

NALCMS

Sistema de Monitoreo
del Cambio en la
Cobertura del Suelo
de América del Norte

Una colaboración trinacional de más
de 21 millones de kilómetros cuadrados



CCA

Citar como:

CCA (2025), NALCMS: *Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte, Una colaboración trinacional de más de 21 millones de kilómetros cuadrados*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 50 pp.

La presente publicación fue elaborada por el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene no necesariamente refleja los puntos de vista de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción de este material sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso no tenga fines comerciales 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: 978-2-89700-345-6

Available in English – ISBN: 978-2-89700-344-9

Disponible en français – ISBN: 978-2-89700-346-3

Depósito legal: Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025

Depósito legal: Library and Archives Canada, 2025

Detalles de la publicación

Categoría del documento: Documento de referencia

Fecha de publicación: febrero de 2025

Idioma original: inglés

Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad:

Revisión final de las Partes: noviembre de 2024

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

Comisión para la Cooperación Ambiental

1001 Robert-Bourassa Boulevard, suite 1620

Montreal, Quebec, Canadá, H3B 4L4

Tel : 514 350 4300

info@cec.org / www.cec.org

Índice

Siglas, Acrónimos y Abreviaturas	4
Agradecimientos	5
Introducción	6
Historia del NALCMS	8
Programas Nacionales Sobre Cobertura del Suelo	14
Clases de Cobertura del Suelo del NALCMS	20
Productos del NALCMS	27
Aplicación del NALCMS en la Investigación y la Toma de Decisiones	36
Intercambio de Conocimientos Entre Los Miembros del NALCMS	45
Conclusión	47
Publicaciones Relacionadas	48

Siglas, Acrónimos y Abreviaturas

AGU	<i>American Geophysical Union</i> [Unión Geofísica Americana]	LCCS	<i>Land Cover Classification System</i> [Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra]	NALCMS	<i>North American Land Change Monitoring System</i> [Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte]
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental	LCMAP	<i>Land Change Monitoring, Assessment, and Projection</i> [Monitoreo, Evaluación y Proyección del Cambio en la Cobertura del Suelo]	NLCD	<i>National Land Cover Database</i> [Base de Datos Nacional sobre la Cobertura del Suelo]
CCMEO	<i>Canada Centre for Mapping and Earth Observation</i> [Centro Canadiense de Cartografía y Observación de la Tierra]	MAD-MEX	<i>Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ program</i> [Sistema de Monitoreo de Datos de Actividad del Programa REDD+ México]	NRCan	<i>Natural Resources Canada</i> [Ministerio de Recursos Naturales de Canadá]
CCRS	<i>Canada Centre for Remote Sensing</i> [Centro Canadiense de Teledetección]	MIICA	<i>Multi-Index Integrated Change Analysis</i> [Análisis Integrado de Cambios con Múltiples Índices]	SAMOF	Sistema Satelital de Monitoreo Forestal
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	MMU	<i>Minimum Mapping Unit</i> [Unidad Mínima Cartografiable]	SIG	Sistemas de Información Geográfica
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal	MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> [Espectrorradiómetro de Formación de Imágenes de Resolución Media]	TM	<i>Thematic Mapper</i> [Mapeador Temático]
CONUS	Conterminous United States [Estados Unidos contiguos]	MRLC	<i>Multi-Resolution Land Characteristics Consortium</i> [Consortio de Características de la Tierra en Múltiples Resoluciones]	UN-GGIM	Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial
EROS	<i>Earth Resources Observation and Science (Center)</i> [Centro de Ciencia y Observación de Recursos Terrestres]			USGS	<i>United States Geological Survey</i> [Servicio Geológico de Estados Unidos]
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i> [Mapeador Temático Mejorado]				
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía				

Agradecimientos

El éxito del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés) es fruto de la experiencia y dedicación por más de quince años de numerosas personas, sin cuya colaboración los productos de esta iniciativa — en su estado actual — no existirían. Nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

(por orden alfabético de apellidos)

José Armando Alanís de la Rosa

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Metzli Ileana Aldrete Leal

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Jesús Abad Argumedo Espinoza

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Margarita Ascensión Merino

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Orlando Cabrera-Rivera

Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

René R. Colditz

Excolaborador de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Dominique Croteau

Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

María Isabel Cruz López

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Patrick Danielson

Contratista del Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey*, USGS)

Jon Dewitz

Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey*, USGS)



In Memoriam

Rasim Latifovic

Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (Natural Resources Canada, NRCan)

Durante casi 20 años, Rasim fue un pilar y defensor de la iniciativa NALCMS.

Echaremos de menos sus extraordinarios conocimientos, experiencia y dedicación en percepción remota y cobertura del suelo, sin olvidar su carácter siempre tan alegre.

Chandra Giri

Excolaborador del Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey*, USGS)

Laura Merit González Ramírez

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Arturo Victoria Hernández

Excolaborador del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Collin Homer

Excolaborador del Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey*, USGS)

Zakir Jafry

Excolaborador de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

Francisco Javier Jiménez Nava

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Daniela Jurado

Consultora para la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Ricardo Llamas

Consultor para la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), excolaborador de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Morgan McFarlane-Winchester

Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (Natural Resources Canada, NRCan)

Carmen Lourdes Meneses Tovar

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Fariba Mohammadimanesh

Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (Natural Resources Canada, NRCan)

César Moreno García

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

José Luis Ornelas

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Darren Pouliot

Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (Environmental and Climate Change Canada, ECCC), excolaborador de Recursos Naturales de Canadá (Natural Resources Canada, NRCan)

Rainer Andreas Ressler

Excolaborador del Ministerio de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Cody Rice

Excolaborador de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

Karen Richardson

Excolaboradora de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

Manuel Ernesto Rodríguez Huesca

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Jorge Gibran Velasco Olvera

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Introducción

En este siglo XXI, las acciones que se emprendan en favor del medio ambiente desde distintos frentes adquieren una importancia crítica, pero es imprescindible que éstas se basen en conocimientos científicos. ¿Cuánta cobertura forestal se ha perdido en la última década como consecuencia de incendios o deforestación? ¿Y cuánta se recuperó gracias a procesos de regeneración natural y actividades de reforestación? ¿Cómo ha modificado el paisaje natural la expansión de la agricultura y las ciudades a lo largo de los años?

Cuando se trata de proteger y conservar el medio ambiente suele decirse que “no se puede gestionar lo que no se mide”, pero también es importante recordar que no se puede medir lo que no se puede identificar. A efecto de proteger y conservar de forma eficiente y eficaz el medio ambiente, es fundamental comprender las características de los recursos terrestres e hídricos que se pretende proteger y conservar. Una imagen vale más que mil palabras, pero sólo si es posible identificar lo que se ve.



En este sentido, la información sobre la cobertura del suelo ayuda cuando los datos geoespaciales se convierten en información y se nombra lo que “se ve”: “esto es bosque”, “se trata de un cuerpo de agua”, “esto corresponde a un asentamiento humano” y un largo etcétera.

“ Los gobiernos nacionales de todo el mundo, incluidos los de los tres países de América del Norte, han destacado la importancia de la información relativa a la cobertura del suelo.

Por cobertura del suelo se entiende todo aquello que conforma la superficie visible de la tierra — ya sean bosques, infraestructura urbana, cuerpos de agua o suelos agrícolas, entre otras cosas —, esto puede ser clasificado con base en datos satelitales y complementado con observaciones de campo, lo que ayuda a distinguir los rasgos naturales de los antropogénicos. Identificar, delimitar y cartografiar la cobertura del suelo resulta de suma importancia para realizar estudios de monitoreo de alcance global, regional y local, así como para actividades de gestión de recursos y planificación. Las clases de cobertura del suelo comprenden elementos naturales como bosques templados, matorrales, praderas y cuerpos de agua, así como elementos antropogénicos entre los que se encuentran las zonas urbanas y los suelos agrícolas.

Los gobiernos nacionales de todo el mundo, incluidos los de los tres países de América del Norte, han destacado la importancia de la información relativa a la cobertura del suelo. En Estados Unidos, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) ha indicado que “la información sobre la cobertura del suelo se utiliza con diversos fines clave, tales como evaluar fuentes difusas de contaminación, comprender las variables del paisaje para análisis ecológicos, determinar el comportamiento de sustancias químicas y analizar los efectos de la contaminación atmosférica”.¹

En 2011 se creó el Comité de Expertos de las Naciones Unidas sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial (UN-GGIM) con el objetivo de promover el uso de información geoespacial en los procesos de elaboración de políticas públicas y en las agendas de desarrollo, así como de reforzar la cooperación mundial en el ámbito del manejo de la información geoespacial. Tras las discusiones entabladas en 2017–2018 con representantes de gobiernos nacionales y organizaciones internacionales, se establecieron catorce (14) Temas de Datos Geoespaciales Fundamentales Globales, incluido un tema para “cobertura y uso del suelo”.²

En la actualidad existen iniciativas que generan información sobre la cobertura del suelo a partir de datos geoespaciales a distintas escalas — desde la nacional hasta la mundial —, pero una iniciativa puede ser de mayor utilidad que otra, dependiendo de las necesidades de los usuarios. ¿Qué ocurre con las iniciativas regionales o subcontinentales? Éstas son menos frecuentes porque suelen requerir la cooperación directa entre distintas iniciativas nacionales, y esto implica coordinación y compromisos a largo plazo entre organismos gubernamentales de distintos países. De ahí el carácter excepcional del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés), cuya historia de colaboración se presenta en este documento, proporcionando información de referencia para otras iniciativas a escala subregional en la generación de cartografía de cobertura del suelo, que puedan cerrar la brecha entre iniciativas de escala nacional y global.

¹ EPA, “[Report on the Environment, Land Cover](#)” [Informe sobre medio ambiente: cobertura del suelo], United States Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos].

² UN-GGIM (2019), [The Global Fundamental Geospatial Data Themes](#) [Temas de Datos Geoespaciales Fundamentales Globales], Comité de Expertos de las Naciones Unidas sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial.

Historia del NALCMS

En 2006, diversas entidades de los gobiernos federales, organismos del sector privado y organizaciones no gubernamentales (ONG) de Canadá, Estados Unidos y México auspiciaron la Cumbre sobre la Cobertura del Suelo de América del Norte — celebrada en la Academia Nacional de las Ciencias (*National Academy of Sciences*), del 20 al 22 de septiembre de 2006, en Washington, DC —, con el objetivo de “fomentar la colaboración entre instituciones y organismos gubernamentales de todo el subcontinente, con lo que se impulsaría tanto la generación como la aplicación de información exhaustiva sobre la cobertura del suelo”.³

Durante la Cumbre, los organismos que figuran a continuación pusieron en marcha el Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés), con el objetivo general de “producir información que satisficiera simultáneamente las necesidades a escala subcontinental, al tiempo que aportara información a cada uno de los tres países para complementar los programas de monitoreo existentes en cada uno de ellos”.⁴

³NASA Landsat Science, “[Landsat at the North American Land Cover Summit: A Summary](#)” [Landsat en la Cumbre sobre la Cobertura del Suelo de América del Norte: resumen], 22 de septiembre de 2006.

⁴Rasim Latifovic et al. (2012), “Chapter 20 North American Land-Change Monitoring System”, *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications* [“Capítulo 20: Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte”, en: *Percepción remota del uso del suelo y la cobertura del suelo: principios y aplicaciones*], p. 303.

En Estados Unidos

Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey, USGS*), por conducto del Centro de Ciencia y Observación de Recursos Terrestres (*Earth Resources Observation and Science, EROS*)

En Canadá

Ministerio de Recursos Naturales de Canadá (*Natural Resources Canada, NRCan*), por conducto del Centro Canadiense de Teledetección (*Canada Centre for Remote Sensing*)

En México

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con la participación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).



Cada una de las instituciones participantes en el NALCMS aporta sus conocimientos y experiencia en cuanto a generación de información sobre la cobertura del suelo derivada de datos geoespaciales:



Centro Canadiense de Teledetección, ministerio de Recursos Naturales de Canadá

En su calidad de división del Centro Canadiense de Cartografía y Observación de la Tierra Canada (*Centre for Mapping and Earth Observation, CCMEO*), el Centro Canadiense de Teledetección (*Canada Centre for Remote Sensing, CCRS*) es el organismo de excelencia de Canadá en el campo del uso de sensores remotos para el monitoreo de la superficie terrestre, cuyas investigaciones y conocimientos especializados se ponen a disposición en nombre del gobierno de Canadá.

[Sitio web](#)



Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México

El INEGI es un organismo público autónomo encargado de regular y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica de México, así como de recopilar y difundir información relativa al territorio, los recursos, la población y la economía del país, lo cual coadyuva en innumerables procesos de toma de decisiones.

[Sitio Web](#)



Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México

La misión de la CONABIO consiste en promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad. Fue concebida como una organización de investigación aplicada, promotora de investigación básica, que compila y genera información sobre biodiversidad, desarrolla capacidades humanas en el área de la informática de la biodiversidad y es fuente pública de información y conocimiento accesible para toda la sociedad.

[Sitio Web](#)



Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México

La CONAFOR es un organismo público descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar actividades productivas de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de planes y programas, y en la aplicación de políticas de desarrollo forestal sustentable.

[Sitio Web](#)



Centro de Ciencia y Observación de Recursos Terrestres (*Earth Resources Observation and Science, EROS*), Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey, USGS*)

El Centro EROS estudia los cambios en la cobertura del suelo y elabora productos que reportan datos sobre dichos cambios, los cuales son utilizados por investigadores, administradores de recursos naturales y responsables de políticas públicas en Estados Unidos y en el mundo. Además, se encarga del programa de satélites Landsat junto con la NASA y mantiene la mayor colección de imágenes de la superficie de la Tierra para uso civil, compuesta por decenas de millones de imágenes.

[Sitio Web](#)

Tras su creación, el NALCMS se integró como una iniciativa a largo plazo de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), la cual proporcionó apoyo directivo, administrativo y financiero a las actividades del NALCMS.

Cronología de los principales eventos relacionados con el NALCMS

Una parte importante del trabajo del grupo del NALCMS consiste en intercambiar conocimientos y experiencias entre sus integrantes, así como presentar en distintos eventos los productos generados en el marco de esta iniciativa con miras a

aumentar su visibilidad. A efecto de comprender realmente los distintos tipos de cobertura del suelo en toda la región, también es importante tener una experiencia de primera mano con los diferentes paisajes de América del Norte.

La siguiente es una lista de reuniones y eventos en los que ha participado el grupo NALCMS con el paso de los años:

2006

20-22 de septiembre

Washington, DC,
Estados Unidos

Creación de la iniciativa Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS) en el marco de la Cumbre sobre la Cobertura del Suelo de América del Norte

2007

12-13 de abril

Aguascalientes, Aguascalientes,
México



Reunión del NALCMS

2008

2-3 de diciembre

INEGI, Aguascalientes, Aguascalientes,
México



Reunión técnica del grupo NALCMS

2009

2-4 de junio

Flagstaff, Arizona,
Estados Unidos



Reunión técnica del grupo NALCMS

2009

17-18 de noviembre

Washington, DC,
Estados Unidos

Presentación del mapa de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, en la reunión GEO-VI



2009
1-3 de diciembre

Miami, Florida,
Estados Unidos



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2010
25 de marzo

Primera publicación
del conjunto de datos
de la cobertura del suelo
de América del Norte,
2005 (250m)
(en línea e impresa)

2010
25-30 de julio

Honolulu, Hawái,
Estados Unidos



Presentación de los productos
NALCMS en el Simposio
Internacional de Geociencias y
Percepción Remota (IGARSS, por
sus siglas en inglés), 2010, del
Instituto de Ingenieros Eléctricos
y Electrónicos (*Institute of Electrical
and Electronics Engineers, IEEE*)

2010
5-7 de octubre

Guadalajara, Jalisco,
México



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2011
27-29 de septiembre

Banff, Alberta,
Canadá



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2012
10-13 de abril

Palm Desert, California,
Estados Unidos



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2012
4-6 de diciembre

Mérida, Yucatán,
México



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2013
12-15 de noviembre

(Centro Forestal del Pacífico
(*Pacific Forestry Center*), ministerio
de Recursos Naturales de Canadá,
Victoria, Columbia Británica, Canadá)

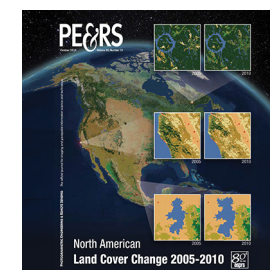


Reunión técnica del
grupo NALCMS

2014
11 de marzo

Primera publicación del
conjunto de datos de la
cobertura del suelo de
América del Norte,
2010 (250m), y del conjunto
de datos de cambios de
la cobertura del suelo
de América del Norte
2005-2010 (250m)
(en línea)

2014
octubre



Fuente: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 80, núm. 10, octubre de 2014.

