiciones meteorológicas.

Los objetivos planteados en el cuadro 6 servirían de apoyo a las iniciativas de estandarización. En un plano más técnico, existe la necesidad —según se planteó en los talleres— de revisar todos los métodos utilizados en el monitoreo de pastizales, lo que incluiría evaluar detalles técnicos, enfoques, naturaleza y parámetros de los resultados, y limitaciones de cada método. Una vez concluida esta evaluación exhaustiva,

podría realizarse un debate estratégico fundamentado en torno a la estandarización, en el que habrían de tenerse en cuenta el contexto local y los objetivos específicos de cada inventario, de manera que pueda identificarse qué inventario se adapta mejor a las preguntas y escenarios particulares.

7. Futura orientación, integración y desarrollo de capacidades

Los talleres facilitados por la CCA tenían por objeto fomentar la colaboración entre especialistas en monitoreo de pastizales de Canadá, Estados Unidos y México. Estos debates aportaron perspectivas valiosas por cuanto a orientación futura, integración y desarrollo de capacidades, aspectos e ideas que no suelen encontrarse en la bibliografía publicada ni en los resúmenes de los inventarios de pastizales. En el cuadro 7 se describen algunos de los pasos siguientes propuestos en el marco de los debates sostenidos en los talleres.

Cuadro 7. Pasos siguientes para la futura orientación del monitoreo de pastizales, sugeridos por las personas participantes en los talleres de la CCA

Tema	Próximas medidas recomendadas
<i>Comunidad de práctica de América del Norte</i>	Construir una red de colaboración entre inventarios destinada a mejorar la integración y el intercambio de conocimientos entre los tres países. Mejorar el conocimiento sobre el trabajo que se está realizando en otros países a efecto de lograr una mayor integración de las iniciativas y prácticas.
<i>Elementos comunes acordados</i>	Identificar e integrar los elementos comunes de las iniciativas existentes a fin de crear un marco más armonioso y estandarizado.
<i>Depósito e intercambio de datos</i>	Establecer una plataforma centralizada para la carga de datos e incluir clasificaciones y definiciones detalladas de los conjuntos de datos actuales.
<i>Cartografía de áreas fronterizas internacionales (traslape)</i>	Ampliar la cobertura más allá de los límites nacionales al cartografiar zonas limítrofes entre países (tener una superposición o traslape, por ejemplo, de 20 km) para crear una visión cohesiva, uniforme e integrada a través de las fronteras.
<i>Aumento de la interacción con comunidades indígenas y fortalecimiento del entendimiento en torno a sus saberes</i>	Poner en marcha estrategias de participación y compromiso a largo plazo para integrar el conocimiento ecológico tradicional y establecer relaciones de confianza con las comunidades indígenas.
<i>Continuidad para los talleres sobre monitoreo de pastizales</i>	Garantizar la continuidad, fomentar la colaboración técnica y la estandarización de datos entre países, e incluir una participación más amplia de las partes interesadas (por ejemplo, incorporar a otros organismos y dependencias de México).

	Establecer reuniones periódicas con miras a impulsar procesos continuos de estandarización y colaboración entre las personas y entidades participantes en los talleres de la CCA.
Revisión técnica	Llevar a cabo una revisión y evaluación exhaustivas de los métodos empleados para la integración de inventarios de pastizales, a fin de evaluar aspectos técnicos, ventajas y limitaciones, así como diseñar estrategias para su aplicación en función de las necesidades identificadas.

El rumbo futuro del desarrollo de capacidades en el ámbito de la teledetección de pastizales —tal y como lo identificaron quienes participaron en los talleres de la CCA— responde a temas como el intercambio de datos; la continuidad en la creación de una comunidad de práctica, y la garantía de que las voces que aún no se han incorporado, en particular aquellas de las comunidades indígenas, efectivamente se incluyan en el debate. Asimismo, la realización de una evaluación técnica imparcial, sin sesgos, por parte de una persona especialista en métodos de GRS constituiría un excelente paso siguiente que aportaría información para futuros diálogos. Todos estos aspectos se beneficiarían de un debate estratégico centrado en cómo llevarlos a la práctica y convertirlos en acciones, por lo que sería conveniente incluirlos como temas de discusión en futuras reuniones.

