

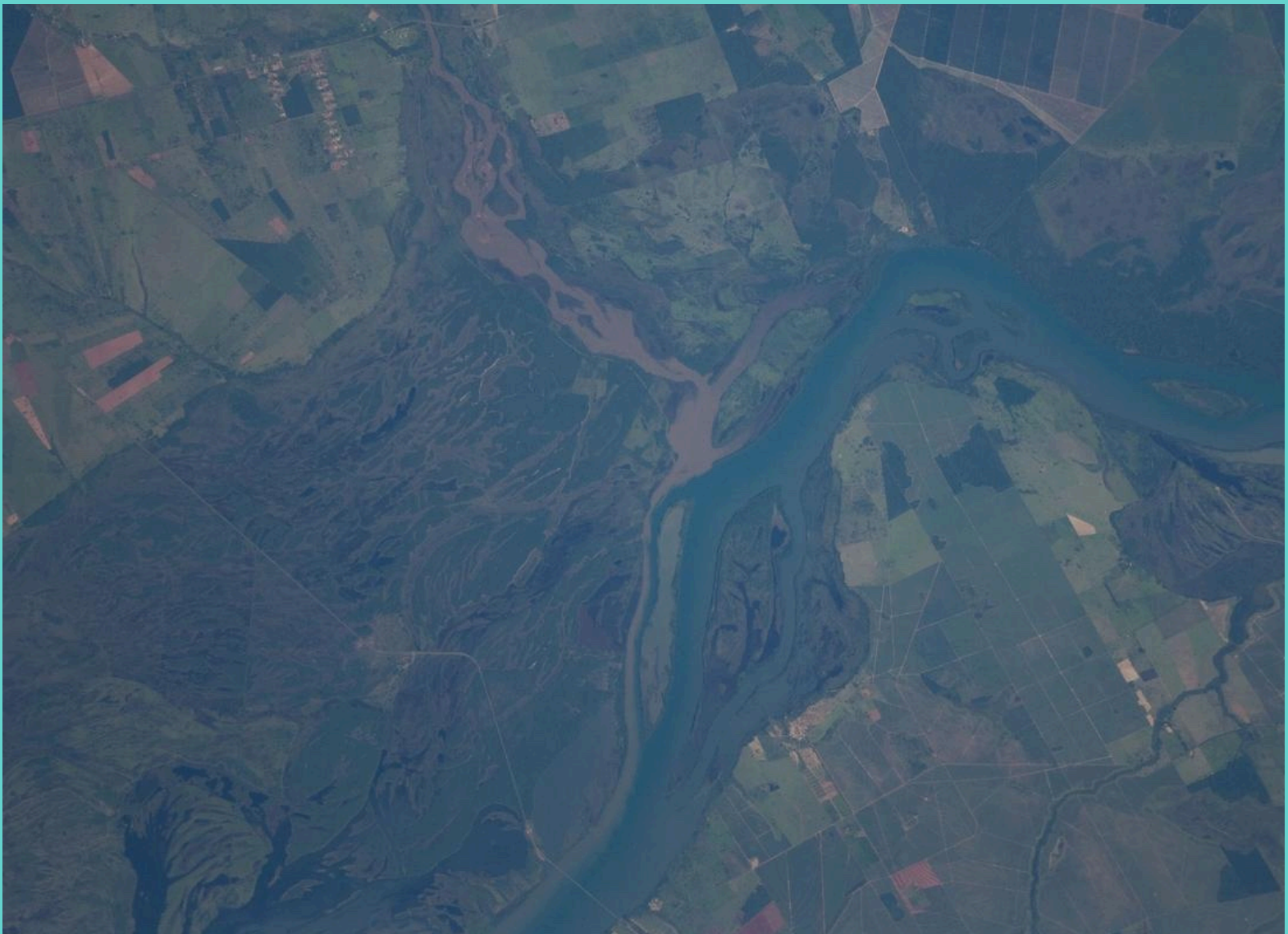


Con apoyo técnico de:



Uso de teledetección en las estadísticas e informes agrícolas en América Latina

Estado de situación



Uso de teledetección en las estadísticas e informes agrícolas en América Latina

Estado de situación

*IICA*¹

*NASA Harvest*²

*AMA*³

*UMD*⁴

*Con apoyo técnico de FAO*⁵

Fecha de publicación: marzo de 2024

¹ Instituto Interamericano de Cooperación en la Agricultura.

² Consorcio de Seguridad Alimentaria y Agricultura de la NASA. Número de *grant* [NASA Harvest 80NSSC18M0039](#).

³ [Monitoreo Agrícola de las Américas](#) (Agricultural Monitoring in the Americas). Número de *grant* 80NSSC18K0329.

⁴ The University of Maryland.

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2024



Uso de teledetección en las estadísticas e informes agrícolas en América Latina:
Estado de la situación
por IICA se encuentra publicado bajo
Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir
igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int

El Instituto promueve el uso justo de este documento, así como el tratamiento de los datos personales, de acuerdo con la normativa del IICA vigente. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda y que se garantice el derecho de toda persona a la protección de sus datos personales, según la normativa del IICA.

Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <https://repositorio.iica.int/>

Coordinación editorial: Federico Bert
Corrección de estilo: Unidad de Idioma IICA
Diagramado: Federico Asin
Diseño de portada: Federico Asin

Uso de teledetección en las estadísticas e informes agrícolas en América Latina:
Estado de situación/ IICA, NASA, AMA, UMD: San José, Costa Rica, 2024,
12 p ; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9273-101-4

1. Teletransmisión de datos 2. Estadísticas de producción
3. Sector agrario 4. Toma de decisiones 5. Cambio tecnológico
6. Estadísticas agrícolas I. Título II. Kevin Mora Ávila
III. Estefanía Puricelli IV. Federico Bert V. Antonio Sánchez
VI. Michael Humber VII. Alice Alcántara Gomes Lima
VII. Carlos Ruiz Macho

AGRIS
U10

DEWEY
630.285.097

San José, Costa Rica

ÍNDICE

I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCIÓN	9
III. METODOLOGÍA	12
IV. PRINCIPALES RESULTADOS	13
A. TECNOLOGÍAS VINCULADAS A LA TELEDETECCIÓN PARA OBTENER DATOS AGRÍCOLAS	14
B. USO DE PRODUCTOS DERIVADOS DE LA TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA: RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA DURANTE EL TALLER	19
C. ESTADO DE LA SITUACIÓN EN EL USO DE TELEDETECCIÓN ASOCIADO AL SECTOR AGRÍCOLA EN AMÉRICA LATINA	25
El caso del uso de la teledetección por parte del SICA	31
D. DESAFÍOS EN EL USO DE LA TELEDETECCIÓN EN AMÉRICA LATINA	34
CONCLUSIONES GENERALES Y HOJA DE RUTA EN EL USO DE TELEDETECCIÓN	37
HOJA DE RUTA	39
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	48
Agenda del taller	54



I. RESUMEN

La agricultura desempeña un papel fundamental en las economías de América Latina. Además de proporcionar productos básicos y seguridad alimentaria, no sólo en la región, este sector representa una parte significativa del producto interno bruto (PIB) en varios de los países, especialmente en aquellos cuyas exportaciones dependen de productos agropecuarios. Dada la relevancia de la agricultura en la región, es esencial contar con estadísticas de producción robustas para anticipar, prevenir y gestionar los impactos de situaciones que afecten la misma.

En la región, los sistemas de estadísticas agrícolas varían considerablemente de un país a otro. Existe una gran heterogeneidad en la elaboración de esas estadísticas y en la evaluación de condiciones de cultivo en los ámbitos nacional y subnacional. En algunos países, los estudios sobre la producción agrícola (regiones productivas, condiciones y estadísticas) son poco frecuentes, lo que genera desafíos para anticipar los impactos de eventos adversos, elaborar políticas agrícolas y actuar de manera rápida ante condiciones desfavorables. En otros casos, los sistemas estadísticos agrícolas están centralizados a nivel nacional y se generan estimaciones mensuales y anuales sobre áreas cultivadas y rendimientos. Para obtener esta información, los especialistas no solo recurren a las tradicionales encuestas de campo, sino también —y cada vez más frecuentemente— a distintas fuentes de información, tales como imágenes satelitales y de radar, entre otras tecnologías digitales.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis del estado de situación del uso de la teledetección en la generación de estadísticas agrícolas en países de América Latina. El análisis se realiza en base a información presentada en un taller realizado en el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Junio de 2023 con representantes de diversos países de las Américas vinculados a la temática, a encuestas que los mismos completaron durante el taller y previo al mismo y a un relevamiento de informes y reportes disponibles en las páginas web de las carteras de agricultura (o instituciones vinculadas) de países latinoamericanos.

Los resultados del trabajo muestran un uso frecuente de información derivada de la teledetección en las estadísticas e informes agrícolas de los distintos países. Sin embargo, se constatan diferencias importantes en cuanto al grado de aprovechamiento de estas tecnologías entre los diferentes países. Entre las principales barreras para un mayor uso de la teledetección aparecen la falta de entrenamiento de las personas involucradas en la generación de estadísticas e informes, restricciones para acceder a la información proveniente de teledetección y limitaciones en el acceso a tecnologías (en especial software) para el procesamiento de la información. Los resultados aquí presentados permiten no sólo caracterizar la situación sobre el uso de sistemas de teledetección en países, sino identificar las principales barreras y diseñar una hoja de ruta para superar las mismas de modo de aumentar el uso de las herramientas disponibles en favor de mejorar estadísticas sobre la producción.

Autores

Kevin Mora Ávila, Estefania Puricelli, Federico Bert, Antonio Sánchez, Michael Humber, Alice Alcântara Gomes Lima, Carlos Ruíz Macho.

Palabras clave

Teledetección, agricultura, sensores remotos, imágenes satelitales, cultivos.

Descargo de responsabilidad

El contenido del presente reporte es responsabilidad exclusiva de sus autores y no de las instituciones representantes. Las cifras y los datos consignados en el reporte fueron investigados en agosto de 2023, por lo que revisiones posteriores podrían encontrar variaciones en ellos.