El conjunto de datos de cambios de la
cobertura del suelo de América del
Norte, 2005-2010, se promociona en
la portada de la revista *Photogrammetric
Engineering & Remote Sensing (PE&RS)*

2014
28-29 de octubre

Boise, Idaho,
Estados Unidos



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2015
6-8 de octubre

Montreal, Quebec,
Canadá



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2016
12-16 de septiembre

Homer, Alaska,
Estados Unidos

Presentación de los
productos del NALCMS
en el XIV Simposio
Internacional de
Percepción Remota
Circumpolar (ICRSS)

2016
25-27 de octubre

Ciudad de México, CDMX,
México



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2017
5-8 de abril

Boston, Massachusetts,
Estados Unidos

Presentación de los
productos del NALCMS en
la reunión anual 2017 de la
Asociación Estadounidense
de Geógrafos (*American
Association of Geographers,
AAG*)

2017
2 de noviembre

Primera publicación del
conjunto de datos de la
cobertura del suelo de
América del Norte, 2010
(30m)
(en línea e impresa)

2017
11-15 de diciembre

Nueva Orleans, Luisiana,
Estados Unidos



Presentación de los productos
del NALCMS en la reunión de
otoño de 2017 de la Unión
Geofísica Americana (*American
Geophysical Union, AGU*)

2018
30 de mayo

Reunión técnica del
grupo NALCMS
(en línea)

2019
2 de octubre

Montreal, Quebec,
Canadá



Reunión técnica del grupo
NALCMS

2020
20 de febrero

Primera publicación del
conjunto de datos de la
cobertura del suelo de
América del Norte, 2015
(en línea)

2020
12 de noviembre

Reunión técnica del grupo
NALCMS
(en línea)

2020
18 de noviembre

Primera publicación
del conjunto de datos
de cambios de la cobertura
del suelo de América
del Norte, 2010-2015
(en línea)

2021
28 de octubre

Reunión técnica del grupo
NALCMS
(en línea)

2023
26-27 de enero

Montreal, Quebec,
Canadá



Reunión técnica del
grupo NALCMS

2023
20 de marzo

Primera publicación
del conjunto de datos
de la cobertura del suelo
de América del Norte, 2020
(en línea)

2023
19 de julio

Primera publicación
del conjunto de datos
de cambios de la cobertura
del suelo de América
del Norte, 2015-2020
(en línea)

2024
18-19 de enero

Aguascalientes, Aguascalientes,
México



Reunión técnica del
grupo NALCMS

Programas nacionales sobre cobertura del suelo



Canadá

Proyecto de caracterización de la superficie terrestre de Canadá (Canada Land Surface Characterization Project),

Centro Canadiense de Teledetección (*Canada Centre for Remote Sensing*), ministerio de Recursos Naturales de Canadá (*Natural Resources Canada, NRCan*)

[Página web del programa](#)

Descripción del programa y objetivos

- Los productos sobre la cobertura del suelo de Canadá son fruto del trabajo realizado por el Centro Canadiense de Teledetección (CCRS), en el marco del Proyecto de caracterización de la superficie terrestre de Canadá. Como división del Centro Canadiense de Cartografía y Observación de la Tierra (CCMEO), el CCRS lleva a cabo investigaciones y pone a disposición conocimientos especializados en percepción remota a nombre del gobierno de Canadá.
- Este proyecto tiene por objetivo general elaborar un marco que permita caracterizar y monitorear la superficie terrestre a escala nacional, utilizando series temporales de datos adquiridos por satélite. Los productos resultantes detectan los cambios en el paisaje a lo largo del tiempo causados por factores naturales y humanos, con lo que contribuyen a tareas de monitoreo del uso del suelo y al proceso de documentar y comunicar el cumplimiento de los compromisos y acuerdos internacionales adoptados.

Proceso general para la generación de información sobre la cobertura del suelo de alcance nacional

- A efecto de generar series temporales de valores de reflectancia de la superficie terrestre a escala nacional y obtener información sobre la cobertura del suelo y sus cambios, se prepararon diversos métodos y programas informáticos. A partir de imágenes Landsat de varios años en todo Canadá, se produjeron mosaicos compuestos de la temporada de crecimiento de la vegetación — de mediados de

junio a mediados de septiembre —, utilizando un algoritmo multicriterio para seleccionar las mejores mediciones disponibles obtenidas de sensores remotos. En el caso del producto de cobertura del suelo de 2020, se utilizó un intervalo de tiempo entre 2019 y 2021, y se eligieron las mejores mediciones lo más cerca posible de la mitad de dicho intervalo.

- Se recopilaron y procesaron datos de referencia de alta calidad procedentes de diversas fuentes con fines de entrenamiento y validación, los cuales incluyeron parcelas en terreno, datos complementarios, mapas anteriores de la cobertura del suelo de Canadá, interpretación de fotografías aéreas o de satélite de muy alta resolución, e interpretación de especialistas de datos procedentes de Landsat y Sentinel-2. Estos datos de entrenamiento y validación fueron generados con la intención de representar la diversidad de los ecosistemas de Canadá.
- El CCRS desarrolló una técnica de clasificación de optimización local para aumentar la coherencia y precisión espacial de la cobertura del suelo. El procesamiento de datos se realizó utilizando un sistema de mosaico para facilitar el procesamiento distribuido. El entrenamiento y la clasificación con muestras de referencia locales en zonas parcialmente superpuestas — esto es, ventanas móviles — aseguraron la optimización del clasificador a una distribución local de la cobertura del suelo, y disminuyeron el efecto negativo de la

extensión de la firma espectral. La etiqueta final de cada pixel se determinó mediante una combinación ponderada de etiquetas de ventanas superpuestas. Las zonas urbanas y los suelos agrícolas se cartografiaron por separado utilizando fuentes de datos adicionales, como la densidad de carreteras, luces nocturnas y la clasificación de la extensión de la cobertura agrícola disponible, establecida por el ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*).

- A efecto de actualizar los datos de la cobertura del suelo entre un periodo y otro, se aplicó un método basado en cambios, mismos que se detectaron calculando parámetros temporales de la cobertura del suelo y utilizando estos datos para clasificar las clases “cambio” y “sin cambio”.
- Estas áreas de cambio se actualizaron clasificando la cobertura del suelo y rellenando los espacios vacíos. Con este método se garantiza un alto grado de coherencia entre los mapas de la cobertura del suelo y sólo se producen diferencias entre los mapas en las zonas en las que los cambios detectados tuvieron valores altos de confianza.
- Con base en interpretación visual se realizaron las tareas de posclasificación y evaluación de la calidad, para asegurar la coherencia espacial y temporal de los patrones de reflectancia y cobertura del suelo, así como para determinar la distribución general de la cobertura del suelo; identificar cualquier disparidad entre los límites de los mosaicos, y comparar los

productos finales con los conjuntos de datos disponibles a fin de garantizar la coherencia y la precisión.



En la página web del programa y en las publicaciones que figuran a continuación se ofrece información adicional.

Publicaciones seleccionadas

Latifovic, Rasim, Darren Pouliot, and Ian Olthof. 2017. “Circa 2010 Land Cover of Canada: Local Optimization Methodology and Product Development” *Remote Sensing* 9, no. 11: 1098. ([enlace](#))

Pouliot, D., R. Latifovic, and I. Olthof. 2017. “Development of a 30 m Spatial Resolution Land Cover of Canada: Contribution to the Harmonized North America Land Cover Dataset.” *American Geophysical Union, Fall Meeting 2017:GC52C-02*. New Orleans, LA, USA. ([enlace](#))

Latifovic, R., D. A. Pouliot, L. Sun, J. W. Schwarz, and W. Parkinson. 2015. “Moderate Resolution Time Series Data Management and Analysis: Automated Large Area Mosaicking and Quality Control” *Geomatics Canada, Open File 6*, no.25. ([enlace](#))





Estados Unidos

Base de Datos Nacional sobre la Cobertura del Suelo (National Land Cover Database, NLCD), Centro de Ciencia y Observación de Recursos Terrestres (*Earth Resources Observation and Science, EROS*), Servicio Geológico de Estados Unidos (*United States Geological Survey, USGS*)
[Página web del programa](#)

Descripción del programa y objetivos

- En asociación con el Consorcio de Características de la Tierra en Múltiples Resoluciones (*Multi-Resolution Land Characteristics Consortium, MRLC*), agrupación de dependencias federales estadounidenses encargada de coordinar la generación de información sobre la cobertura del suelo a escala nacional, el Centro EROS del USGS proporciona a la comunidad científica información sobre la cobertura de la superficie terrestre a través de los productos NLCD desde hace más de 20 años.
- El objetivo principal de la NLCD es facilitar información nacional completa, actualizada, coherente y de dominio público sobre la cobertura del suelo de Estados Unidos.

Proceso general de integración de datos de la cobertura del suelo de todo el país

- El producto de la NLCD se elabora principalmente a partir de la modelación del cambio de la cobertura del suelo a lo largo de un intervalo de varios años. En el caso del producto NLCD 2021, éste comprende el intervalo de tiempo entre 2019 y 2021 para la última edición, y utiliza imágenes compuestas generadas directamente con información Landsat, junto con imágenes sintéticas del programa LCMAP para producir imágenes en diferentes estaciones de foliación y defoliación.

- Se utilizaron distintos métodos de detección de cambios en función de la clasificación específica de la cobertura del suelo (bosque, cuerpo de agua o suelo agrícola, entre otras).
- El entrenamiento de la clasificación se basó en clasificaciones anteriores de la NLCD dirigidas a evitar el uso de datos en áreas que hubiesen experimentado cambios en el paisaje. Este cambio se generó con modelos de conjuntos de datos creados a partir de imágenes Landsat y sus índices derivados, productos de cambios espectrales, análisis de trayectorias y datos complementarios. Las áreas que habían sufrido cambios se eliminaron del entrenamiento y posteriormente fueron actualizadas para facilitar un entrenamiento correcto de aquellas donde se habían producido cambios en la cobertura del suelo en todo el país.
- La clasificación se llevó a cabo en varias iteraciones y sin tipos específicos de cobertura del suelo (asentamiento humano o humedal, por mencionar un ejemplo). La cobertura del suelo en áreas urbanas se derivó directamente de la proporción de superficie impermeable a partir del producto de superficie impermeable, mientras que la correspondiente a humedal, por ejemplo, se derivó de la integración de diferentes variables (como un índice de potencial de humedal calculado).

- Se desarrolló un proceso de refinamiento posterior a la clasificación que permite alinear la cobertura del suelo a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un bosque recién desmontado en un ciclo continuo de tala puede parecerse a muchos otros tipos de cobertura. En términos espectrales, el suelo desprovisto de vegetación puede imitar terrenos agrícolas, urbanizaciones nuevas u otros. El análisis a lo largo del tiempo alinea la sucesión de cambios de forma que se eliminan los cambios erróneos hacia áreas agrícolas o urbanas y se mantiene la sucesión forestal correcta (el ciclo de aprovechamiento o tala de bosques es de árbol a pastos, luego a arbustos y de nuevo a bosque).

En la página web del programa y en las publicaciones que figuran a continuación se ofrece información adicional.



Publicaciones seleccionadas

Wickham, James, Stephen V. Stehman, Daniel G. Sorenson, Leila Gass, and Jon A. Dewitz. 2023. "Thematic Accuracy Assessment of the NLCD 2019 Land Cover for the Conterminous United States." *GIScience & Remote Sensing* 60 (1): 2181143. ([enlace](#))

Jin, Suming, Jon Dewitz, Patrick Danielson, Brian Granneman, Catherine Costello, Kelcy Smith, and Zhe Zhu. 2023. "National Land Cover Database 2019: A New Strategy for Creating Clean Leaf-On and Leaf-Off Landsat Composite Images." *Journal of Remote Sensing* 3 (February):0022. ([enlace](#))

Jin, Suming, sjin@usgs.gov, Jon Dewitz, Congcong Li, Daniel Sorenson, Zhe Zhu, Md Rakibul Islam Shogib, et al. 2023. "National Land Cover Database 2019: A Comprehensive Strategy for Creating the 1986–2019 Forest Disturbance Product." *Journal of Remote Sensing* 3 (February):0021. ([enlace](#))





México

Monitoreo de la cobertura de suelo,
Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
[Página web del programa](#)

Descripción del programa y objetivos

- El programa de monitoreo de la cobertura del suelo de México es el resultado de la colaboración entre tres instituciones que aportan conocimientos especializados y los resultados de tres distintos proyectos de cartografía de la cobertura del suelo: el proyecto del Sistema de Monitoreo de Datos de Actividad del Programa REDD+ México (MAD-Mex), conducido por la CONABIO; el Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF), a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), y el programa de cartografía de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- El objetivo principal de estos programas es proporcionar información sobre la cobertura del suelo a escala nacional y regional en diferentes resoluciones espaciales y en intervalos de tiempo distintos. Gracias a la disponibilidad de estos datos históricos es posible realizar un análisis coherente de los cambios en la cobertura del suelo, además de obtenerse información valiosa para realizar estudios en los que la dinámica de la cobertura del suelo incide o se ve influida por diversos factores.

Proceso general de generación de información de la cobertura de suelo nacional

- El primer mapa de la serie de cobertura del suelo, con una resolución espacial de 30 metros (2010), se elaboró utilizando la edición 4.3 del proyecto del Sistema de Monitoreo de Datos de Actividad del Programa REDD+ México (MAD-MEX). Esta clasificación de la cobertura del suelo se basa en

imágenes Landsat obtenidas de los sensores Mapeador Temático (*Thematic Mapper*, TM) y Mapeador Temático Mejorado (*Enhanced Thematic Mapper Plus*, ETM+), que sirvieron como datos de entrada de un algoritmo automatizado que considera diversas características de la escena, como la reflectancia de la superficie, la nubosidad, los artefactos y vacíos de datos, junto con capas auxiliares y datos de referencia.

- En el mapa 2015, a diferencia del mapa de 2010, basado en sensores TM y ETM+, se emplearon imágenes RapidEye con una resolución espacial de 5 metros. El proceso cartográfico incluyó preprocesamiento, cálculo de atributos, segmentación de imágenes y extracción de polígonos de atributos basados en objetos. A cada polígono se asignó una clase de cobertura del suelo con un valor de confianza. Posteriormente, los polígonos con etiquetas temáticas y valores de confianza se convirtieron a formato ráster. En el último paso de posprocesamiento se analizaron los valores de confianza de las distintas clasificaciones por pixel, y se asignó la clase con la confianza más alta.
- Para el mapa de cobertura del suelo 2020 de México se llevó a cabo un proceso de detección de cambios a fin de evaluar las variaciones de la cobertura del suelo entre 2015 y 2020, siguiendo una metodología establecida por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Se crearon mosaicos a nivel nacional utilizando imágenes obtenidas del sensor *Operational Land Imager* (OLI) del Landsat 8, en los que se

incorporaron imágenes de 2018, 2019 y 2020, tomadas entre junio y octubre. La clasificación consistió en extraer polígonos de cambio del mosaico 2020 y actualizar las clases de cobertura del suelo en esas áreas.