8. Conclusión

En el último siglo, alrededor de 60 por ciento de los ecosistemas de pastizales nativos de América del Norte se ha destinado a otros usos del suelo o se ha degradado (Central Grasslands Roadmap 2022; FWS, 2024). Tan sólo desde 2012, se han convertido 13 millones de hectáreas a la agricultura (WWF, 2023), lo que ha dado lugar a una pérdida significativa de biodiversidad y de servicios ambientales. Los gobiernos estatales o provinciales y nacionales de los tres países reconocen que se trata de un problema apremiante, de urgente preocupación. Para hacer frente a la pérdida de estos ecosistemas, se precisa un conocimiento cabal de los inventarios actuales de pastizales que pueda respaldar medidas de incentivación de la conservación; fomentar el financiamiento y la regulación por parte de los gobiernos, y promover el emprendimiento de acciones colectivas —e incluso personales— a escala de paisaje.

En respuesta a esta grave problemática han surgido diversas iniciativas de conservación, cada cual adaptada a los respectivos contextos locales y con diferentes estrategias de intervención. Contar con una inequívoca comprensión —compartida, uniforme— del fenómeno de la pérdida de pastizales constituiría un elemento fundamental para apuntalar y potenciar estos esfuerzos; sin embargo, el logro de tal coherencia se complica en virtud de la diversidad de contextos políticos, económicos, sociales y ambientales en los que se inscribe el bioma de los pastizales de América del Norte, y también como resultado de las divergencias en enfoques, metodologías y narrativas entre los distintos inventarios de este gran ecosistema en toda la región. Estas variaciones suponen un reto para las personas y entidades usuarias finales —incluido el público en general—, quienes pueden recibir mensajes contradictorios acerca de la tasa o ritmo de pérdida de pastizales y el carácter urgente del problema.

El presente informe responde a estos desafíos mediante un resumen del estado actual del monitoreo de los pastizales centrales en América del Norte, en el que se incluyen un análisis de los inventarios que existen en los tres países; una descripción de las limitaciones, los desafíos y las mejores prácticas al respecto, y reflexiones (recomendaciones) en torno a próximos pasos a seguir para su estandarización. Los resultados del análisis indican que en Canadá, Estados Unidos y México se dispone de más de 30 inventarios de pastizales, mismos que han aprovechado los avances tecnológicos en el campo de la teledetección para realizar evaluaciones de pastizales más eficaces y exhaustivas a mayor escala. Sin embargo, cada inventario entraña sus propias fortalezas y limitaciones, además de que, al día de hoy, la colaboración entre inventarios con miras a perfeccionar metodologías, estandarizar prácticas o compartir datos es muy limitada. Con todo, hay potencial para abordar tales limitaciones mediante el apoyo a una comunidad de práctica, con miras a lograr mayor integración de iniciativas y una estandarización en los inventarios de pastizales de América del Norte que permita compartir e intercambiar información y metodologías, a fin de transmitir un mensaje homogéneo y asegurar la coherencia general en el abordaje de la pérdida de pastizales.

Cabe reconocer algunas limitaciones de este informe: i) la dependencia de información disponible en línea y una parcial comunicación directa con personas y entidades representantes de los inventarios de pastizales, debido a que no se estableció contacto con la totalidad; ii) las barreras lingüísticas de las personas autoras, que pueden haber influido en la comprensión cabal del contexto cultural singular de México, y iii) la falta de tiempo, que limitó las reflexiones y conclusiones de carácter cualitativo en el marco de los talleres. Profundizar en la investigación, con participación directa de las personas y entidades dedicadas al monitoreo de pastizales y representantes de los inventarios que participaron en los talleres de la CCA, mejoraría la calidad de futuros informes e iniciativas al respecto.