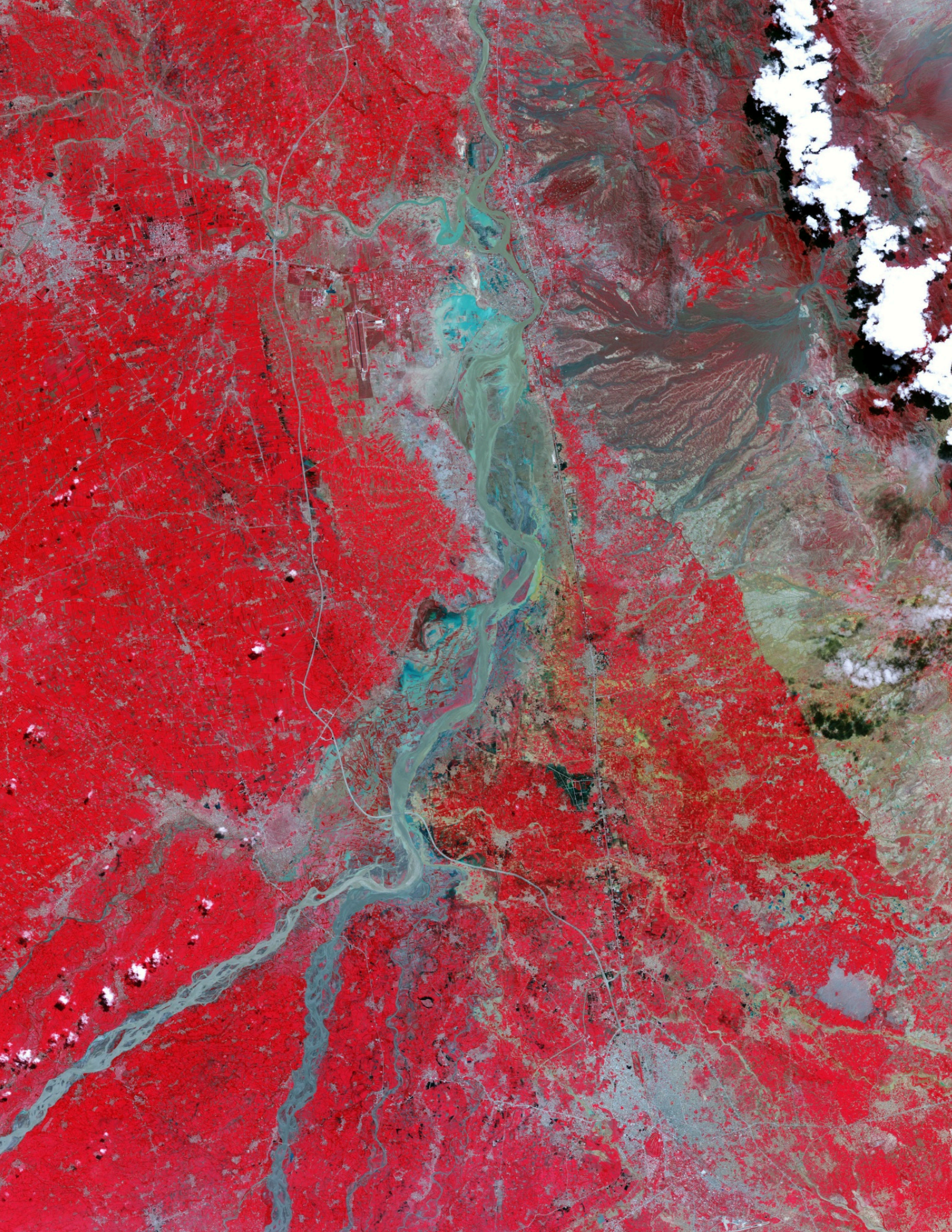
Agradecimientos

Se brinda un agradecimiento especial a las organizaciones e instituciones que colaboraron con su participación durante el taller y en la provisión de respuestas a la encuesta suministrada, así como a las que brindaron financiamiento para la realización del taller: la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos, que provee fondos para Monitoreo Agrícola de las Américas (AMA, Agricultural Monitoring in the Americas), mediante el grant 80NSSC18K0329, y el Consorcio de Seguridad Alimentaria y Agricultura de la NASA, que proporcionó recursos financieros mediante el grant número NASA Harvest 80NSSC18M0039. Se agradece especialmente a Alyssa Kathleen Whitcraft, quien con su liderazgo visionario y compromiso sentó las bases para este proyecto. Además, se expresa un agradecimiento a las personas que participaron virtualmente y, en particular, a quienes se acercaron al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) para participar de modo presencial; al Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), en especial a Christian Mejía, por sus aportes durante y después del taller; a todo el personal del IICA, por la organización del taller; a Gabriel Delgado, Marco Zapata, Erick Quirós, Curt Delice y Diego Montenegro, coordinadores de regiones del IICA; y a la Jefatura de Gabinete del IICA, por su apoyo para coordinar la participación de representantes de países. Se agradece a los expositores representantes de Argentina (Fernando Monti), Ecuador (Blanca Simbaña Chorlango) y El Salvador (Carlos Castellón) por sus ponencias durante el taller.