- A efecto de asegurar una clasificación precisa y evitar cambios ilógicos, se aplicó un modelo condicional utilizando una matriz de posibles cambios permitidos en las clases de cobertura del suelo a lo largo de periodos de cinco años. Además, se definió un criterio de unidad mínima cartografiable, por el que se seleccionaron polígonos de más de 4,500 metros cuadrados (cinco píxeles de 30 metros). Por último, se evaluaron y perfeccionaron los principales cambios de la cobertura del suelo a través de interpretación visual.
- El proceso de clasificación de la cobertura del suelo en México también se benefició de la colaboración a escala nacional tanto con la CONAFOR como con el INEGI, por conducto de sus respectivas iniciativas en materia de cobertura del suelo:

CONAFOR: Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF), conjunto de procesos y herramientas utilizados para crear mapas y obtener información sobre la cubierta forestal y sus cambios con el paso del tiempo y así poder evaluar sus cambios en el país, entre los que figuran deforestación, degradación, recuperación, reforestación, forestación y otras transiciones, además de generar información para cumplir los diferentes requisitos de elaboración de informes relacionados con medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. ([enlace](#))

INEGI: Uso de suelo y vegetación ([enlace](#))

Se puede encontrar más información en las páginas web del programa y las distintas iniciativas, así como en las siguientes publicaciones.



Publicaciones seleccionadas

Colditz, Rene R., Ricardo M. Llamas, and Rainer A. Ressler. 2014. "Detecting Change Areas in Mexico Between 2005 and 2010 Using 250 m MODIS Images." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7 (8): 3358–72. ([enlace](#))

Colditz, René R., Gerardo López Saldaña, Pedro Maeda, Jesús Argumedo Espinoza, Carmen Meneses Tovar, Arturo Victoria Hernández, Carlos Zermeño Benítez, Isabel Cruz López, and Rainer Ressler. 2012. "Generation and Analysis of the 2005 Land Cover Map for Mexico Using 250m MODIS Data." *Remote Sensing of Environment* 123 (August):541–52. ([enlace](#))

Gebhardt, Steffen, Thilo Wehrmann, Miguel Angel Muñoz Ruiz, Pedro Maeda, Jesse Bishop, Matthias Schramm, Rene Kopeinig, et al. 2014. "MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data." *Remote Sensing* 6 (5): 3923–43. ([enlace](#))

INEGI. 2023. *Guía Para La Interpretación De Cartografía. Uso Del Suelo Y Vegetación Escala 1: 250 000. Serie VII.* Aguascalientes, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). ([enlace](#))



Clases de cobertura del suelo del NALCMS

Las 19 clases de cobertura del suelo del NALCMS se definen conforme a la norma del Sistema de Clasificación de la Cobertura del Suelo (*Land Cover Classification System, LCCS*), de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).⁵ Las clases de cobertura del suelo comprenden, entre otras, elementos naturales como bosques tropicales, matorrales, pastizales, cuerpos de agua y suelo desnudo, pero también elementos artificiales como suelos agrícolas o superficies cubiertas por asfalto.

- Bosque de coníferas templado o subpolar
- Bosque de coníferas (taiga) subpolar
- Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical
- Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical
- Bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar
- Bosque mixto
- Matorral tropical o subtropical
- Matorral templado o subpolar
- Matorral templado o subpolar
- Pastizal tropical o subtropical
- Pastizal templado o subpolar
- Matorral con líquenes y musgos subpolar o polar
- Pastizal con líquenes y musgos subpolar o polar
- Humedal
- Suelo agrícola
- Suelo desnudo
- Asentamiento humano
- Cuerpo de agua
- Nieve y hielo

A continuación, se describe cada una de las 19 clases de cobertura del suelo en las que se basan todos los productos del NALCMS



1 Bosque de coníferas templado o subpolar (LCCS #20134)

Bosques con árboles generalmente mayores a 3 m y que cubren más del 20% de área representada. Este tipo de cobertura se presenta a lo largo del norte de Estados Unidos, Canadá y zonas montañosas de México. Al menos el 75% del dosel está conformado por especies de coníferas.



2 Bosque de coníferas (taiga) subpolar (LCCS #20229)

Bosques con árboles generalmente mayores a 3 m y con un área superior al 5% cubierta de arbustos y líquenes en los estratos inferiores. Al menos el 75% del dosel está conformado por especies de coníferas. Este tipo de cobertura se presenta a lo largo de Alaska y el norte de Canadá y puede estar constituida por ciénegas arboladas o humedales. La densidad del dosel es variable y a menudo dispersa, generalmente es más abundante en sus zonas de distribución más meridionales en contraste con las áreas septentrionales.

⁵ FAO, "Land Cover Classification System (LCCS)" [Sistema de Clasificación de la Cobertura del Suelo], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.



3 Bosque de latifoliadas perennifolio tropical o subtropical (LCCS #20090)

Bosques con árboles generalmente mayores a 5 m y que cubren más del 20% del área representada. Estos bosques se localizan en la parte sur de Estados Unidos y en México. Al menos el 75% del dosel está compuesto por especies perennifolias.



4 Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical (LCCS #20132)

Bosques con árboles generalmente mayores a 5 m y que cubren más del 20% del área representada. Éstos se presentan en el sur de Estados Unidos y en México. Al menos el 75% del dosel de estos bosques está compuesto por especies caducifolias.



5 Bosque de latifoliadas caducifolio templado o subpolar (LCCS #20227)

Bosques con árboles generalmente mayores a 3 m y que cubren más del 20% del área representada. Éstos existen en el norte de Estados Unidos, Canadá y zonas montañosas de México. Al menos el 75% del dosel de estos bosques está compuesto por especies caducifolias.



6 Bosque mixto (LCCS #20092, #20090, #20134, #20132, #20229, #20227)

Bosques con árboles generalmente mayores a 3 m y que cubren más del 20% del área representada. Ninguna de las especies de coníferas o latifoliadas presentes ocupan un porcentaje mayor al 75% en el dosel, pero ambas son codominantes.



7 Matorral tropical o subtropical (LCCS #21450-13476)

Zonas predominantemente cubiertas por arbustos perennifolios de tallos leñosos menores a 5 m y que generalmente ocupan más del 20% del área representada. Esta clase se localiza en el sur de Estados Unidos y en México.



8 Matorral templado o subpolar (LCCS #21450-12050)

Zonas predominantemente cubiertas por arbustos perennifolios de tallos leñosos menores a 3 m de altura y que generalmente ocupan más del 20% del área representada. Esta clase se localiza a lo largo del norte de Estados Unidos, Canadá y las tierras altas de México.



9 Pastizal tropical o subtropical (LCCS #21669)

Zonas con predominio de gramíneas o vegetación herbácea que generalmente ocupa más del 80% del área representada. Estas zonas no están sujetas al manejo intensivo como cultivo, pero pueden ser utilizados como agostadero. Esta clase se localiza a lo largo del sur de Estados Unidos y en México.



10 Pastizal templado o subpolar (LCCS #21537-12212)

Zonas con predominio de gramíneas o vegetación herbácea que generalmente ocupa más del 80% del área representada. Estas zonas no están sujetas al manejo intensivo como cultivo, pero pueden ser utilizadas como agostadero. Esta clase se localiza en Canadá, Estados Unidos y las tierras altas de México.



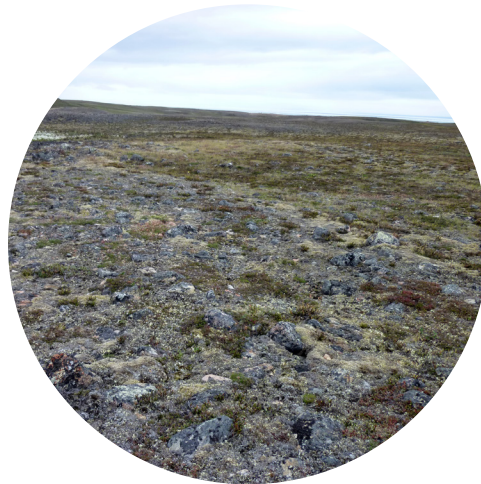
11 Matorral con líquenes y musgos subpolar o polar (LCCS #20022-12050, #21454-12212, #21439-3012)

Áreas con predominio de arbustos enanos con líquenes y musgo que ocupan al menos 20% del área representada. Esta clase se presenta a lo largo del norte de Canadá y Alaska.



12 Pastizal con líquenes y musgos subpolar y polar (LCCS #21454-12212, #20022-12050, #21439-3012)

Áreas con predominio de pastizales con líquenes y musgos que comúnmente cubren al menos el 20% del área representada. Esta clase se presenta a lo largo del norte de Canadá y Alaska.



13 Suelo desnudo con líquenes y musgos subpolar y polar (LCCS #21468, #21454-12212, #20022-12050)

Zonas mayormente cubiertas por una mezcla de áreas sin vegetación aparente con líquenes y musgo, comúnmente cubren al menos 20% del área representada. Esta clase se presenta a lo largo del norte Canadá y Alaska.



14 Humedal (LCCS #42349, #41809)

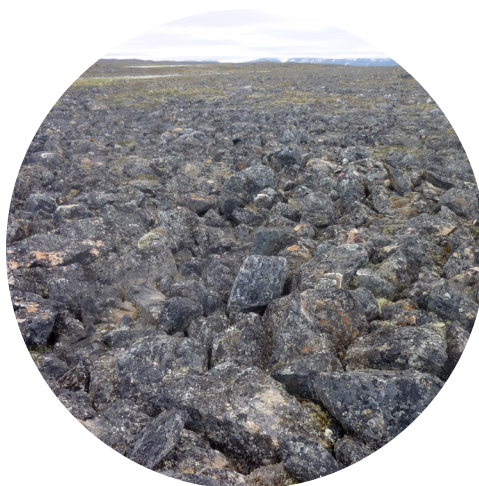
Áreas con predominio de vegetación herbácea perennifolia y de humedales arbóreos la cual es influenciada por el nivel freático localizado por encima o cercano a la superficie durante periodos prolongados de tiempo. Esto incluye ciénegas, pantanos, manglares, etc., ya sea en zonas costeras, o interiores donde la presencia de agua es persistente por largos periodos anualmente.



15 Suelo agrícola

(LCCS #10037, #10025, #21441, #21453)

Zonas predominantemente cubiertas por cultivos de manejo intensivo. Estas áreas comúnmente requieren actividad humana para su mantenimiento. La clase incluye áreas utilizadas en la producción de cultivos anuales, tales como maíz, soya, trigo, vegetales, tabaco, algodón, etc., además de pastos perennifolios para pastoreo y cultivo de árboles frutales o viñedos. La cobertura en suelo agrícola generalmente ocupa áreas mayores al 20% del total de la vegetación en el área representada. Esta clase no considera pastizales naturales utilizados en el pastoreo extensivo o moderado.



16 Suelo desnudo

(LCCS #6001, #6004)

Áreas caracterizadas por rocas expuestas, grava, arena, cieno, barro u otros materiales arcillosos, con inexistente o muy poca presencia de vegetación “verde” no obstante su capacidad para soportar organismos vivos. Comúnmente, un porcentaje inferior al 10% de esta clase está cubierto por vegetación.



17 Asentamiento humano

(LCCS #5003)

Áreas que contienen al menos un 30% o más de elementos urbanos consecuencia de actividades humanas (ciudades, pueblos, infraestructura de transporte, etc.).



18 Cuerpo de agua

(LCCS #8001, #7001)

Áreas cubiertas totalmente por agua, o que comúnmente presentan un porcentaje menor al 25% de otro tipo de coberturas.



19 Nieve y hielo

(LCCS #8005, #8008)

Áreas caracterizadas por una cubierta permanente de hielo y/o nieve, generalmente mayores al 25% del área representada.

Productos del NALCMS

Proceso de armonización del NALCMS

Para la integración de un mapa homogéneo (sin cortes) de la cobertura del suelo de América del Norte, las cuatro secciones nacionales que comprenden la región – Canadá, el territorio de los 48 Estados Unidos Contiguos (CONUS, por sus siglas en inglés), Alaska y México – se reproyectan a partir de sus respectivos sistemas de coordenadas nacionales en la proyección acimutal de áreas equivalentes de Lambert que es usada como estándar por la CCA, centrada en 100° oeste y 45° norte. El datum se determina con relación a una esfera con un radio de 6,370,997 m, alineada con cuadrícula ráster común.

Las áreas dispersas con pequeñas manchas de píxeles vacíos, sobre todo en las regiones septentrionales o en los cuerpos de agua transfronterizos, se rellenan utilizando la información de los píxeles adyacentes o los datos de referencia de mapas de cobertura del suelo anteriores.

Las franjas de agua oceánica presentes en los litorales de algunos de los productos nacionales de cobertura del suelo se eliminan para definir con mayor precisión las líneas costeras, al tiempo que se asegura que las zonas clasificadas como área terrestre permanezcan intactas. Las lagunas costeras, bahías, deltas fluviales, estuarios y otras salidas al mar se separan de las aguas oceánicas por interpretación visual, utilizando una combinación de diversas fuentes de referencia.

La totalidad de secciones del mapa se integran en un marco de referencia común y se ajustan los bordes a lo largo de las fronteras de los países a fin de evitar discontinuidades en las áreas de unión. Los píxeles vacíos entre los bordes de las secciones se rellenan utilizando fuentes adicionales como mapas anteriores de la cobertura del suelo, o bien recurriendo a análisis de mayoría de píxeles o a edición manual.

Se aplica una unidad mínima cartografiable de 5 píxeles conectados utilizando la herramienta “Smart Eliminate”, desarrollada por el USGS como parte del proyecto NLCD. Aunque esta herramienta permite excluir clases específicas – el fondo, por ejemplo – del análisis de la unidad mínima cartografiable, se consideraron todas las clases, incluido el fondo. De este modo se garantiza la eliminación de los píxeles individuales o de los pequeños parches de píxeles en las zonas marítimas que quedan tras eliminar las franjas de agua más allá de las líneas costeras.

Los archivos finales del mapa de la cobertura del suelo se exportan en formato TIFF de 8 bits, al que se aplica el esquema de color NALCMS. Los nombres de las clases de cobertura del suelo, en español, francés e inglés, para las 19 clases NALCMS se añaden a los archivos auxiliares del mapa, se calculan las estadísticas del archivo y se generan las pirámides ráster para una visualización más rápida





Cobertura del suelo de América del Norte, 2005

(MODIS, 250m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, con una resolución espacial de 250 m, ofrece una imagen homologada de la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente con base en imágenes obtenidas en 2005 por el sensor MODIS (Espectrorradiómetro de Formación de Imágenes de Resolución Media, por sus siglas en inglés).

Ediciones

Edición 3, 2005, 250m (publicada en 2013)

En la tercera edición del mapa de la cobertura del suelo de América del Norte de 2005, con una resolución espacial de 250 m, se han eliminado las franjas de agua a lo largo de la costa de toda la región. De este modo se garantiza la coherencia en los cálculos estadísticos de la clase 18 (cuerpo de agua) sin incorporar aguas oceánicas.

Nota: Los productos de cobertura del suelo y cambios de la cobertura del suelo, con una resolución espacial de 250 m, se consideran ahora "productos históricos" y no volverán a actualizarse.



Cobertura del suelo de América del Norte, 2010

(MODIS, 250m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, con una resolución espacial de 250 m, ofrece una imagen homologada de la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente con base en imágenes obtenidas en 2010 por el sensor MODIS (Espectrorradiómetro de Formación de Imágenes de Resolución Media, por sus siglas en inglés).

Ediciones

Edición 2, 2010, 250m (publicada en 2013)

En esta edición del mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, con una resolución espacial de 250 m, se han eliminado las franjas de agua a lo largo de la costa de América del Norte. De este modo se garantiza la coherencia en los cálculos estadísticos de la clase 18 (cuerpo de agua) sin incorporar las aguas oceánicas.