Con todo, puede afirmarse que, puesto que integra información derivada de una revisión de la bibliografía publicada sobre el tema, por un lado, y las perspectivas aportadas por quienes participaron en los talleres de la CCA, por el otro, el presente informe reviste un carácter único y valioso, y sus contenidos sin duda aportarán una buena base para —con respaldo del singular papel de la Comisión en favor de la cooperación ambiental trinacional— fundamentar futuros esfuerzos relacionados con la investigación y la formulación de políticas en materia de conservación de pastizales, todo con el propósito de mejorar las iniciativas de conservación existentes, impulsar nuevas formas de cooperación y hacer frente a la continua pérdida de pastizales en Canadá, Estados Unidos y México.

Referencias bibliográficas

- AAFC (2023), "Annual Crop Inventory 2023" [Inventario anual de cultivos 2023], Agriculture and Agri-Food Canada, en: <<https://open.canada.ca/data/en/dataset/5d3ab93e-324a-41db-8d29-0f0813d0e9cd>>.
- Ali, Iftikhar, Fiona Cawkwell, Edward Dwyer, Brian Barrett y Stuart Green (2016), "Satellite Remote Sensing of Grasslands: From Observation to Management" [Teledetección por satélite de pastizales: de la observación a la gestión], *Journal of Plant Ecology*, vol. 9, núm. 6, pp. 649-671, doi:10.1093/JPE/RTW005.
- Augustine, David, Ana Davidson, Kristin Dickinson y Bill van Pelt (2021), "Thinking Like a Grassland: Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Great Plains of North America" [Mentalidad de pastizal: retos y oportunidades para la conservación de la biodiversidad en las Grandes Llanuras de América del Norte], *Rangeland Ecology & Management*, núm. 78, pp. 281-295, doi:10.1016/J.RAMA.2019.09.001.
- Badreldin, Nasem, Beatriz Prieto y Ryan Fisher (2021), "Mapping Grasslands in Mixed Grassland Ecoregion of Saskatchewan Using Big Remote Sensing Data and Machine Learning" [Cartografía de pastizales en la ecorregión de pastizales mixtos de Saskatchewan mediante macrodatos obtenidos por teledetección y aprendizaje automático], *Remote Sensing 2021*, vol. 13, núm. 24, p. 4972, doi:10.3390/RS13244972.
- Basile, Valerio, F. Cabitza, Andrea Campagner y Michael Fell (2021), "Toward a Perspectivist Turn in Ground Truthing for Predictive Computing" [Hacia un giro perspectivista en los procesos de la verificación en el terreno para aplicaciones de informática predictive], en: *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, AAAI Press, pp. 6860-6868, doi:10.1609/AAAI.V37I6.25840.
- Bird Conservancy of the Rockies (2017), *Final Report and Data: Remote Sensing to Segregate Grass and Shrub Mixed Habitats in Janos Grassland Priority Conservation Area* [Informe final y datos: Teledetección para la segregación de hábitats mixtos de pastos y arbustos en el Área Prioritaria de Conservación de Pastizales de Janos], *ScienceBase-Catalog*, en: <www.sciencebase.gov/catalog/item/59a74c35e4b0fd9b77cf6cb1>.
- Boyd, Doreen S., Giles M. Foody, Chloe Brown, Suvodeep Mazumdar, Harry Marshall y Jessica Wardlaw (2022), "Citizen Science for Earth Observation (Citizens4EO): Understanding Current Use in the UK" [Ciencia ciudadana para la observación terrestre (Citizens4EO): comprensión del uso actual en el Reino Unido], *International Journal of Remote Sensing*, vol. 43, núm. 8, pp. 2965-2985, doi:10.1080/01431161.2022.2076574.
- CCA (2024), "Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte" (NALCMS por sus siglas en inglés), Comisión para la Cooperación Ambiental, en: <www.cec.org/es/sistema-de-monitoreo-del-cambio-en-la-cobertura-del-suelo-de-america-del-norte/>.
- Central Grasslands Roadmap (2022), "Central Grasslands Roadmap Initiative" [Iniciativa Hoja de Ruta de las Praderas Centrales], en: <www.grasslandsroadmap.org/>.
- CFGA (2024), "National Grassland Inventory" [Inventario Nacional de Pastizales], *Canadian Forage and Grassland Association*, en: <www.canadianfga.ca/en/news/cfga-blog/general-1/cfga-featured-project-national-grassland-inventory-150/>.