Se agradece especialmente el apoyo técnico de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para la realización del taller y la elaboración de este informe, a través de Lorenzo DeSimone y Michael Rahija.

Créditos

El crédito de las fotografías utilizadas en este documento corresponde a NASA (<https://images.nasa.gov/>)



II. INTRODUCCIÓN

En el sector agrícola se está dando una significativa transformación en el uso y aplicación de tecnologías de vanguardia, con el objetivo de prever y enfrentar mejor los eventos relacionados con distintas variables, como por ejemplo el clima, que puedan afectar la productividad. La teledetección y la gestión de información geoespacial, entre otras herramientas digitales, son instrumentos útiles que pueden facilitar el seguimiento de cultivos a distancia y la toma de decisiones, impulsando a distintos actores vinculados a la agricultura a utilizar cada vez más herramientas de este tipo. La teledetección, entendida como “la utilización de sensores a bordo de satélites y aviones no tripulados, para recopilar datos sobre la superficie de la Tierra” (IICA, BID, FONTAGRO 2014), es un aliado estratégico de la seguridad alimentaria, dado que permite estimar variables agrícolas, como la cobertura de cultivos, la temperatura del suelo e índices que reflejan el estado de la vegetación, entre otros.

La teledetección, tal como hoy la conocemos, ha tenido grandes transformaciones desde su surgimiento en la década de 1960; en especial en la provisión de información en tiempo real a personas dedicadas a la agricultura. Aunque los beneficios de la información proveniente de los satélites para la monitorización de la agricultura son evidentes, la situación regional que a continuación se presenta nos exhorta a actuar de manera inmediata ante la

necesidad de integrar estas tecnologías. Las técnicas de observación remota de la superficie de la tierra se han convertido en una herramienta esencial para apoyar la gestión y la planificación en muchos sectores y ámbitos, como el forestal, el hidrológico, el meteorológico, el ecológico y, sin duda, el agrícola (Shanmugapriya et al. 2019).

La información proveniente de sensores remotos (instalados en satélites o aviones no tripulados) provee información objetiva y frecuente de máxima utilidad para la elaboración de estadísticas agrícolas. Así, esta información, luego de ser analizada e integrada con otros métodos de estimación de área y producción, es un insumo especialmente valioso para de crear y aplicar instrumentos de política, destinados, por ejemplo, a brindar ayuda alimentaria a determinadas regiones (cuando mediante el monitoreo de los cultivos se estima que la producción se reducirá drásticamente) y a planificar políticas de incentivos o apoyo, entre otras medidas de política pública. La adquisición y el uso de tecnologías que proveen esta información es cada vez más frecuente (Moreno y Jacomé 2017, Arrieta 2021). El mayor uso se debe, en gran medida, a la mayor oferta de imágenes de distinta resolución, al mejoramiento de la capacidad computacional, a la mayor accesibilidad (disponibilidad gratuita y a bajo costo) y a la accesibilidad de series temporales históricas que monitorean la misma superficie desde hace décadas.

Finalmente, la información proveniente de sensores remotos permite generar clasificaciones técnicas, monitoreos y seguimientos de los cambios de los cultivos y sus necesidades. Esta información es accesible de forma periódica y, en ocasiones, al instante, lo que posibilita obtener resultados más precisos, actualizados y a menores costos en comparación con los métodos tradicionales, pudiéndose complementar de manera eficiente (Colomina et al. 2008, Xiang y Tian 2011). El grado de desarrollo del uso de la teledetección en la agricultura difiere en los países, donde se utilizan aplicaciones tecnológicas que van desde máscaras de cultivo genéricas hasta herramientas más complejas como máscaras de cultivo específicas para diferentes tipos. En este reporte no se entrará en detalles al respecto. Para profundizar, se puede consultar GEOGLAM⁶, que ha realizado un extenso trabajo destinado a la categorización de las “variables agrícolas esenciales (EAV)”.

⁶ GEOGLAM es una iniciativa del G20 que monitorea el estado y la condición de los cultivos en el ámbito global. Para más información: <https://agvariables.org/about-eavs> y <https://www.earthobservations.org/geoglam.php>.



III. METODOLOGÍA

Los objetivos de este reporte son los siguientes: a) exponer los principales resultados del taller “Uso de herramientas digitales en las estadísticas agrícolas nacionales y en el monitoreo del impacto de eventos climáticos extremos”, de ahora en adelante “taller”; y b) presentar el estado de situación del uso de sistemas de teledetección en las estadísticas, reportes e informes agrícolas en América Latina.

Para desarrollar y alcanzar el primer objetivo, se utilizaron dos técnicas principales: el taller⁷ y las encuestas⁸, que se realizaron de manera paralela y previa al taller, y cuyos resultados han sido sistematizados y procesados, respectivamente.