Nota: Los productos de cobertura del suelo y cambios de la cobertura del suelo, con una resolución espacial de 250 m, se consideran ahora "productos históricos" y no volverán a actualizarse.



Cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2005-2010

(MODIS, 250m)

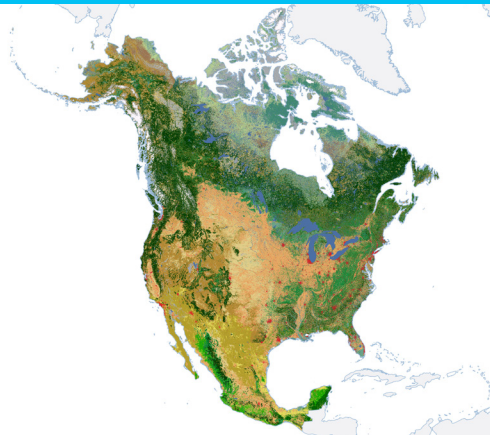
[Página web](#)

Descripción

Este mapa muestra los cambios en la cobertura del suelo de América del Norte entre 2005 y 2010, con una resolución espacial de 250 m. El producto del NALCMS mostrado en este mapa representa la cobertura del suelo con base en compuestos mensuales de imágenes con una resolución espacial de 250 m obtenidas en 2005 y 2010 por el sensor MODIS (Espectrorradiómetro de Formación de Imágenes de Resolución Media, por sus siglas en inglés).

Los productos de cambios de la cobertura del suelo se derivan siempre de la última edición disponible de los respectivos productos de cobertura del suelo.

Nota: Los productos de cobertura del suelo y cambios de la cobertura del suelo, con una resolución espacial de 250 m, se consideran ahora "productos históricos" y no volverán a actualizarse.



Cobertura del suelo de América del Norte, 2010

(Landsat, 30m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, con una resolución espacial de 30 m, ofrece una imagen homologada de la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente con base en imágenes obtenidas en 2010 por el sensor Landsat.

Ediciones

Edición 1, 2010 (publicada en 2017)

Canadá

Los datos de la cobertura del suelo proceden del Centro Canadiense de Teledetección (*Canada Centre for Remote Sensing*, CCRS) y corresponden al año 2010. Los datos fueron proporcionados en las 19 clases del esquema de clasificación NALCMS. El mapa fuente se elaboró utilizando información de los sensores TM y ETM+ Landsat.

Estados Unidos

Los datos de la cobertura del suelo de Alaska y el territorio de los 48 Estados Unidos Contiguos proceden de la Base de Datos Nacional sobre la Cobertura del Suelo (*National Land Cover Database*, NLCD) de 2011, y fueron transformados al esquema de clasificación NALCMS mediante un ejercicio de correspondencia cruzada definido por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El mapa fuente se elaboró utilizando información de los sensores TM y ETM+ Landsat.

México

Los datos se extrajeron del mapa de cobertura del suelo MAD-MEX (edición 4.3) proporcionado por la CONABIO. El mapa fuente se elaboró utilizando información de los sensores TM y ETM+ Landsat.

América del Norte

El tamaño de la unidad mínima cartografiada para la primera edición se determinó en 1 píxel para la clase

correspondiente a asentamiento humano y en 5 píxeles para el resto de las clases de cobertura del suelo del esquema de clasificación NALCMS. Esta edición del mapa mostraba una franja de agua oceánica a lo largo de la costa de los tres países.

Edición 2, 2010 (publicada en 2020)

América del Norte

Las franjas de agua a lo largo de la línea costera se eliminaron con el propósito de asegurar la coherencia en los cálculos estadísticos de la clase 18 (cuerpo de agua), sin incorporar las aguas oceánicas. En los tres países se produjo un cambio en la unidad mínima cartografiada. A diferencia de la edición 1, para la cual la unidad mínima se definió en 1 píxel para la clase de asentamiento humano y en 5 píxeles para el resto de las clases de cobertura del suelo, en la edición 2 se definió una unidad mínima cartografiada estándar de 5 píxeles para todas las clases.

En el cálculo de la unidad mínima cartografiada se excluyó la clase 0 (fondo). Ninguna agrupación de menos de 5 píxeles rodeada de áreas de clase 0 (por ejemplo, píxeles en zonas marítimas) se eliminó y, por tanto, se conservaron en el mapa. No se realizaron cambios a lo largo de la línea costera, ya que no se permitió que áreas de clase 0 se expandieran.

Edición 3, 2010 (publicada en 2024)

Canadá

La tercera edición integra una actualización del conjunto de datos de la cobertura del suelo de Canadá, facilitada por el CCRS en febrero de 2024. La edición

más reciente del conjunto de datos de la cobertura del suelo canadiense, correspondiente a 2010, se deriva de la detección actualizada de las zonas donde se produjeron cambios entre 2015 y 2010, a partir del mapa de cobertura del suelo, 2015, previamente actualizado y, a su vez, resultado de la detección de cambios observados entre 2020 y 2015. El mapa de la cobertura del suelo de Canadá de 2020 es el resultado de la optimización de los métodos de clasificación empleados en la primera edición de los mapas. Como resultado, Canadá toma 2020 como año base para la detección de cambios en lugar de 2010.

De acuerdo con información del CCRS, la actualización más reciente de la serie cronológica de la cobertura del suelo incluye mejoras en la cartografía de las zonas mineras. Se utilizaron datos de alta resolución e información complementaria para verificar y mejorar la precisión en estas áreas, además de haberse realizado pequeños ajustes en algunas ciudades. Fue necesario incorporar algunas correcciones porque ciertas partes de las zonas mineras estaban etiquetadas como suelos desnudos o con poca vegetación.

Las zonas dispersas con pequeños parches de píxeles vacíos en el norte de Quebec y la península de Labrador se corrigieron rellenándolas con valores extraídos del mapa previo de cobertura del suelo de Canadá, 2010.

Estados Unidos

El mapa más reciente del USGS para Alaska, presentado en febrero de 2024, incorpora una red de carreteras notablemente mejorada, sobre todo en el extremo norte. El mapa es más limpio a lo largo de la costa ártica, ya que presenta menos zonas moteadas con píxeles erróneos sobre la franja de agua oceánica original. Además, ofrece una representación más precisa de las islas alargadas del océano Ártico, muchas de las cuales no aparecían en la segunda edición del mapa de América del Norte, 2010, del NALCMS. También se rellenaron algunos píxeles vacíos del territorio continental utilizando los valores de los píxeles colindantes.

De forma similar a la sección de Alaska del mapa de América del Norte, el USGS presentó una edición actualizada del mapa de cobertura del suelo del territorio de los 48 de Estados Unidos Contiguos, en febrero de 2024. Esta nueva edición se transformó para adecuarla al esquema de clasificación de la cobertura del suelo del NALCMS y se basa en la edición más reciente de la Base de Datos Nacional sobre la Cobertura del Suelo (NLCD) de 2011. En comparación con las ediciones anteriores, este mapa actualizado presenta una línea costera delineada con mayor precisión y menos zonas con píxeles erróneamente clasificados esparcidos sobre la franja de agua oceánica a lo largo de la costa.

A efecto de convertir las clases del esquema de clasificación de la NLCD a las del NALCMS fue necesario recurrir al uso de máscaras tanto para

delinear las áreas subtropicales en el territorio contiguo de los Estados Unidos, como para las áreas subpolares en Alaska. La utilización de dicho enmascaramiento responde a la necesidad de diferenciar las zonas templadas de las subtropicales o subpolares.

Al igual que en la edición anterior, se eliminó la franja de agua oceánica integrada en cada entrega del USGS, a fin de asegurar la coherencia en el cálculo de todas las clases de cobertura del suelo, incluidos los cuerpos de agua continentales, y así evitar la inclusión de las zonas marítimas.

México

La sección del mapa de la cobertura del suelo de América del Norte correspondiente a México no requirió actualizarse. La segunda edición del mapa de México del NALCMS se utilizó como información de entrada para la tercera del mapa de la cobertura del suelo de América del Norte.

América del Norte

La unidad mínima cartografiada se mantiene en 5 píxeles para todas las clases; sin embargo, en esta nueva edición se ha incluido la clase 0 (fondo), lo que permite reclasificar como fondo los parches de píxeles menores que 5 píxeles rodeados por áreas de clase 0. Este ajuste sirve para eliminar los píxeles individuales o los parches pequeños de píxeles en las zonas marinas resultantes de la eliminación de las franjas de agua oceánica. Además, este cambio permite que la clase 0 se expanda a lo largo de la costa en los casos en que los parches de píxeles de tamaño reducido no estuviesen rodeados en su mayor parte por otros valores de cobertura del suelo.



Cobertura del suelo de América del Norte, 2015

(Landsat y RapidEye, 30m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, con una resolución espacial de 30 m, ofrece una imagen homologada de la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente con base en imágenes obtenidas en 2015 por el sensor Landsat sobre Canadá y los Estados Unidos; y el sensor RapidEye sobre México.

Ediciones

Edición 1, 2015 (publicada en 2020)

Canadá

Los datos de cobertura del suelo proporcionados por el CCRS corresponden al año 2015 y ya se distribuyen en las 19 clases del esquema de clasificación NALCMS. El conjunto de datos sobre la cobertura del suelo de Canadá se elaboró a partir de observaciones del sensor *Operational Land Imager* (OLI) Landsat.

Estados Unidos

Los datos de cobertura del suelo de Alaska y del territorio de los 48 Estados Unidos Contiguos se obtuvieron de la NLCD de 2016 y el USGS se encargó de adaptarlos al esquema de clasificación NALCMS.

México

A diferencia del mapa de cobertura del suelo 2010 del NALCMS, elaborado a partir de información de sensores a bordo de satélites Landsat, el conjunto de datos de cobertura del suelo 2015 de México se basa en el mapa MAD-MEX correspondiente, derivado de datos obtenidos por RapidEye con una resolución de 5 metros. El mapa MAD-MEX de 2015 se remuestreó a 30 m para alinearlo con la resolución de los otros mapas nacionales de América del Norte, y la leyenda del mapa se integró en el esquema de clasificación NALCMS.

América del Norte

La franja de agua oceánica a lo largo de la costa se eliminó para preservar la consistencia en los cálculos estadísticos para la clase 18 (cuerpo de agua), excluyendo zonas marítimas.

Se estableció una unidad mínima cartografiable de 5 píxeles para todas las clases. Al definir esta unidad mínima, se excluyó de los cálculos la clase 0 (fondo). Las agrupaciones menores de 5 píxeles rodeadas de áreas de clase 0 (como los píxeles de las zonas oceánicas) no se eliminaron y se mantuvieron visibles en el mapa.

Edición 2, 2015 (publicada en 2020)

Estados Unidos

En julio de 2020, el USGS presentó un mapa actualizado de la cobertura del suelo de Alaska, que posteriormente se integró en el mapa continental, para sustituir la primera edición.

Al igual que en la edición anterior, se eliminó la franja de agua oceánica para preservar la coherencia en el cálculo de estadísticas de todas las clases de cobertura del suelo, incluidas las aguas continentales, y evitar la inclusión de las zonas marítimas.

Edición 3, 2015 (publicada en 2023)

Canadá

La cobertura del suelo correspondiente a la sección de Canadá se actualizó utilizando una edición revisada del conjunto de datos canadiense, publicado el 1 de mayo de 2023.

Se eliminó la franja de agua oceánica presente en el mapa proporcionado por el CCRS para garantizar la coherencia en el cálculo de todas las clases de cobertura del suelo, incluidas las aguas continentales, y evitar la inclusión de las áreas marítimas. Las zonas dispersas con pequeños parches de píxeles vacíos en la parte norte de Quebec y la península de Labrador se corrigieron rellenándolas con valores del mapa anterior de cobertura del suelo de Canadá 2015.

Edición 4, 2015 (publicada en 2024)

Canadá

La cuarta edición incorpora un conjunto de datos actualizado de la cobertura del suelo canadiense facilitado por el CCRS en febrero de 2024. Esta última iteración del conjunto de datos de la cobertura del suelo de Canadá correspondiente a 2015 se basa en una detección de cambios actualizada de 2020 a 2015. Al emplearse técnicas de clasificación perfeccionadas en el mapa 2020, Canadá ha establecido ese como el año de referencia para la detección de cambios, en sustitución del año base anterior: 2010.

Como señala el CCRS, la más reciente actualización de la serie cronológica de la cobertura del suelo presenta mejoras en el levantamiento cartográfico de las regiones mineras: se emplearon datos de alta resolución, junto con información adicional, para verificar y mejorar la precisión en aquellas zonas, y se efectuaron pequeños ajustes en determinadas zonas de asentamientos humanos. Estas correcciones resultaron imprescindibles, ya que algunos segmentos de las regiones mineras se habían clasificado como suelos desnudos o con escasa vegetación.

En el norte de Quebec y la península de Labrador, las zonas dispersas con pequeños grupos de píxeles vacíos se rectificaron rellenándolas con valores del mapa anterior de cobertura del suelo de Canadá, 2015.

Estados Unidos

Las secciones de Alaska y el territorio contiguo de Estados Unidos del mapa de cobertura del suelo de América del Norte representan una actualización proporcionada por el USGS en febrero de 2024. Ambos mapas se generaron a partir de la última edición de los productos de la NLCD de 2016 tanto para Alaska como para el área de los 48 Estados Unidos Contiguos. El USGS se encargó de que el esquema de clasificación de la NLCD concordase con las 19 clases de cobertura del suelo utilizadas en el NALCMS.

A fin de diferenciar las áreas subpolares de las templadas en Alaska, se utilizó un conjunto de datos en el que se identificaban las zonas de permafrost para determinar las posibles regiones subpolares. Las áreas del conjunto de datos con valores superiores o iguales a una presencia de permafrost superior a 50% se consideraron subpolares. Para generar el enmascaramiento subpolar final fue necesario realizar algunas modelizaciones localizadas y ediciones manuales adicionales.

Algunos píxeles vacíos en la parte continental se rellenaron utilizando valores de píxeles adyacentes. Al igual que en las ediciones anteriores, la franja de agua oceánica presente en cada entrega del USGS se

eliminó para preservar la coherencia en el cálculo de todas las clases de cobertura del suelo, incluidas las aguas continentales, y evitar así la inclusión de las áreas marítimas.

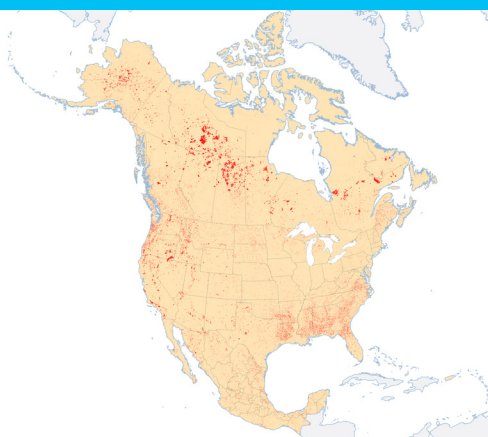
México

La sección de México del mapa de América del Norte no se actualizó en la cuarta edición del mapa NALCMS, 2015. La versión utilizada para el mapa de México sigue correspondiendo a su primera edición.

América del Norte

La franja de agua oceánica a lo largo de la línea costera se eliminó para preservar la coherencia en los cálculos estadísticos para la clase 18 (cuerpo de agua), excluyendo zonas marítimas.

La unidad mínima cartografiable se mantiene en 5 píxeles para todas las clases; sin embargo, esta nueva edición integra áreas de clase 0 (fondo), lo que permite la reclasificación de parches de menos de 5 píxeles como fondo. Esta modificación facilita la eliminación de píxeles aislados o pequeñas manchas en las áreas marítimas, que persistieron tras la eliminación de la franja de agua oceánica. Además, este cambio permite que la clase 0 se extienda a lo largo de la costa si las pequeñas manchas de píxeles no están rodeadas principalmente por otros valores de clase terrestre.



Cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2010–2015

(Landsat, 30m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa muestra los cambios en la cobertura del suelo de América del Norte entre 2010 y 2015, con una resolución espacial de 30 m. El producto del NALCMS mostrado en este mapa representa la cobertura del suelo con base en compuestos mensuales de imágenes obtenidas por el sensor Landsat en 2010 y 2015.

Los productos de cambios de la cobertura del suelo se derivan siempre de la última edición disponible de los respectivos productos.



Cobertura del suelo de América del Norte, 2020

(Landsat, 30m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa de la cobertura del suelo de América del Norte ofrece una imagen homologada de la cubierta física observada en la superficie terrestre del subcontinente, con una resolución espacial de 30 m e integrada a partir de imágenes obtenidas por sensores Landsat sobre Canadá, Estados Unidos y México.

Ediciones

Edición 1, 2020 (publicada en 2023)

Canadá

Esta edición del conjunto de datos de la cobertura del suelo de Canadá corresponde a un producto elaborado por el CCRS a partir de la detección de cambios entre 2015 y 2020. La cobertura del suelo de

Canadá para 2015 se calculó previamente a partir de la detección de cambios entre 2010 y 2015, siendo 2010 el año base establecido en esa edición para definir las series de tiempo de la cobertura del suelo canadiense a intervalos de cinco años. El conjunto de datos de la cobertura del suelo de Canadá se elaboró a partir de observaciones del sensor *Operational Land Imager* (OLI) Landsat.

En la parte norte de Quebec y la península de Labrador, las zonas dispersas con pequeños grupos de píxeles vacíos se rectificaron rellenándolas con valores de la última edición del mapa de cobertura del suelo correspondiente a 2015.

Estados Unidos

A diferencia de los mapas NALCMS de 2010 y 2015, que representaban un intervalo de tiempo de cinco años basado en datos de la NLCD de 2011 y 2016, el mapa de América del Norte de 2020 presenta un intervalo de tres años de cambios en la cobertura del suelo para el territorio de los 48 Estados Unidos Contiguos (CONUS, por sus siglas en inglés), al tiempo que mantiene un intervalo de cinco años para Alaska. El mapa 2019 de la NLCD para CONUS era la versión disponible en el momento de integrar el mapa de América del Norte y fue la misma que el USGS empleó para crear el mapa correspondiente en el esquema de clasificación NALCMS.

Para Alaska, el USGS proporcionó un mapa de cobertura del suelo correspondiente a 2021, generado en febrero de 2023. El mapa de Alaska utilizado para obtener las clases de la NLCD equivalentes en el esquema de clasificación del NALCMS es un archivo interno que aún no se ha puesto a disposición del público.

México

A diferencia del mapa de cobertura del suelo de México utilizado en 2015, el cual se obtuvo a partir de un mapa de entrada con un tamaño de celda de 5 metros, el mapa de cobertura del suelo correspondiente a 2020 proporcionado por la CONABIO se basa en datos Landsat con una resolución de 30 m y se generó a partir de la detección de cambios entre los datos satelitales de 2015 y 2020.

América del Norte

La franja de agua oceánica a lo largo de la línea costera se eliminó para preservar la coherencia en los cálculos estadísticos para la clase 18 (cuerpo de agua), excluyendo zonas marítimas.

Se estableció una unidad mínima cartografiada de 5 píxeles para todas las clases, y se excluyó de los cálculos el área correspondiente a la clase 0 (fondo). Las agrupaciones menores de 5 píxeles rodeadas de áreas de clase 0 (como las zonas oceánicas) no se eliminaron y se mantuvieron visibles en el mapa.

Edición 2, 2020 (publicada en 2024)

Canadá

El mapa empleado para Canadá corresponde a una actualización proporcionada por el CCRS en febrero de 2024. El mapa de la cobertura del suelo de Canadá para 2020 es el resultado de la optimización de los métodos de clasificación aplicados en la primera edición de los mapas. Por ello Canadá utiliza ahora 2020 como año base para la detección de cambios, en sustitución del año base anterior de 2010.

De acuerdo con información proporcionada por el CCRS, la última actualización de la serie cronológica de la cobertura del suelo incluye mejoras en el levantamiento cartográfico de las regiones mineras: se utilizaron datos de alta resolución, junto con

información complementaria, para verificar y mejorar la precisión en estas zonas mineras, así como para realizar pequeños ajustes en determinadas áreas urbanas. Estas correcciones resultaron imprescindibles, ya que algunos segmentos de las regiones mineras se habían clasificado como suelos desnudos o con escasa vegetación.

Las zonas dispersas con pequeños parches de píxeles vacíos en el norte de Quebec y la península de Labrador se corrigieron rellenándolas con valores extraídos de la edición previa del mapa de cobertura del suelo de Canadá, 2020.

Estados Unidos

Las secciones correspondientes a Alaska y el territorio contiguo de Estados Unidos en el mapa de cobertura del suelo de América del Norte reflejan la actualización realizada por el USGS en febrero de 2024. A diferencia de la primera edición, en la que los datos de CONUS procedían de la NLCD 2019, esta nueva edición restablece los intervalos de cinco años para todas las secciones del mapa, ya que los datos de entrada para CONUS proceden ahora de la NLCD 2021.

Para Alaska, el USGS proporcionó en febrero de 2024 una nueva edición del mapa, con datos de la cobertura del suelo de 2021. El mapa actualizado de Alaska utilizado para definir las clases de la NLCD correspondientes con el esquema de clasificación del NALCMS es un archivo interno que aún no se ha puesto a disposición del público.

A fin de distinguir las áreas subpolares de las templadas en Alaska, se utilizó un conjunto de datos en el que se identificaban las regiones con permafrost para definir las posibles zonas subpolares. Las regiones con presencia de permafrost igual o superior

a 50 % se clasificaron como subpolares. Fue necesario realizar una modelización localizada adicional y una edición manual para producir el enmascaramiento subpolar final.

Algunos píxeles vacíos en la parte continental se rellenaron utilizando valores de píxeles adyacentes. Como en ediciones anteriores, se eliminó la franja de agua oceánica incluida en cada entrega del USGS a efecto de asegurar que se guardara coherencia en el cálculo de todas las clases de cobertura del suelo, incluidas las aguas continentales, y evitar la inclusión de las áreas marítimas.

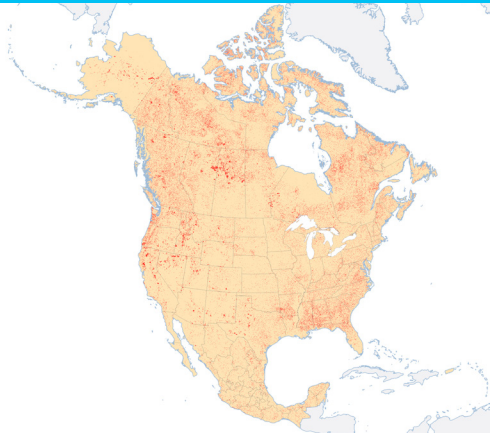
México

La sección de México del mapa de cobertura del suelo de América del Norte no requirió actualizaciones. La primera edición del mapa de México del NALCMS se utilizó de entrada para la segunda.

América del Norte

La franja de agua oceánica a lo largo de la línea costera se eliminó para preservar la coherencia en los cálculos estadísticos para la clase 18 (cuerpo de agua), excluyendo zonas marítimas.

La unidad mínima cartografiada se mantiene en 5 píxeles para todas las clases; sin embargo, en esta nueva edición se ha incluido la clase 0 (fondo), lo que permite reclasificar como fondo los parches de píxeles de menos de 5 píxeles rodeados por áreas de clase 0. Este ajuste sirve para eliminar los píxeles individuales o los parches pequeños de píxeles en la zona marina resultantes de la eliminación de las franjas de agua oceánica. Además, este cambio permite que la clase 0 se expanda a lo largo de la costa en los casos en que los parches de píxeles de tamaño reducido no estuviesen rodeados, en su mayor parte, por otros valores de cobertura del suelo.



Cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2015–2020

(Landsat, 30m)

[Página web](#)

Descripción

Este mapa muestra los cambios en la cobertura del suelo de América del Norte entre 2015 y 2020, con una resolución espacial de 30 m. El producto del NALCMS mostrado en este mapa representa la cobertura del suelo con base en compuestos mensuales de imágenes obtenidas por el sensor Landsat en 2015 y 2020.

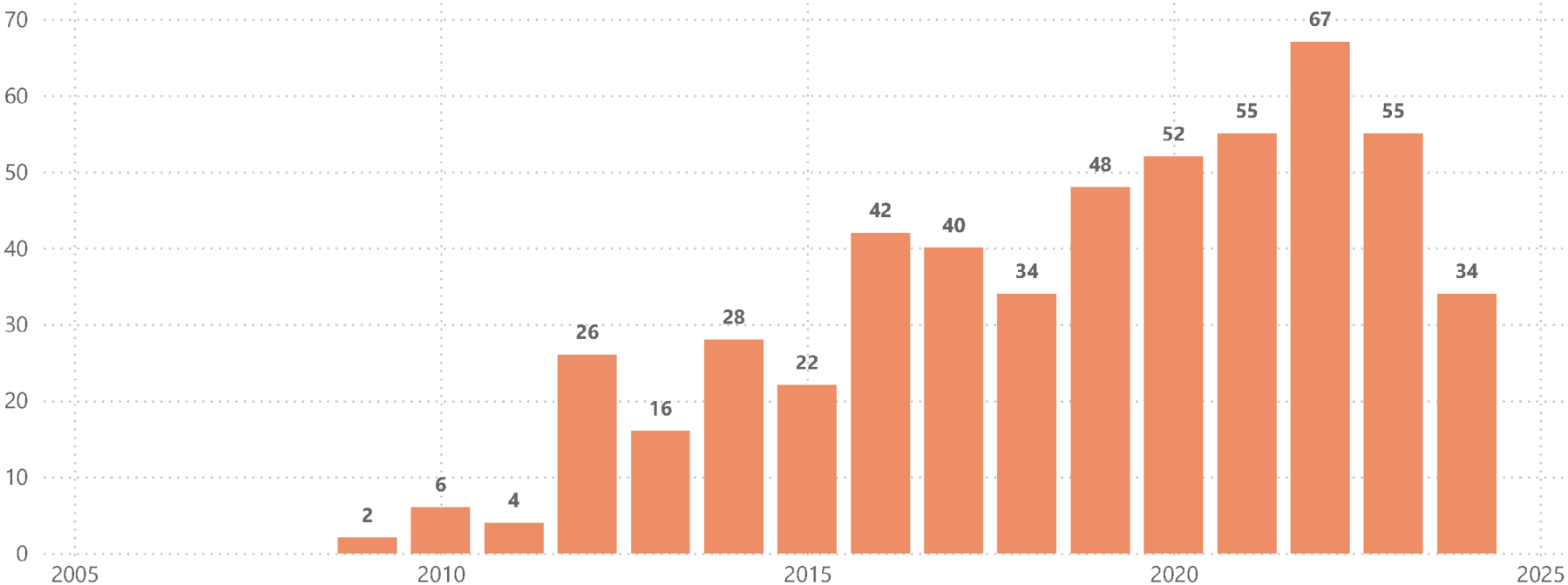
Los productos de cambios de la cobertura del suelo se derivan siempre de la última edición disponible de los respectivos productos.



Para obtener más información y consultar todos los productos, visite [la página web del NALCMS](#)

Aplicación del NALCMS en la investigación y la toma de decisiones

Al paso del tiempo se han publicado más de 500 artículos de investigación, así como elaborado herramientas y realizado presentaciones que ilustran el aprovechamiento de los productos del NALCMS, tanto al interior de los tres países de América del Norte como en la esfera internacional (a septiembre de 2024).





Ejemplos de publicaciones externas

Se presenta a continuación una selección de diez ejemplos que muestran de qué manera distintos autores y entidades — entre las que se cuentan dependencias de gobierno, instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales — han recurrido a productos del NALCMS. Puede consultarse una lista exhaustiva y actualizada de todas las publicaciones que muestran los productos del NALCMS, así como estos ejemplos seleccionados, en la página web del Atlas ambiental de América del Norte. ([enlace](#))

Great Lakes mercury connections — The extent and effects of mercury pollution in the Great Lakes Region [Conexiones del mercurio en los Grandes Lagos: alcance y efectos de la contaminación por mercurio en esa región] (2011) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- David C. Evers, Instituto de Investigaciones sobre Biodiversidad (*Biodiversity Research Institute*)
- James G. Wiener, Instituto de Investigaciones sobre Biodiversidad / Universidad de Wisconsin, La Crosse
- Charles T. Driscoll, Instituto de Investigaciones sobre Biodiversidad / Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Syracuse
- David A. Gay, Instituto de Investigaciones sobre Biodiversidad / Programa Nacional de Deposition Atmosférica, Estudio Hidrológico del Estado de Illinois (*National Atmospheric Deposition Program, Illinois State Water Survey*), Universidad de Illinois
- Niladri Basu, Instituto de Investigaciones sobre Biodiversidad / Departamento de Ciencias de Salud

Ambiental, Escuela de Salud Pública (*Department of Environmental Health Science, School of Public Health*), Universidad de Michigan

Auspiciado por la Comisión de los Grandes Lagos, el objetivo de este proyecto consistió en fomentar la colaboración entre investigadores y responsables de la toma de decisiones de Canadá y Estados Unidos en torno a la contaminación por mercurio en la región de los Grandes Lagos. Se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, para delimitar la región de los Grandes Lagos y la cuenca de drenaje, y estudiar la influencia de los tipos de cobertura del suelo (por ejemplo, bosques, suelos agrícolas) en la acumulación de mercurio en esa zona.

Palabras clave: mercurio, cuenca de drenaje, Grandes Lagos, colaboración, peces

Landscape Genetics of Leaf-Toed Geckos in the Tropical Dry Forest of Northern Mexico [Genética del paisaje del gecko manos de hoja en la selva tropical seca del norte de México] (2013) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Christopher Blair, Departamento de Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Toronto / Departamento de Historia Natural, Museo Real de Ontario
- Víctor H. Jiménez Arcos, Laboratorio de Herpetología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
- Fausto R. Méndez de la Cruz, Laboratorio de Herpetología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
- Robert W. Murphy, Departamento de Ecología y Biología Evolutiva, Universidad de Toronto / Departamento de Historia Natural, Museo Real de

Ontario / Laboratorio Estatal Clave de Recursos Genéticos y Evolución, Instituto de Zoología de Kunming, Academia China de las Ciencias

La fragmentación del hábitat puede afectar la variación genética de una especie en distintos espacios. En este estudio se examina cómo los cambios en el paisaje — la deforestación, por ejemplo — afectan esta variación genética en los geckos panza amarilla (*Phyllodactylus tuberculatus*), con objeto de orientar las acciones de conservación en el contexto de los bosques tropicales secos. Esta investigación se sirvió del producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, reclasificando los datos en función del hábitat no boscoso frente al boscoso, e identificando superficies de resistencia que representan el grado en que alguna característica del paisaje impide o facilita el movimiento de una especie.

Palabras clave: biodiversidad, fragmentación del hábitat, variación genética, bosque tropical seco, conservación de especies

A Concise Experiment Plan for the Arctic-Boreal Vulnerability Experiment [Plan conciso para experimentos a seguir en el Experimento de la vulnerabilidad de las regiones boreales del Ártico] (2014) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Eric S. Kasischke, Universidad de Maryland
 - Daniel J. Hayes, Laboratorio Nacional de Oak Ridge
 - Sharon Billings, Universidad de Kansas
 - Natalie Boelman, Observatorio de la Tierra Lamont-Doherty, Universidad de Columbia
 - Stephen Colt, Universidad de Alaska, Anchorage
- El plan conciso para experimentos identifica las investigaciones a efectuar en el marco del programa

Experimento de la Vulnerabilidad de las Regiones Boreales del Ártico (*Arctic-Boreal Vulnerability Experiment*, ABoVE) de la NASA (above.nasa.gov), un estudio a gran escala del cambio ambiental en la zona boreal ártica del oeste de América del Norte y sus implicaciones para los sistemas socioecológicos. En dicho plan se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, a fin de identificar los tipos de cobertura del suelo dentro del ámbito de dicho estudio.