- Conabio (2024), "Portal de Geoinformación 2025 del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)", Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, en: <www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Domingo Marimon, Cristina *et al.* (2022), "Aligning Citizen Science and Remote Sensing Phenology Observations to Characterize Climate Change Impact on Vegetation" [Alineación de la ciencia ciudadana y las observaciones de fenología por percepción remota para la caracterización del impacto del cambio climático en la vegetación], *Environmental Research Letters*, vol. 17, núm. 8), pp. 085007, doi:10.1088/1748-9326/AC8499.
- FAO (2005), *Grasslands of the World* [Pastizales del mundo], J. M. Suttie, S. G. Reynolds y C. Batello (comps.), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia, en: <www.fao.org/4/y8344e/y8344e00.htm>.
- FWS (2024), *North American Grassland Biome Loss* [Pérdida del bioma de los pastizales de América del Norte], en: <www.fws.gov/media/north-american-grassland-biome-loss#&gid=1&pid=1>.
- Gage, Anne M., Sarah K. Olimb y Jeff Nelson (2016), "Plowprint: Tracking Cumulative Cropland Expansion to Target Grassland Conservation" [Huella del arado: rastreo de la expansión acumulativa de las tierras de cultivo en apoyo de la conservación de los pastizales], *Great Plains Research*, vol. 26, núm.2, pp. 107-116, doi:10.1353/GPR.2016.0019.
- GNLCC (2016), "Land Use & Land Cover in the Crown of Continent Ecosystem C2000" [Uso y cobertura del suelo en el ecosistema denominado "Crown of Continent" (corona del continente)], Great Northern Landscape Conservation Cooperative, en: <www.sciencebase.gov/catalog/item/565f3b40e4b071e7ea54453e>.
- Government of Alberta (2012), "Native Prairie Vegetation Inventory (NPVI) Polygons" [Polígonos del Inventario de Vegetación de las Praderas Nativas], en: <<https://open.alberta.ca/opendata/gda-f0c19703-2310-4156-9fd5-50a32cc2f01b>>.
- Government of Alberta (2019), "Grassland Vegetation Inventory (GVI)" [Inventario de Vegetación de los Pastizales], en: <<https://open.alberta.ca/opendata/gda-d3ab9031-8ec0-4589-9335-c1e50ae05992>>.
- Government of Alberta (2020), "Primary Land and Vegetation Inventory (PLVI)" [Inventario Primario de Tierras y Vegetación], en: <<https://open.alberta.ca/opendata/gda-f640cd9d-c232-481d-9cff-7a7b66e51e49>>.
- Government of Canada (1995), "Canada Land Inventory" [Inventario de Tierras de Canadá], en: <<https://sis.agr.gc.ca/cansis/publications/maps/index.html>>.
- Government of Canada (2020), "Land Cover of Canada" [Cubierta terrestre de Canadá], en: <<https://search.open.canada.ca/openmap/ee1580ab-a23d-4f86-a09b-79763677eb47>>.
- Government of Manitoba (2021), "Manitoba Grassland Inventory - Land Identification Tool" [Inventario de Pastizales de Manitoba: herramienta de identificación de tierras], en: <www.gov.mb.ca/agriculture/land-management/land-id-tool.html>.
- Government of Saskatchewan (2023), "Saskatchewan Digital Landcover" [Representación digital de la cubierta terrestre de Saskatchewan], en: <<https://geohub.saskatchewan.ca/datasets/a287612147ab4f0a9863148f76170f00/about>>.
- Hansen, Matthew C. y Thomas R. Loveland (2012), "A Review of Large Area Monitoring of Land Cover Change Using Landsat Data" [Revisión del monitoreo a gran escala de los cambios en la cubierta