El taller, que fue organizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), [Agricultural Monitoring in the Americas](#) (AMA) y [NASA Harvest](#), fue denominado “Uso de herramientas digitales en las estadísticas agrícolas nacionales y en el monitoreo del impacto de eventos climáticos extremos”. Se realizó los días 1 y 2 de junio de 2023 de forma bimodal (virtual y presencial) en las

instalaciones del IICA, con la participación de aproximadamente 100 personas, de las cuales 43 pertenecían a diferentes departamentos de trabajo de los ministerios o secretarías de agricultura, ganadería y pesca de los países miembros del IICA, instituciones de estadísticas, centros educativos, organismos internacionales y asociaciones privadas vinculadas a la agricultura. En el anexo 2 se puede consultar la agenda detallada e instituciones participantes en el taller. Además, en el anexo 3 se presentan los resultados de una encuesta virtual, que fue aplicada antes del taller como parte de las labores para su preparación y que fue enfocada a distintas entidades de los países de la región.

⁷ El taller investigativo es una técnica que permite abordar el análisis científico desde una perspectiva integral y participativa para lograr algún cambio o desarrollo en ella. Esta técnica cualitativa se utiliza para intercambiar información con el participante e inscribirte en la temática (Cortés y Sánchez 2017).

⁸ La encuesta es entendida como una técnica de producción de datos que, mediante la utilización de cuestionarios estandarizados, permite indagar sobre múltiples temas de los individuos o grupos estudiados (Katz, Seid y Abiuso 2019).

En el marco del taller se realizó una segunda encuesta orientada a profundizar en el conocimiento, el uso y los intereses de las personas participantes en productos que utilizan imágenes satelitales de manera interactiva y que se pueden emplear en sus metodologías para la creación de estadísticas agropecuarias. Cabe aclarar que cada pregunta tuvo una muestra determinada, la cual varía debido a dos razones metodológicas: a) se redujo la muestra (n) debido a que hubo una pregunta filtro; b) no todas las personas participantes contestaron la encuesta, a pesar de estar en el taller. Se analizaron los datos derivados de la encuesta para obtener información que caracterice el interés y uso de imágenes de sensores remotos en los distintos países de América Latina. El propósito de la encuesta fue conocer de antemano las necesidades de cada país en cuanto a conocimientos sobre el procesamiento de imágenes, acceso a imágenes o a conocimientos más básicos sobre teledetección en general.

Adicionalmente, para obtener una caracterización más completa sobre el uso de imágenes de sensores remotos en las estadísticas agrícolas, se realizó una investigación sobre informes y reportes disponibles en las páginas web de los ministerios de agricultura y ganadería e instituciones asociadas o vinculadas, que permiten inferir cómo han venido trabajando las instituciones públicas en materia de teledetección. Para facilitar y delimitar el alcance de este reporte, se utilizaron dos criterios: a) considerar informes emitidos por instituciones públicas que transmiten información estadística agrícola oficial a las Naciones Unidas, específicamente a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); y b) considerar instituciones públicas que por mandato mantienen un vínculo con el IICA.

IV. PRINCIPALES RESULTADOS

La información que se presenta a continuación está estructurada de la siguiente manera: En el apartado inicial se exponen las tecnologías vinculadas a la teledetección que se presentaron en el taller, las cuales son fundamentales para la producción y obtención de información agrícola incluida en los informes que posteriormente se analizan. Seguidamente se presentan los resultados de la encuesta. En tercer lugar, se expone el estado del uso de la teledetección en la región, donde se

resumen los principales reportes, informes y estadísticas encontrados en las páginas web oficiales de los ministerios o secretarías de agricultura y ganadería e institutos o departamentos nacionales de estadísticas de la región. Aunado a lo anterior, se presentan los principales desafíos y conclusiones a partir de los hallazgos expuestos. Finalmente, se comparte una hoja de ruta general para tomar acción y promover el uso y aprovechamiento de estas tecnologías en los países de la región.

A. TECNOLOGÍAS VINCULADAS A LA TELEDETECCIÓN PARA OBTENER DATOS AGRÍCOLAS

El sector agro-tecnológico ha venido enfrentando la necesidad de desarrollar y adaptar las tecnologías de la teledetección a diversos públicos. Como resultado, los productos actuales son más sencillos y accesibles ante los diferentes perfiles de los usuarios involucrados en el sector. Esta ventajosa situación responde a un contexto global en que los problemas se abordan de manera integral y multidisciplinaria. Por lo tanto, las organizaciones dedicadas al diseño de estas tecnologías buscan crear sistemas que se acomoden a las necesidades de los usuarios, sea cual sea su nivel de capacitación y conocimientos. Estas necesidades abarcan desde el alojamiento de datos en la nube al desarrollo de aplicaciones web que incluyan datos georreferenciados, así como la elaboración de formularios con diferente nivel de complejidad. Las herramientas más complejas cuentan con la capacidad de ofrecer análisis más completos sobre regiones específicas e incluyen una amplia gama de funcionalidades, como la generación de índices de vegetación, la detección de cambios en la cobertura vegetal y la estimación de la producción agrícola (Rodríguez 2020, Souza et al. 2023).