Palabras clave: NASA, ABoVE, cambio climático, modelización, toma de decisiones

Potential relocation of climatic environments suggests high rates of climate displacement within the North American protection network [Posible reubicación de entornos climáticos sugiere altos índices de desplazamiento climático en el interior de la red de protección de América del Norte] (2017) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Enric Batllori, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) / Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)
- Marc-André Parisien, Centro Forestal del Norte, Servicio Forestal Canadiense, ministerio de Recursos Naturales de Canadá (*Northern Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada*)
- Sean A. Parks, Instituto de Investigación de Áreas Silvestres Aldo Leopold, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*Aldo Leopold Wilderness Research Institute, Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service*)
- Max A. Moritz, División de Ciencias de los Ecosistemas, Departamento de Ciencias, Políticas y Gestión Ambientales, Universidad de California, Berkeley

- Carol Miller, Instituto de Investigación de Áreas Silvestres Aldo Leopold, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos

La red de áreas protegidas de América del Norte ayuda a preservar los procesos ecológicos y la biodiversidad, pero su capacidad de conservación podría verse afectada por el cambio climático a medida que los ecosistemas se modifican y las especies migran en un intento por adaptarse. Se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, para extraer las características de la cobertura del suelo en áreas protegidas y compararlas con sus características pasadas y futuras, a fin de evaluar la vulnerabilidad de estos espacios protegidos.

Palabras clave: área protegida, cambio climático, conservación, vulnerabilidad, migración climática

Characterizing Drought Effects on Vegetation Productivity in the Four Corners Region of the US Southwest [Caracterización de los efectos de la sequía en la productividad de la vegetación en la región de las Cuatro Esquinas del suroeste de Estados Unidos] (2018) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Mohamed Abd Salam EL-Vilaly, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (*International Food Policy Research Institute*)
- Kamel Didan, Departamento de Ingeniería de Biosistemas, Universidad de Arizona
- Stuart E. Marsh, Centro de Percepción Remota de Arizona, Escuela de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad de Arizona

- Michael A. Crimmins, Departamento de Suelos, Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales, Universidad de Arizona
- Armando Barreto Muñoz, Departamento de Ingeniería de Biosistemas, Universidad de Arizona

En este estudio se examinan los factores de la sequía con el paso del tiempo y cómo influyeron en la productividad de la vegetación de las tierras indígenas situadas en la región conocida como “Four Corners” (Cuatro Esquinas). Esta evaluación geoespacial aporta información con fines de planificación, mitigación y toma de decisiones, sobre todo en lo relacionado con la protección de la biodiversidad. En este caso se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2005, del que se extrajeron los principales tipos de cobertura del suelo de la región: matorral, pastizal y bosque de coníferas. La evaluación combinó estos tipos de cobertura del suelo con datos sobre el clima en cada estación, datos topográficos y productividad relacionada con el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI).

Palabras clave: sequía, seguridad alimentaria, comunidades indígenas, cambio climático, monitoreo

Physically based cold regions river flood prediction in data-sparse regions: The Yukon River Basin flow forecasting system [Predicción de inundaciones en zonas frías basadas en modelos físicos en lugares con escasez de datos: Sistema de previsión de caudales de la cuenca del río Yukón] (2022) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Mohamed Elshamy, Centro de Hidrología e Instituto Mundial para la Seguridad Hídrica, Universidad de Saskatchewan
- Youssef Loukili, Centro de Hidrología e Instituto Mundial para la Seguridad Hídrica, Universidad de Saskatchewan
- John W. Pomeroy, Centro de Hidrología, Universidad de Saskatchewan
- Alain Pietroniro, Centro de Hidrología, Universidad de Saskatchewan / Servicio Hidrológico Nacional, ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*National Hydrological Service, Environment and Climate Change Canada, ECCC*) / Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Calgary
- Dominique Richard, Centro de Hidrología, Universidad de Saskatchewan
- Daniel Princz, Servicio Hidrológico Nacional, ECCC

La investigación aborda un nuevo método de modelación para la previsión de crecidas en la cuenca del río Yukón, tal y como solicitó el gobierno de Yukón, y tiene en cuenta las particularidades de las zonas frías (deshielo, derretimiento de glaciares, congelación-descongelación, por mencionar algunas) a la hora de pronosticar el caudal de los ríos. La cuenca del río Yukón es una importante red fluvial compartida entre Canadá y Estados Unidos y constituye una de las mayores cuencas fluviales de la región subártica de América del Norte. Para desarrollar el modelo del área

de estudio se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2010 (con una resolución de 30 m), junto con su clasificación de 19 clases de cobertura del suelo.

Palabras clave: crecida, río Yukón, previsión, zonas frías

Large increases in methane emissions expected from North America's largest wetland complex [Aumento considerable de las emisiones de metano previsto en el mayor complejo de humedales de América del Norte] (2023) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Sheel Bansal, Servicio Geológico de Estados Unidos, Centro de Investigación de la Vida Silvestre de las Praderas del Norte (USGS, *Northern Prairie Wildlife Research Center*)
- Max Post van der Burg, USGS, Centro de Investigación de la Vida Silvestre de las Praderas del Norte
- Rachel R. Fern, USGS, Centro de Investigación de la Vida Silvestre de las Praderas del Norte / Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas (*Texas Parks and Wildlife Department*)
- John W. Jones, USGS, Oficina de Percepción Remota Hidrológica (*Hydrologic Remote Sensing Branch*)
- Rachel Lo, USGS, Centro de Investigación de la Vida Silvestre de las Praderas del Norte

Con información geoespacial y mediciones realizadas en el lugar, esta investigación evalúa las emisiones naturales de metano de la región de Prairie Pothole, el mayor complejo de humedales de América del Norte, sobre todo en un contexto de cambio climático y aumento de la temperatura, cambios en la hidrología y la vegetación, y la función inherente del uso del suelo.

Para ello se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2010 (con una resolución de 30 m), para determinar la cobertura del suelo circundante, como pastizales o tierras de cultivo, en la región binacional de los baches de las praderas, en la que convergen territorios tanto de Canadá como de Estados Unidos.

Palabras clave: metano, humedal, cambio climático, emisiones naturales, región de los baches de las praderas

Self-reported tick exposure as an indicator of Lyme disease risk in an endemic region of Quebec, Canada [Exposición autodeclarada a garrapatas como indicador de riesgo de enfermedad de Lyme en una región endémica de Quebec, Canadá] (2024) ([enlace](#))

Autores principales y afiliación:

- Natasha Bowser, Grupo de Investigación de Epidemiología de Zoonosis y Salud Pública (*Groupe de Recherche en Épidémiologie des Zoonoses et Santé Publique, GREZOSP*) y Departamento de Patología y Microbiología, Facultad de Medicina Veterinaria (*Département de Pathologie et de Microbiologie, Faculté de Médecine Vétérinaire*), Universidad de Montreal / Centro de Investigación en Salud Pública (*Centre de Recherche en Santé Publique, CReSP*), Universidad de Montreal y Centro Universitario Integrado de Salud y Servicios Sociales (*Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux, CIUSSS*) de la zona centro-sur de la isla de Montreal
- Catherine Bouchard, GREZOSP y Departamento de Patología y Microbiología, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Montreal / División de Ciencias de Riesgos de Salud Pública, Laboratorio Nacional de Microbiología, Agencia de Salud Pública de Canadá (*Public Health Risk Sciences Division*,

National Microbiology Laboratory, Public Health Agency of Canada)

- Miguel Sautié Castellanos, plataforma IA-Agrosanté, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Montreal
- Geneviève Baron, Departamento de Salud Pública (*Direction de la Santé Publique*), CIUSSS de Estrie - Centro Hospitalario Universitario de Sherbrooke (*Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke, CHUS*) / Departamento de Ciencias de la Salud Comunitaria, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud (*Département Des Sciences de la Santé Communautaire, Faculté de Médecine et Des Sciences de la Santé*), Universidad de Sherbrooke
- Hélène Carabin, GREZOSP y Departamento de Patología y Microbiología, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Montreal / CReSP de la Universidad de Montréal y CIUSSS de la zona centro-sur de la isla de Montreal / Departamento de Medicina Social y Preventiva, Escuela de Salud Pública (*Département de Médecine Sociale et Préventive, École de santé publique*), Universidad de Montreal

A medida que la enfermedad de Lyme y otras patologías transmitidas por garrapatas se convierten en un problema cada vez mayor en Canadá, la información geoespacial se utiliza con fines de estimación y vigilancia. Mediante una combinación de exposición a garrapatas autodeclarada, indicadores de riesgo y variables ambientales, esta investigación evalúa el valor de la exposición autodeclarada como posible indicador geoespacial de la enfermedad de Lyme. En esta investigación se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2015, para identificar la proporción de cubierta forestal (bosques caducifolios y mixtos), uno de los parámetros en la evaluación de la ubicación de los hábitats de las garrapatas.

Palabras clave: salud pública, enfermedad de Lyme, garrapata, riesgo de exposición, indicador

Mortality Burden From Wildfire Smoke Under Climate Change [Carga de mortalidad por humo de incendios forestales en condiciones de cambio climático] (2024) (enlace)

Autores principales y afiliación:

- Minghao Qiu, Universidad de Stanford
- Jessica Li, Departamento de Economía, Universidad de California, San Diego
- Carlos F. Gould, Escuela de Salud Pública, Universidad de California, San Diego
- Renzhi Jing, Universidad de Stanford
- Makoto Kelp, Universidad de Stanford

En esta investigación se examina la relación entre el humo producido por los incendios forestales y la salud mediante la cuantificación de la carga de mortalidad en Estados Unidos debida a la presencia de partículas suspendidas (PM2.5) procedentes del humo provocado por incendios forestales. A fin de estimar la mortalidad por PM2.5 tomando como base las muertes efectivamente registradas a lo largo del tiempo, se han elaborado modelos estadísticos y de aprendizaje automático (*machine learning*) en combinación con datos geoespaciales. Para ello se utilizó el producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2015, con objeto de determinar variables terrestres como suelos agrícolas, bosques y pastizales, y predecir las emisiones de incendios forestales.

Palabras clave: humo de incendios forestales, salud, tasa de mortalidad, cambio climático, contaminación atmosférica

Predicting Flood Damages using Machine Learning and National Flood Insurance Program Data [Predicción de daños por inundaciones mediante aprendizaje automático y datos del Programa Nacional de Seguros en Caso de Inundación] (2024) (enlace)

Autores principales y afiliación:

- Azara Boschee, Universidad Estatal de St. Cloud, St. Cloud, Minesota
- Tom Corringham, Centro de Meteorología y Extremos Hídricos en el Oeste (*Center for Western Weather and Water Extremes*), Instituto Scripps de Oceanografía, La Jolla, California
- Weiming Hu, Universidad James Madison, Harrisonburg, Virginia

Esta investigación aborda los daños causados por inundaciones en Estados Unidos declarados al Programa Nacional de Seguros en Caso de Inundación y los métodos para predecirlos con aprendizaje automático, basado tanto en un modelo de regresión como en uno de clasificación. Con ayuda del producto de cobertura del suelo de América del Norte, 2020, se identificó la proporción de cubierta urbanizada como una de las variables de los modelos. Entre las variables de importancia en la precisión de los modelos se encuentran la escorrentía, la humedad del suelo y las precipitaciones.

Palabras clave: inundación, seguros, aprendizaje automático, bosque aleatorio, predicción

Testimonios de personas externas que utilizan los productos NALCMS

También preguntamos directamente a personas dedicadas a la investigación los motivos que los impulsaron a elegir productos del NALCMS para su trabajo. He aquí algunos de los testimonios recogidos.



AQUILA FLOWER

Profesora de Geografía y Estudios Ambientales, y directora del Instituto del Espacio (*Spatial Institute*), Colegio de Estudios Superiores y Tecnológicos del Medio Ambiente, Universidad del Oeste de Washington Bellingham, Washington, Estados Unidos

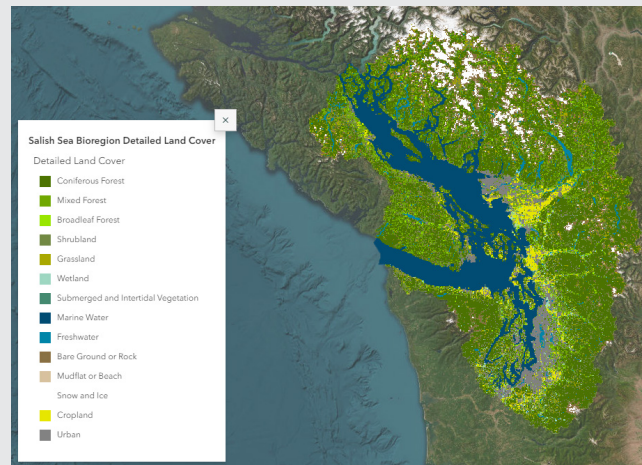
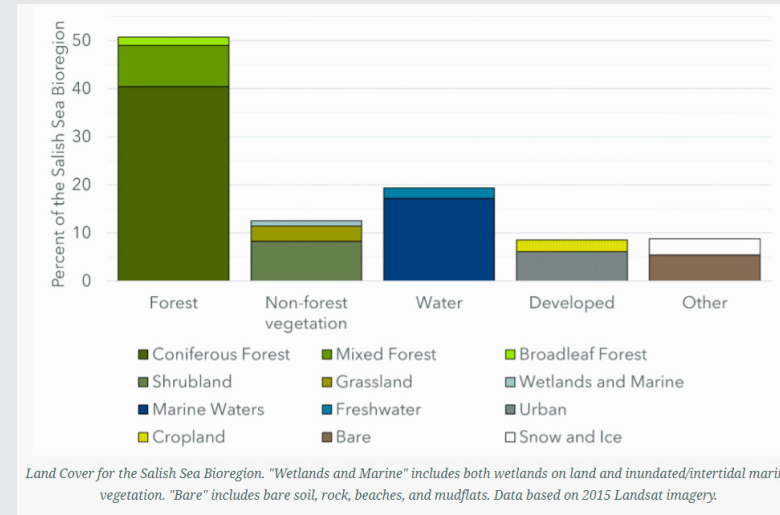
Producto del NALCMS utilizado: Cobertura del suelo de América del Norte, 2015 (Landsat y RapidEye, 30m)

“

Estoy elaborando un atlas digital de código abierto para la biorregión del mar de Salish. El mar de Salish y sus cuencas hidrográficas abarcan la frontera internacional entre Canadá y Estados Unidos en la costa del Pacífico. Este entorno transfronterizo hace que sea muy difícil encontrar conjuntos de datos y mapas internacionales cohesionados, ya que muchos conjuntos de datos llegan hasta la frontera internacional.

He utilizado el conjunto de datos NALCMS — maravillosamente cohesionado — con algunas modificaciones, para cartografiar y evaluar la cobertura del suelo en toda la biorregión del mar Salish. También he utilizado los mismos datos para crear mapas destinados a diversas publicaciones, incluido el Informe sobre el estado del mar de Salish (*State of the Salish Sea Report*).”