- terrestre mediante datos Landsat], *Remote Sensing of Environment*, núm. 122, pp. 66-74, doi:10.1016/J.RSE.2011.08.024.
- Harrison, Susan P., Elise S. Gornish y Stella Copeland (2015), "Climate-Driven Diversity Loss in a Grassland Community" [Pérdida de diversidad causada por el cambio climático en una comunidad de pastizales], en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 112, núm. 28, pp. 8672-8677, doi:10.1073/PNAS.1502074112/SUPPL_FILE/PNAS.1502074112.SD01.XLSX.
- Hecker, Susanne *et al.* (2019), "Stories Can Change the World—Citizen Science Communication in Practice" [Las historias pueden cambiar el mundo: comunicación en proyectos de ciencia ciudadana en la práctica], *Citizen Science*: 445-462, doi:10.2307/J.CTV550CF2.37.
- Jornada Basin LTER (2024), "Jornada Basin LTER-Long Term Ecological Research in the Chihuahuan Desert" [Investigación ecológica a largo plazo de la cuenca Jornada en el desierto de Chihuahua], en: <<https://lter.jornada.nmsu.edu/>>.
- Kavvada, Argyro *et al.* (2020), "Towards Delivering on the Sustainable Development Goals Using Earth Observations" [Impulso de la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante observación terrestre], en: *Remote Sensing of Environment*, núm. 247, p. 111930, doi:10.1016/J.RSE.2020.111930.
- Li, Tong *et al.* (2021), "Quantitative Analysis of the Research Trends and Areas in Grassland Remote Sensing: A Scientometrics Analysis of Web of Science from 1980 to 2020" [Análisis cuantitativo de las tendencias y áreas de investigación en teledetección de pastizales: revisión cienciométrica de la base de datos Web of Science de 1980 a 2020], en: *Remote Sensing*, vol. 13, núm. 7, doi:10.3390/RS13071279.
- Long, Ashley M. *et al.* (2019), "Integrating Citizen Science and Remotely Sensed Data to Help Inform Time-Sensitive Policy Decisions for Species of Conservation Concern" [Integración de la ciencia ciudadana y los datos de teledetección para ayudar a orientar decisiones políticas urgentes sobre especies de interés para la conservación], *Biological Conservation*, núm. 237, pp. 463-469, doi:10.1016/J.BIOCON.2019.07.025.
- MRLC (2024), "RCMAP-Time-Series Trends" [Tendencias de las secuencias temporales utilizadas en el marco del inventario Proyección y Evaluación del Monitoreo de la Condición de Hábitats de Pastura], Multi-Resolution Land Characteristics Consortium, en: <www.mrlc.gov/data/type/rcmap-time-series-trends>.
- Mueller-Warrant *et al.* (2015), "Methods for Improving Accuracy and Extending Results beyond Periods Covered by Traditional Ground-Truth in Remote Sensing Classification of a Complex Landscape" [Métodos para mejorar la precisión y ampliar los resultados más allá de los periodos contemplados en la verificación en campo tradicional para la clasificación por teledetección de un paisaje complejo], *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, núm. 38, pp. 115-128, doi:10.1016/J.JAG.2015.01.001.
- Olimb, Sarah K. y Barry Robinson (2019), "Grass to Grain: Probabilistic Modeling of Agricultural Conversion in the North American Great Plains" [De gramínea a cereal: modelización probabilística de la conversión agrícola en las Grandes Llanuras de América del Norte], *Ecological Indicators*, núm. 102, pp. 237-245, doi:10.1016/J.ECOLIND.2019.02.042.
- Ott, Jacqueline P. *et al.* (2021), "Energy Development and Production in the Great Plains: Implications and Mitigation Opportunities" [Desarrollo y producción de energía en las Grandes Llanuras:

- implicaciones y oportunidades de mitigación], *Rangeland Ecology & Management*, núm. 78, pp. 257-272, doi:10.1016/J.RAMA.2020.05.003.
- PCF (2010), "Native Prairie Vegetation Inventory" [Inventario de Vegetación de las Praderas Nativas], *Prairie Conservation Forum*, en: <<https://albertapcf.org/about-prairies/about-the-inventories>>.
- PHJV (2017), *Prairie Habitat Monitoring: Canadian Prairie Wetland and Upland Status and Trends* [Monitoreo del hábitat de pradera: estado de conservación y tendencias de los humedales y tierras altas de las praderas canadienses], Prairie Habitat Joint Venture, Edmonton, Alberta.
- Pieper, Rex D. (2005), "Grasslands of Central North America" [Pastizales de la región central de América del Norte], *Grasslands of the World*, en: <www.fao.org/3/y8344e/y8344e0d.htm>.
- PPJV (2019), "Grassland Assessment of North American Great Plains" [Evaluación de los pastizales de las Grandes Llanuras de América del Norte], *Migratory Bird Joint Ventures*.
- Purdy, Logan M., Zihaoan Sang, Elisabeth Beaubien y Andreas Hamann (2023), "Validating Remotely Sensed Land Surface Phenology with Leaf out Records from a Citizen Science Network" [Validación de la fenología de la superficie terrestre obtenida por teledetección con registros de hojas nacientes de una red de participantes en actividades de ciencia ciudadana], *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, núm. 116, doi:10.1016/J.JAG.2022.103148.
- Rabbetts, Michelle *et al.* (2023), "Direct and Indirect Effects of Agricultural Land Cover on Avian Biodiversity in Eastern Canada" [Efectos directos e indirectos de la cubierta agrícola en la biodiversidad aviar del este de Canadá], en: *Biodiversity and Conservation*, doi:10.1007/s10531-023-02559-1.
- Reinermann, Sophie, Sarah Asam y Claudia Kuenzer (2020), "Remote Sensing of Grassland Production and Management-A Review" [Teledetección de la producción y gestión de pastizales: Revisión] *Remote Sensing*, vol. 12, núm. 12, doi:10.3390/RS12121949.
- Reitsma, Kurtis D., David E. Clay, Sharon A. Clay, Barry H. Dunn y Cheryl Reese (2016), "Does the US Cropland Data Layer Provide an Accurate Benchmark for Land-Use Change Estimates?" [¿Proporciona la capa de datos de tierras de cultivo de Estados Unidos un punto de referencia preciso para las estimaciones del cambio en el uso del suelo?], *Agronomy Journal*, vol. 108, núm. 1, pp 266-272, doi:10.2134/AGRONJ2015.0288.
- Remote Sensing (2022), "Remote Sensing of Grassland Ecosystem" [Teledetección de los ecosistemas de pastizal], *Remote Sensing*, en: <https://www.mdpi.com/journal/remotesensing/special_issues/grassland_ecosystem>.
- Reynolds, James F. *et al.* (2007), "Ecology: Global Desertification: Building a Science for Dryland Development" [Ecología: Desertificación global: Construcción de una ciencia para el desarrollo de tierras áridas], *Science*, vol. 316, num. 5826, pp. 847-851, doi:10.1126/SCIENCE.1131634/SUPPL_FILE/REYNOLDS.SOM.PDF.
- Robinov, Larissa, Chris Hopkinson y Mark C Vanderwel (2021), "Topographic Variation in Forest Expansion Processes across a Mosaic Landscape in Western Canada" [Variación topográfica en los procesos de expansión forestal a través de un paisaje en mosaico en el oeste de Canadá], *Land*, vol. 10, núm. 12, 1355, doi:10.3390/land10121355.
- Shi, Hua, Matthew Rigge, Kory Postma y Brett Bunde (2022), "Trends Analysis of Rangeland Condition Monitoring Assessment and Projection (RCMAP) Fractional Component Time Series (1985-2020)" [Análisis de tendencias de las secuencias temporales de componentes fraccionarios del inventario