Cada una de estas herramientas tiene determinadas características que se deben evaluar previo a su adquisición y uso, para determinar si satisfacen las necesidades del usuario (en especial si los interesados en utilizarlas son los ministerios de agricultura, instituciones destinadas a la recopilación de datos nacionales o empresas privadas). Además, es fundamental enfatizar que, si bien muchas de estas tecnologías sirven para el hospedaje de información, la creación de mapas y la presentación de datos de manera sencilla, esto no significa que cualquier persona, sin las habilidades particulares para su manipulación, las pueda utilizar. Es decir, se debe estar capacitado, según el nivel de complejidad de las tecnologías, para usarlas de manera eficiente y efectiva.

Para facilitar el análisis de la información presentada durante el taller, las herramientas relacionadas con la teledetección se clasificaron en tres categorías.

- 1) Tecnologías para la obtención de imágenes de observación de tierra y/o teledetección: MODIS, VIIRS, AVHRR, Sentinel-3; tecnologías para obtener imágenes de resolución moderada: Landsat, Sentinel-2, Gaofen, IRS, ASTER; y tecnologías para obtener imágenes de alta resolución: Planet, Maxar, Airbus, Satellogic, entre otros.
- 2) Tecnologías para la manipulación y procesamiento de imágenes: Herramientas o sistemas de procesamiento de datos de teledetección, que incluyen funcionalidades que ayudan a procesar información proveniente de satélites o sensores remotos. Estas tecnologías pueden contener información hospedada en la nube y funcionan para un uso extendido y contrastado, entre otras. Algunos ejemplos

de herramientas de procesamiento son las siguientes: Cloud-based, AWS, Google Cloud, Microsoft Azure, ArcGIS Online y Google Earth Engine, entre otras.

- 3) Tecnologías para la generación y visualización de información: Todas aquellas aplicaciones que sirven para generar información derivada del procesamiento de los datos e imágenes. Cabe aclarar que, por la naturaleza de estas aplicaciones, pueden compartir características y funciones, tal como procesar y presentar la información de manera sencilla. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son las siguientes: ArcGIS, QGIS, Microsoft Planetary Computer, Sentinel Hub, ArcGIS Online y otros programas informáticos.

Durante esta primera etapa del taller, se hizo énfasis en aquellas herramientas que

sirven para el procesamiento de los datos. Por consiguiente, se mencionaron los productos del Instituto de Investigación de Sistemas Medioambientales (ESRI), Google, entre otros. En total se presentaron seis tecnologías disponibles con capacidad para trabajar de una manera más efectiva en el ámbito de la estimación de información agrícola, a través del uso de datos geoespaciales y datos derivados de observaciones de la tierra. En este contexto se analizaron las características de los diferentes entornos de trabajo y herramientas. El espacio se enfocó en intercambiar conocimiento acerca de la dificultad de uso de cada herramienta, así como en su implementación y mantenimiento. En el cuadro 1 se detallan aspectos de adaptabilidad, conocimiento, inversión y mantenimiento de cada una de estas tecnologías.

Cuadro 1. Herramientas para trabajar información derivada de teledetección.				
Herramienta	Adaptabilidad⁹	Conocimiento¹⁰	Inversión¹¹	Mantenimiento¹²
ArcGIS online	Baja/Media	Medio/Alto	Medio/Alto	Bajo
Story Maps	Baja	Bajo	Medio/Alto	Bajo
Survey123	Baja	Medio	Medio/Alto	Bajo
Google Earth Engine	Media	Medio/Alto	Medio/Alto	Bajo
Custom APP Cloud	Alta	Alto/Muy alto	Alto/Muy alto	Medio/Alto
Custom APP Local	Alta	Alto/Muy alto	Alto/Muy alto	Alto

Fuente: Elaboración propia.

⁹ Nivel de flexibilidad que tiene la plataforma para ajustarse al marco de referencia con el que se pretende cubrir las necesidades del usuario (Sánchez, taller, 2023).

¹⁰ Habilidades que el usuario requiere para trabajar y entender las características de cada una de las plataformas para satisfacer sus necesidades a través de su marco de trabajo. *Ibid.*

¹¹ Costo económico que implica hacer uso de estas plataformas. *Ibid.*

¹² Tipos de necesidades para mantener la herramienta. *Ibid.*

El ESRI ha desarrollado tres sistemas de trabajo: a) ArcGIS Online¹³, b) Story Maps¹⁴ y c) Survey123¹⁵. Paralelamente, se mencionó que Google cuenta con un motor de procesamiento de datos de origen satelital llamado Google Earth Engine¹⁶. Otras herramientas gratuitas mencionadas en el taller que proveen información satelital previamente procesada para el monitoreo agrícola son las siguientes: a) Global Agricultural Monitoring ([GLAM](#))¹⁷, b)

¹³ ArcGIS Online es una plataforma que permite el acceso y la gestión en línea de datos espaciales. Posibilita crear y compartir mapas interactivos, realizar análisis espaciales y colaborar con otros usuarios. Esta herramienta es especialmente útil para visualizar y analizar datos relacionados con la agricultura, como la ubicación de parcelas, la distribución de cultivos y la calidad del suelo.