Puede consultar los capítulos publicados del Atlas del mar de Salish aquí. ([enlace](#))





**ERIKA DANAÉ LÓPEZ
ESPINOZA**

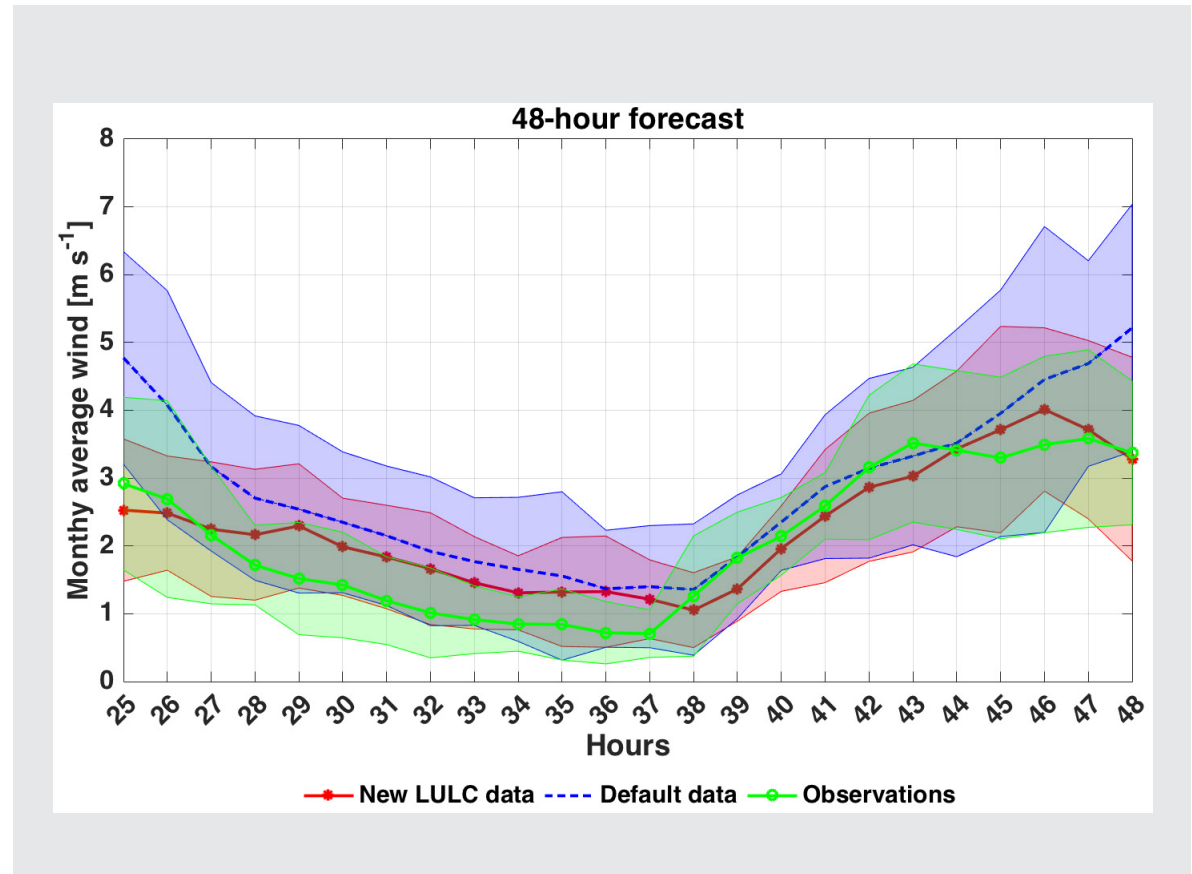
Investigadora y secretaria académica,
Instituto de Ciencias de la Atmósfera
y Cambio Climático (ICAYCC)
Universidad Nacional Autónoma
de México (UNAM)
Ciudad de México, México

Producto del NALCMS
utilizado: Cobertura del
suelo de América del Norte,
2005 y 2010 (MODIS, 250m)



Mis líneas de investigación se centran en la modelación numérica de la atmósfera, el análisis de fenómenos meteorológicos extremos con observaciones y modelación, así como el análisis del impacto del cambio en el uso y la cobertura del suelo (LULC, del inglés: *land use and land cover*) en condiciones climáticas.

Utilicé los datos de cobertura del suelo del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS), 2005, como parte de una investigación académica, con el objetivo de analizar la sensibilidad del modelo atmosférico de Investigación y Predicción Climáticas (*Weather Research and Forecasting*, WRF) para predecir las variables de temperatura del aire, viento y precipitaciones. Un análisis estadístico publicado en 2020 demostró que el pronóstico de la velocidad del viento y la temperatura del aire puede mejorarse utilizando los datos del NALCMS porque representan mejor las condiciones LULC de la región de estudio (centro de México). En particular, se



observó una reducción del error de previsión en el pronóstico de 48 a 72 horas.” ([enlace](#))

Los productos 2005 y 2010 del NALCMS también se utilizaron para analizar el pronóstico de temperatura, viento y precipitación para la península de Yucatán en una investigación que supervisé como parte de una tesis de licenciatura de la UNAM: Barrales Hassan, Rebeca Guadalupe. 2017. “Impacto del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en el pronóstico numérico del tiempo.” Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. ([enlace](#))

Crédito: Resumen gráfico de López-Espinoza, Erika Danaé, Jorge Zavala-Hidalgo, Rezaul Mahmood, and Octavio Gómez-Ramos. 2020. “Assessing the Impact of Land Use and Land Cover Data Representation on Weather Forecast Quality: A Case Study in Central Mexico.” *Atmosphere* 11 (11): 1242.



JULIANE MAI

Profesora adjunta de investigación,
Departamento de Ciencias
Ambientales y de la Tierra
Universidad de Waterloo
Waterloo, Ontario, Canadá

Producto del NALCMS
utilizado: Cobertura del suelo
de América del Norte, 2010
(Landsat, 30m)

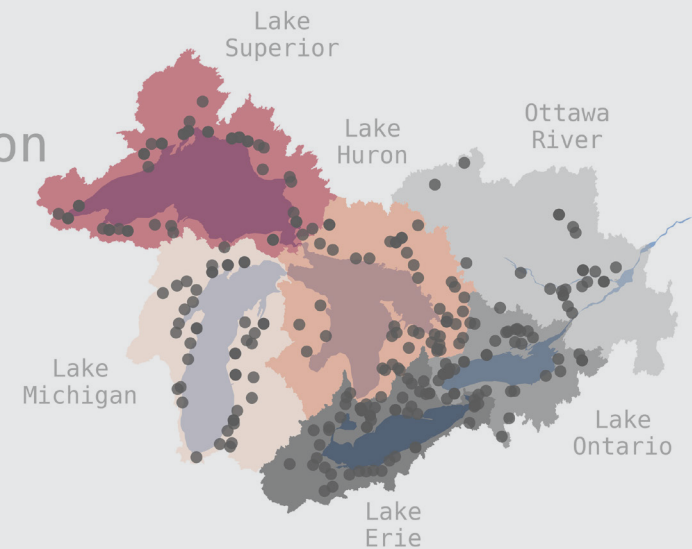


Soy hidróloga computacional y me centro en la modelización a gran escala, la intercomparación de modelos y la difusión de datos.

Utilizamos los datos del NALCMS en un proyecto interinstitucional plurianual de intercomparación de modelos en el que comparamos trece modelos hidrológicos y de superficie en cuanto a su desempeño en las simulaciones de caudales y variables secundarias, como la evapotranspiración real, la humedad superficial del suelo y el equivalente en agua de nieve. En este proyecto, galardonado con el Premio Jim Dooge 2022, se convino en un conjunto de datos común que cada modelo debía utilizar exclusivamente para la configuración, el entrenamiento y la validación del modelo.

La clasificación de la cobertura del suelo del NALCMS para la cuenca de los Grandes Lagos (~1 millón de km²) se utilizó con el propósito de configurar trece modelos hidrológicos y de superficie, así como modelos basados en datos. El conjunto de datos sobre la cobertura del suelo que se eligió fue el NALCMS, ya que facilitaba los datos que todo el mundo necesitaba y, al mismo tiempo, estaba muy bien estructurado y documentado.”

Great Lakes Runoff Intercomparison Project - Great Lakes



La publicación puede encontrarse aquí: [\(enlace\)](#)

Los resultados del proyecto se presentan en mapas interactivos aquí: [\(enlace\)](#)

Mi página web ofrece información adicional sobre mis actividades de investigación: [\(enlace\)](#)



COLIN SHANLEY

Director, Northwest GIS LLC
Juneau, Alaska, Estados Unidos

Producto del NALCMS
utilizado: Cobertura del suelo
de América del Norte, 2015
(Landsat y RapidEye, 30m)

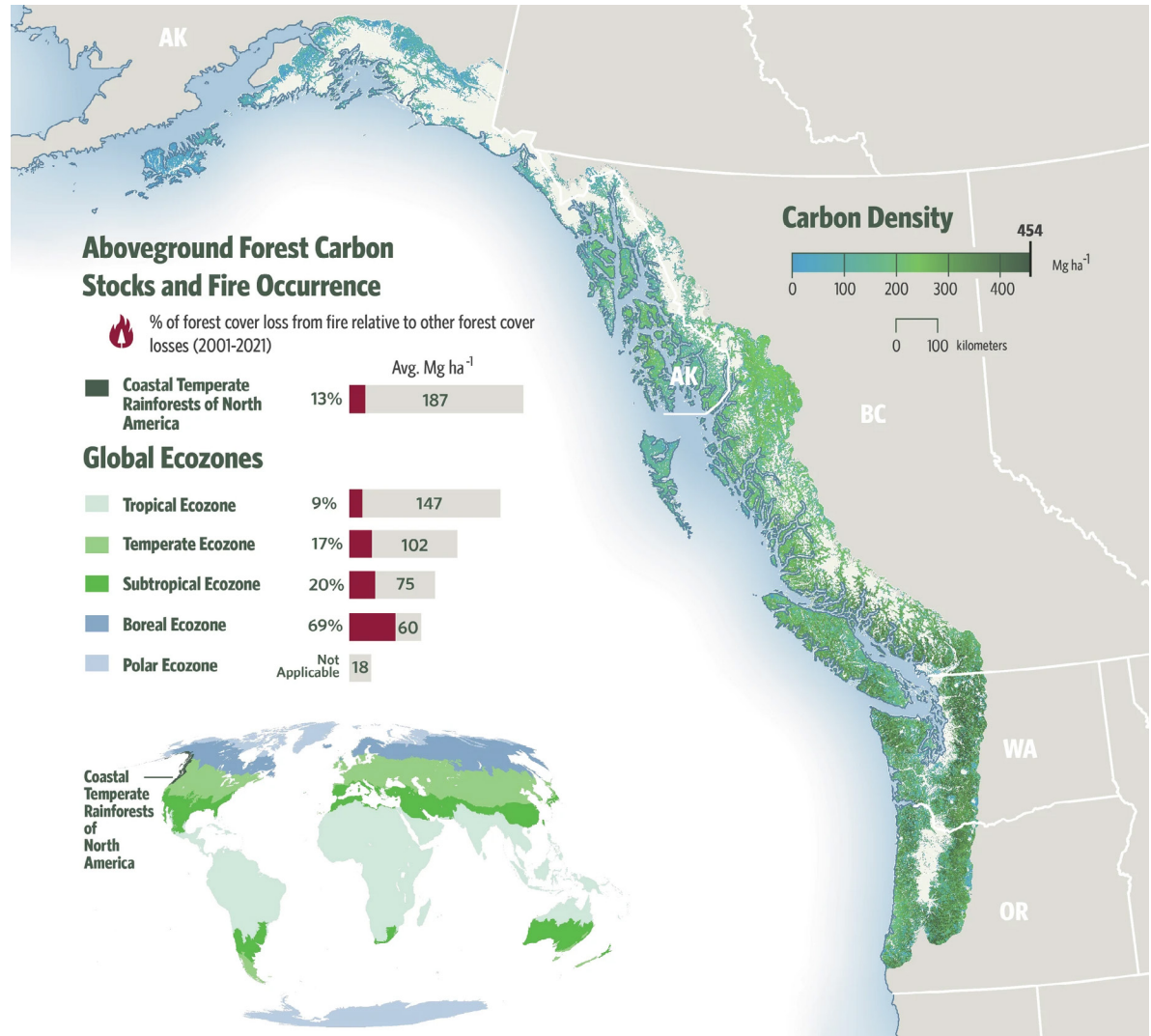


Soy el fundador de Northwest GIS (northwestgis.com), empresa de consultoría de investigación sobre el medio ambiente, con sede en Juneau, Alaska, especializada en el análisis espacial para aplicaciones de gestión y conservación del suelo. ([enlace](#))

Utilicé el conjunto de datos NALCMS en el proyecto de investigación “Cartografía de soluciones climáticas naturales basadas en los bosques” (*Mapping forest-based natural climate solutions*), cuyos resultados se publicaron en *Communications Earth & Environment*.

El producto de cobertura del suelo del NALCMS era el conjunto de datos ideal para este proyecto porque el área de nuestro proyecto abarcaba la ecorregión del bosque pluvial templado costero del oeste de América del Norte que incluye partes de Oregón y Washington (EU), la Columbia Británica (Canadá) y Alaska (EU).

Un conjunto de datos coherente sobre la cobertura del suelo, como el producto NALCMS, que posibilita los análisis ecorregionales, es una herramienta valiosa para que los científicos consideren más allá de las fronteras estatales y nacionales.”



Crédito: Gráfica 1 tomada de Shanley et al. 2024. “Mapping Forest-Based Natural Climate Solutions.” *Communications Earth & Environment* 5 (1): 1–12.

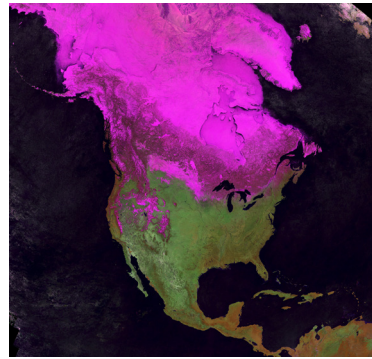
Intercambio de conocimientos entre los miembros del NALCMS

A lo largo de los años, los miembros del NALCMS se han beneficiado compartiendo su experiencia y conocimientos a la hora de trabajar en iniciativas tanto nacionales como regionales. Esta colaboración e intercambio de conocimientos de largo aliento ha contribuido a consolidar el proceso de creación de conjuntos de datos y mapas sobre la cobertura del suelo en Canadá, Estados Unidos y México, y en América del Norte en su conjunto.

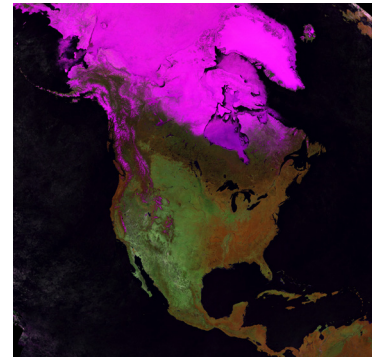
Los siguientes ejemplos ilustran esta experiencia de intercambio de conocimientos.

Creación del mapa de cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2005-2010 (MODIS, 250m)

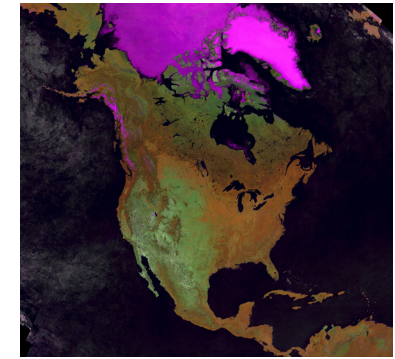
Durante la creación del mapa de cambios de la cobertura del suelo, 2005-2010, las profesionales del Centro Canadiense de Teledetección pertenecientes al NALCMS produjeron los compuestos de imágenes mensuales MODIS de América del Norte para cada periodo y las compartieron con el grupo. Estos compuestos de imágenes se utilizaron como apoyo para realizar la clasificación de la cobertura del suelo del subcontinente en ambos periodos: 2005 y 2010, así como para sustentar el trabajo de detección de cambios en la cobertura del suelo a escala nacional en México.