- Proyección y Evaluación del Monitoreo de la Condición de Hábitats de Pastura (1985-2020)], *GIScience and Remote Sensing*, vol. 59, núm. 1, pp. 1243-1265, doi:10.1080/15481603.2022.2104786.
- Smith, Anne (2018), "Remote Sensing Tools in Grasslands: Connection to the Larger Landscape?" [Herramientas de teledetección en pastizales: ¿conexión con un paisaje más amplio?], en: *Transboundary Grasslands Partnership Workshop*, Agriculture and Agri-Food Canada y Lethbridge Research and Development Centre.
- Tran, Bich Ngoc *et al.* (2023), "Uncertainty Assessment of Satellite Remote-Sensing-Based Evapotranspiration Estimates: A Systematic Review of Methods and Gaps" [Evaluación de la incertidumbre de las estimaciones de evapotranspiración basadas en teledetección por satélite: revisión sistemática de métodos y lagunas], *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 27, núm. 24, pp. 4505-4528, doi:10.5194/HESS-27-4505-2023.
- UICN (2010), "Towards a Conservation Strategy for the World's Temperate Grasslands" [Hacia una estrategia de conservación de los pastizales templados del mundo], Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, en: <www.iucn.org/content/towards-a-conservation-strategy-worlds-temperate-grasslands-0>.
- USDA (2023), *National Resources Inventory (NRI) Program Technical Manual* [Manual técnico del Inventario de Recursos Nacionales (NRI)], National Resources Conservation Service.
- USDA (2024), "CroplandCROS", National Agricultural Statistics Service, en: <<https://croplandcros.scinet.usda.gov/>>.
- USGS (2019), "Land Cover Data Overview" [Descripción general de los datos sobre la cubierta terrestre], Gap Analysis Project, en: <www.usgs.gov/programs/gap-analysis-project/science/land-cover-data-overview>.
- USGS (2023), *Rangeland Condition Monitoring Assessment and Projection, 1985-2021* [Evaluación y proyección del monitoreo del estado de las praderas y pastizales, 1985-2021], hoja de datos 2023-3004, United States Geological Survey, doi:10.3133/FS20233004.
- USGS (2024), "National Land Cover Database" [Base de Datos Nacional de Cobertura Terrestre], United States Geological Survey, en: <www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database>.
- Vázquez Quintero, Griselda *et al.* (2019), "GIS-Based Multicriteria Evaluation of Land Suitability for Grasslands Conservation in Chihuahua, Mexico" [Evaluación multicriterio con base en SIG de la idoneidad del suelo para la conservación de pastizales en Chihuahua, México], *Sustainability* 2020, vol. 12, núm. 1, p. 185, doi:10.3390/SU12010185.
- Wang, Zhaobin, Yikun Ma, Yaonan Zhang y Jiali Shang (2022), "Review of Remote Sensing Applications in Grassland Monitoring" [Revisión de las aplicaciones de la teledetección en el monitoreo de pastizales], *Remote Sensing* 2022, vol. 14, núm. 12, p. 2903, doi:10.3390/RS14122903.
- Western Producer (2022), "Renewable Aviation Fuel Plant Proposed" [Proponen planta de combustible renovable para aviación], *The Western Producer*, en: <www.producer.com/news/renewable-aviation-fuel-plant-proposed/>.
- Wickham, James, Stephen V. Stehman, Daniel G. Sorenson, Leila Gass y Jon A. Dewitz (2021) "Thematic Accuracy Assessment of the NLCD 2016 Land Cover for the Conterminous United States" [Evaluación de la precisión temática de la cubierta terrestre según el producto NLCD 2016 para Estados Unidos], *Remote Sensing of Environment*, núm. 257, doi:10.1016/J.RSE.2021.112357.

- WWF (2023), *2023 Plowprint Report* [Informe Huella del arado 2023], Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza, en: <www.worldwildlife.org/publications/2023-plowprint-report>.
- Yan, Ziyu, Zhihai Gao, Bin Sun, Xiangyuan Ding, Ting Gao y Yifu Li (2023), "Global Degradation Trends of Grassland and Their Driving Factors since 2000" [Tendencias mundiales de degradación de los pastizales y sus factores determinantes desde 2000], *International Journal of Digital Earth*, vol. 16, núm. 1, pp. 1661-1684, doi:10.1080/17538947.2023.2207840.
- Zhou, Qiming y Petter Pilesjo (1996), *Improving Ground Truthing for Integrating Remotely Sensed Data and GIS* [Mejora de la verificación en campo para la integración de datos de teledetección y SIG], en: <www.researchgate.net/publication/242462830_IMPROVING_GROUND_TRUTHING_FOR_INTEGRATING_REMOTELY_SENSED_DATA_AND_GIS>.