¹⁴ Story Maps es una herramienta para crear narrativas interactivas utilizando mapas, imágenes y texto, lo que facilita la comunicación de información agrícola de manera visualmente atractiva.

¹⁵ Survey123 es una herramienta que permite recopilar datos en campo utilizando formularios personalizados, lo que resulta útil para la recopilación de información agrícola en tiempo real.

¹⁶ Google Earth Engine es una plataforma de geomática basada en la nube que posibilita la visualización y el análisis de imágenes de satélite. Es de gran utilidad para analizar información y fungir como repositorio de datos. De manera programática permite el acceso por JavaScript y Python.

¹⁷ El sistema GLAM, desarrollado por la Universidad de Maryland, permite monitorear variables agrícolas utilizando datos espaciales en tiempo real. Combina datos satelitales, modelos de cultivo y algoritmos de aprendizaje automático para proporcionar información actualizada sobre el estado de los cultivos, la producción agrícola y las condiciones ambientales que afectan la agricultura.

[Crop Monitor](#)¹⁸ y c) [AGMET Tool](#)¹⁹. Las tres están diseñadas para revisar periódicamente distintos cultivos y regiones a nivel global y son de acceso público y totalmente gratuitas. GLAM utiliza imágenes satelitales de alta resolución para monitorear la cobertura vegetal, la salud de los cultivos y la disponibilidad de agua en diferentes regiones del mundo. Estos datos se combinan con modelos de siembra que estiman el rendimiento de los cultivos, generando algoritmos de aprendizaje automático que analizan los patrones y tendencias agrícolas. En el mismo marco del monitoreo agrícola, está Crop Monitor, herramienta que proporciona información sobre el estado de los cultivos a nivel global, en un formato de informe y mapas. Este último sistema se basa en la colaboración y la participación de

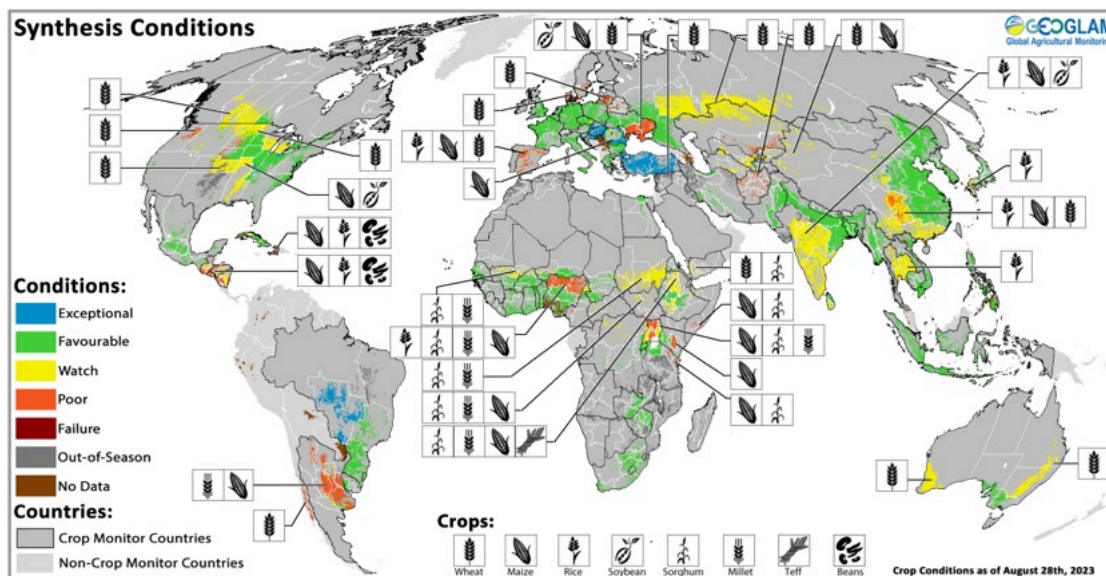
¹⁸ Crop Monitor es una herramienta desarrollada por el Grupo de Trabajo sobre Monitoreo de Cultivos (Crop Monitoring Working Group de GEOGLAM) que proporciona información actualizada sobre el estado de los cultivos. Existen diferentes reportes, para AMIS (países del G20), EWCM y Global Crop Monitor. Esta herramienta utiliza datos satelitales, informes de campo y modelos de cultivo para evaluar las condiciones de los cultivos, la disponibilidad de agua y otros factores que afectan la producción agrícola.