Marzo de 2008



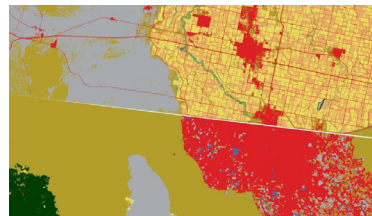
Mayo de 2008



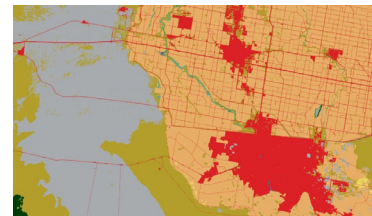
Julio de 2008

Creación del mapa de la cobertura del suelo de América del Norte, 2010 y 2015 (30m)

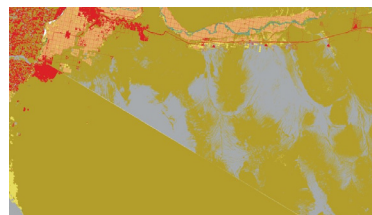
Durante la creación de las primeras ediciones de los mapas de cobertura del suelo de 2010 y 2015, con una resolución de 30 m, se sostuvieron numerosas discusiones entre los integrantes del NALCMS para corregir las discontinuidades en las fronteras. Profesionales con conocimientos especializados de ambos lados de cada frontera resolvieron cómo modificar la cobertura del suelo en ciertas áreas para optimizar el proceso de armonización y así ofrecer datos de la cobertura del suelo sin discontinuidades a escala de América del Norte.



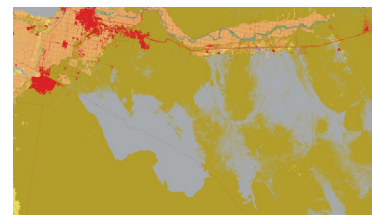
Mexicali Calexico – Antes



Mexicali Calexico – Después



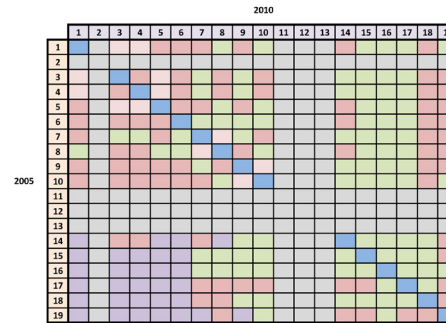
Yuma Sonora – Antes



Yuma Sonora – Después

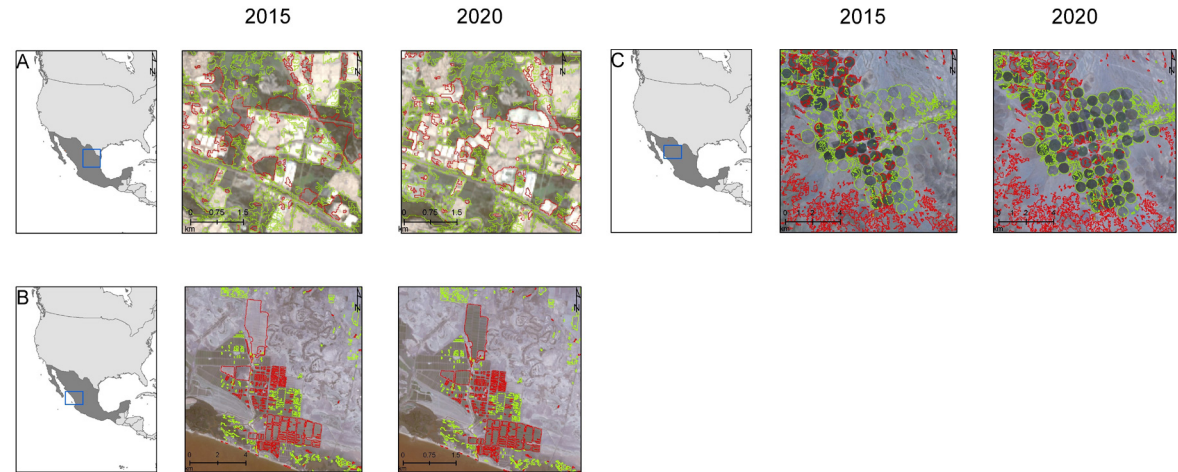
Creación del mapa de cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2010–2015 (30m)

Integrantes del NALCMS por parte de la CONAFOR propusieron una matriz de cambios permitidos que se utilizó en los tres países para determinar qué elementos debían o no considerarse un cambio, con base en un conjunto de transiciones lógicas de las clases de cobertura del suelo.



Creación del mapa de cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2015–2020

Los colaboradores del USGS participantes en el NALCMS compartieron un método de detección de cambios con sus homólogos mexicanos para facilitar la detección de cambios en la cobertura del suelo. El método de Análisis Integrado de Cambios con Múltiples Índices (MIICA), concebido por el USGS y utilizado con los productos de la Base de Datos Nacional sobre la Cobertura del Suelo (NLCD) de Estados Unidos, se empleó para detectar el cambio de la cobertura del suelo de México y, posteriormente, se incorporó al producto Cambios de la cobertura del suelo de América del Norte, 2015–2020.



Colaboración entre quienes integran el NALCMS para la publicación de artículos científicos

Numerosos artículos científicos y presentaciones en conferencias son obra de integrantes del NALCMS de los tres países. Estos ejercicios de publicación y difusión supusieron siempre grandes oportunidades de apoyo mutuo entre los propios integrantes y de promoción de su trabajo en colaboración. Un gran ejemplo de ello fue la publicación de un capítulo⁶ centrado íntegramente en el Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte en el libro *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications* [Percepción Remota del uso y la cobertura del suelo: principios y aplicaciones] (CRC Press, 2012).

20 North American Land-Change Monitoring System	
Rasim Latifovic, Collin Homer, Rainer Ressl, Darren Pouliot, Sheikh Nazmul Hossain, René R. Colditz, Arturo Victoria, Chandra P. Giri, and Arturo Victoria	
CONTENTS	
20.1 Introduction	101
20.2 North American Land-Change Monitoring System	104
20.2.1 Overview	104
20.2.2 Land-Cover Monitoring	106
20.3 Method and Data	106
20.3.1 Classification System and Legend	107
20.3.2 Analysis Unit Processing and Analysis Unit Description	107
20.3.3 Classification Procedure	107
20.3.4 Mapping Zones	110
20.3.5 Analytical Data and Feature Selection	110
20.3.6 DTI Model Construction and Classification	112
20.3.7 Analytical Data and Feature Selection	114
20.3.8 Accuracy Assessment Procedure	114
20.4 Accuracy Assessment Procedure	114
20.4.1 North American Land-Change Monitoring 2005	114
20.4.2 NALCM 2005 Accuracy Assessment	114
20.4.3 Country-Specific Accuracy	114
20.5 Conclusions	121
Acknowledgments	121
References	121
20.1 INTRODUCTION	
Critical and consistent land cover and land cover change information is required to better understand land surface processes that characterize environmental, social, and economic aspects of sustainability. Land cover provides an important link to a number of environmental issues, such as water quality, water supply, landscape biodiversity, erosion, climate change, and pollution, which are influenced by land cover and human health issues. The scientific approach for land cover monitoring and change detection has been well established, and is now being applied at the global level by the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), World Climate Research Programme (WCPR), and Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Global and consistent land cover information is needed to implement the UN Millennium Development Goals, the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), the UN Convention on Biological Diversity (CBD), the UN Convention on Combat Desertification (UNCCD), and the UN	

⁶ Rasim Latifovic, Collin Homer, Rainer Ressl, Darren Pouliot, Sheikh Nazmul Hossain, René R. Colditz y Arturo Victoria (2012), "North American Land Change Monitoring System" [Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte], en *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications* [Percepción Remota del uso y la cobertura del suelo: principios y aplicaciones], Chandra Giri (ed.), pp. 303-324, Taylor & Francis Series in Remote Sensing Applications [serie Taylor & Francis en Aplicaciones de la detección remota], CRC Press, Boca Raton, Florida, en: [enlace](#)

Conclusión

Desde su creación en 2006, la iniciativa Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés) ha abordado, mediante la colaboración trinacional, los persistentes desafíos que plantea la integración de datos geospaciales procedentes de diferentes programas de cobertura del suelo y el mantenimiento de la uniformidad entre distintos países y a través de muchos años.

Utilizados por cientos de investigadores, incluidos los de las propias dependencias de gobierno que forman parte del NALCMS, y citados en cientos de publicaciones e informes científicos, los productos geospaciales derivados de la iniciativa NALCMS se consideran una auténtica referencia mundial en cuanto a información sobre la cobertura del suelo en América del Norte.

Tras casi dos décadas de exitosa y trascendental colaboración entre numerosas entidades gubernamentales, con la participación de un sinfín de expertos reunidos en diferentes partes de Canadá, Estados Unidos y México, la iniciativa NALCMS constituye un modelo a seguir para otros esfuerzos de alcance regional en todo el mundo, en un momento de creciente demanda de datos geospaciales que trasciendan las fronteras nacionales.

La información sobre la cobertura del suelo se torna indispensable para una gran diversidad de aplicaciones relacionadas con la toma de decisiones en materia ambiental, la gestión de los recursos naturales, la adaptación a los impactos del cambio climático, la respuesta ante emergencias, y la conservación y restauración del medio ambiente, por citar algunos temas. El objetivo de la iniciativa NALCMS es apoyar a quienes se encargan de formular políticas y tomar decisiones, así como a investigadores, organizaciones internacionales e intergubernamentales, ONG, gestores de territorio, entre muchos otros, desde el ámbito local hasta el mundial, al permitirles comprender mejor la dinámica y los patrones de la cobertura del suelo de América del Norte y realizar análisis lo mismo en el plano regional que en el local.

Aunque a lo largo de los años se han dedicado esfuerzos continuos, es imprescindible sostener este esfuerzo en el futuro para el desarrollo de técnicas avanzadas de armonización de datos y normalización entre los diferentes programas nacionales en evolución para reforzar la longevidad del NALCMS. Esta iniciativa tendrá que adaptarse a un entorno digital en constante cambio, caracterizado por la creciente demanda de usuarios en cuanto a poder recibir con mayor rapidez productos de más alta

resolución, así como por la necesidad de conectarse con otras iniciativas similares en todo el planeta. Es importante evaluar cómo evolucionan las necesidades y demandas de quienes utilizan datos geospaciales, sobre todo teniendo en cuenta el aumento de los datos de la cobertura del suelo generados de forma automática, que muchas veces sacrifican la precisión en aras de una mayor rapidez en el suministro de datos.

Esperamos que el presente documento sirva de referencia a todos los profesionales que necesiten información sobre la historia del Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte y sus productos, a la vez que apuntala una relación de colaboración geoespacial más sólida entre Canadá, Estados Unidos y México en los próximos años.

Publicaciones relacionadas

Colditz, René R., Gerardo López Saldaña, Pedro Maeda, Jesús Argumedo Espinoza, Carmen Meneses Tovar, Arturo Victoria Hernández, Carlos Zermeño Benítez, Isabel Cruz López, and Rainer Ressler. 2012. "Generation and Analysis of the 2005 Land Cover Map for Mexico Using 250m MODIS Data." *Remote Sensing of Environment* 123 (August):541–52. ([enlace](#))

Colditz, Rene R., Ricardo M. Llamas, and Rainer A. Ressler. 2014. "Detecting Change Areas in Mexico Between 2005 and 2010 Using 250 m MODIS Images." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7 (8): 3358–72. ([enlace](#))

Colditz, René R., Darren Pouliot, Ricardo M. Llamas, Collin Homer, Rasim Latifovic, Rainer A. Ressler, Carmen Meneses, Arturo Victoria, and Karen Richardson. 2014. "Detection of North American Land Cover Change between 2005 and 2010 with 250m MODIS Data." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 80 (10): 918–24. ([enlace](#))

Gebhardt, Steffen, Thilo Wehrmann, Miguel Angel Muñoz Ruiz, Pedro Maeda, Jesse Bishop, Matthias Schramm, Rene Kopeinig, et al. 2014. "MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data." *Remote Sensing* 6 (5): 3923–43. ([enlace](#))

Homer, Collin, Jon Dewitz, Limin Yang, Suming Jin, Patrick Danielson, George Xian, John Coulston, Nathaniel Herold, James Wickham, and Kevin Megown. 2015. "Completion of the 2011 National Land Cover Database for the Conterminous United States – Representing a Decade of Land Cover Change Information." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 81 (5): 345–54. ([enlace](#))

Homer, Collin, Jon Dewitz, Suming Jin, George Xian, Catherine Costello, Patrick Danielson, Leila Gass, et al. 2020. "Conterminous United States Land Cover Change Patterns 2001–2016 from the 2016 National Land Cover Database." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 162 (April):184–99. ([enlace](#))

INEGI. 2023. Guía Para La Interpretación De Cartografía. Uso Del Suelo Y Vegetación Escala 1: 250 000. Serie VII. Aguascalientes, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). ([enlace](#))

Jin, Suming, Collin Homer, Limin Yang, Patrick Danielson, Jon Dewitz, Congcong Li, Zhe Zhu, George Xian, and Danny Howard. 2019. "Overall Methodology Design for the United States National Land Cover Database 2016 Products" *Remote Sensing* 11, no. 24: 2971. ([enlace](#))

Jin, Suming, Jon Dewitz, Patrick Danielson, Brian Granneman, Catherine Costello, Kelcy Smith, and Zhe Zhu. 2023. "National Land Cover Database 2019: A New Strategy for Creating Clean Leaf-On and Leaf-Off Landsat Composite Images." *Journal of Remote Sensing* 3 (February):0022. ([enlace](#))

Jin, Suming, Jon Dewitz, Congcong Li, Daniel Sorenson, Zhe Zhu, Md Rakibul Islam Shogib, et al. 2023. "National Land Cover Database 2019: A Comprehensive Strategy for Creating the 1986–2019 Forest Disturbance Product." *Journal of Remote Sensing* 3 (February):0021. ([enlace](#))

Jin, Suming, Limin Yang, Patrick Danielson, Collin Homer, Joyce Fry, and George Xian. 2013. "A Comprehensive Change Detection Method for Updating the National Land Cover Database to circa 2011." *Remote Sensing of Environment* 132 (May):159–75. ([enlace](#))

Latifovic, Rasim, Collin Homer, Rainer Ressler, Darren Pouliot, Sheikh Nazmul Hossain, René R. Colditz, and Arturo Victoria. 2012. "North American Land Change Monitoring System." In *Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications*, edited by Chandra Giri, 303–24. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Series in Remote Sensing Applications: CRC Press. ([enlace](#))

Latifovic, R., D. A. Pouliot, L. Sun, J. W. Schwarz, and W. Parkinson. 2015. "Moderate Resolution Time Series Data Management and Analysis: Automated Large Area Mosaicking and Quality Control" *Geomatics Canada, Open File 6*, no.25. ([enlace](#))

Latifovic, Rasim, Darren Pouliot, and Ian Olthof. 2017. "Circa 2010 Land Cover of Canada: Local Optimization Methodology and Product Development" *Remote Sensing* 9, no. 11: 1098. ([enlace](#))

Pouliot, D., R. Latifovic, and I. Olthof. 2017. "Development of a 30 m Spatial Resolution Land Cover of Canada: Contribution to the Harmonized North America Land Cover Dataset." *American Geophysical Union, Fall Meeting 2017:GC52C-02*. New Orleans, LA, USA. ([enlace](#))

Wickham, James, Stephen V. Stehman, Daniel G. Sorenson, Leila Gass, and Jon A. Dewitz. 2021. "Thematic Accuracy Assessment of the NLCD 2016 Land Cover for the Conterminous United States." *Remote Sensing of Environment* 257 (May):112357. ([enlace](#))

Wickham, James, Stephen V. Stehman, Daniel G. Sorenson, Leila Gass, and Jon A. Dewitz. 2023. "Thematic Accuracy Assessment of the NLCD 2019 Land Cover for the Conterminous United States." *GIScience & Remote Sensing* 60 (1): 2181143. ([enlace](#))

Yang, Limin, Suming Jin, Patrick Danielson, Collin Homer, Leila Gass, Stacie M. Bender, Adam Case, et al. 2018. "A New Generation of the United States National Land Cover Database: Requirements, Research Priorities, Design, and Implementation Strategies." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 146 (December):108–23. ([enlace](#))





Los productos del NALCMS
están disponibles en
el Atlas ambiental
de América del Norte