¹⁹ La herramienta AGMET, desarrollada por la Universidad de Maryland, hace uso de los indicadores de observación de la Tierra (EO) agrometeorológicos (AGMET) de GEOGLAM-NASA HARVEST. Estos reúnen una variedad de productos de datos de EO a escala subnacional, cada uno de los cuales proporciona información valiosa sobre el desarrollo de cultivos durante la temporada y las condiciones actuales de los cultivos. Combinados, cada gráfico de datos de EO ayuda a contar la historia de las condiciones de los cultivos durante la temporada mediante el uso de diferentes variables climáticas, ambientales y vegetativas.

diferentes organizaciones y países, ya que los datos e información proporcionados por los miembros son fundamentales para generar los informes y presentar un estado actualizado de la situación de los cultivos. El Global Crop Monitor es un reporte que busca agregar datos de distintos países que

participan en los distintos Crop Monitors (países del G20 y también países que presentan inseguridad alimentaria); además, varios países de Latinoamérica se han unido en los últimos años para proveer información frecuente sobre las condiciones de sus cultivos.

Imagen 1. Ejemplo de síntesis de condiciones, GEOGLAM.

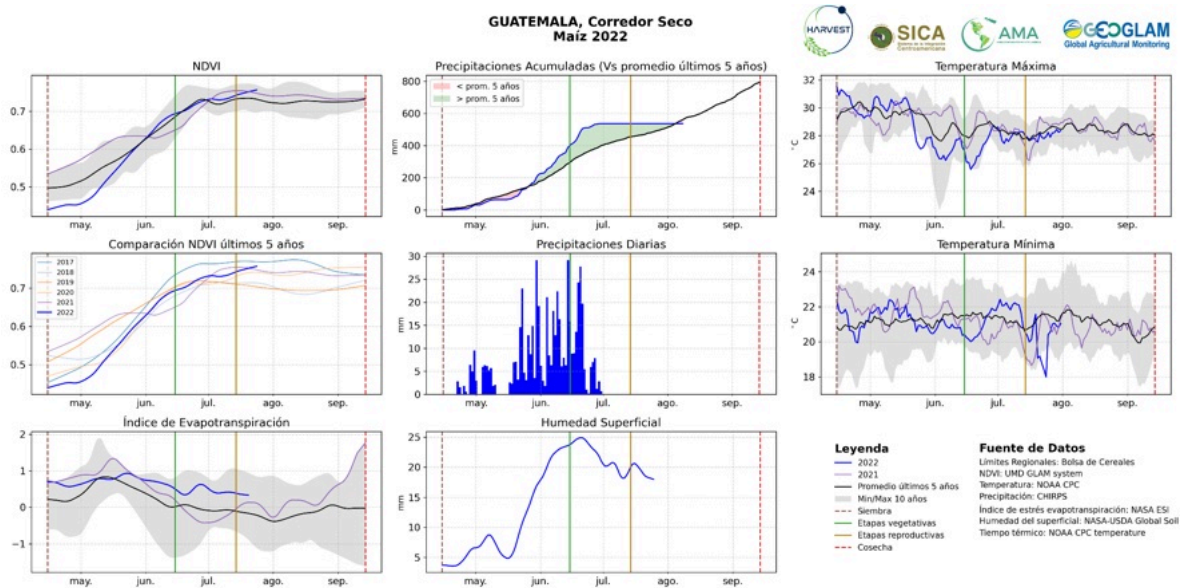


Fuente: GEOGLAM 2023.

Por último, AGMET Tool cumple un propósito similar al del sistema GLAM, pero está destinada a un usuario menos especializado. Con un par de simples clics, un analista puede encontrar información acerca de las condiciones de los cultivos y ver gráficamente indicadores como el NDVI, humedad del suelo, temperaturas y precipitaciones con respecto a otros años. AGMET Tool permite acercar herramientas de teledetección a usuarios como

economistas, analistas agrícolas, generadores de políticas que no necesariamente tienen conocimientos sobre programación o incluso imágenes satelitales de manera totalmente gratuita. Uno de los beneficios de que los países sean parte del Crop Monitor (Global o Early Warning) es que pueden personalizar el AGMET tool a la medida de sus necesidades (como regiones determinadas, calendarios de cultivos específicos y cultivos de interés, entre otras cosas).

Imagen 2. Ejemplo de cuadro de Agmet Tool.



Fuente: Agmet tool [Agmet EO Indicators \(cropmonitor.org\)](https://cropmonitor.org/).

Estos sistemas de monitoreo agrícola sirven para almacenar, administrar y distribuir datos de origen espacial. De la misma manera, facilitan la creación de mapas en 2D y 3D. Su utilidad principal radica en facilitar el análisis de datos complejos y de largas series de tiempo, así como en la posibilidad de compartir información y con ello apoyar la toma de decisiones de personas y/o agencias responsables. Todos estos sistemas proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en la agricultura, que sirven como base para la detección temprana de sequías, la identificación de áreas propensas a plagas y enfermedades, y la estimación de la producción agrícola. Esta información puede ayudar a los agricultores, gobiernos y organizaciones a tomar medidas preventivas y correctivas para mejorar la productividad agrícola y

disminuir la incertidumbre en la inseguridad alimentaria de la región.

Sin embargo, el uso de algunas de estas herramientas puede implicar algunos desafíos, tales como los costos económicos, ya sea por la suscripción a servicios adicionales o por el consumo de recursos computacionales. Otro reto es la necesidad de contar con conocimientos técnicos para utilizar estas herramientas de manera efectiva y comprender los resultados obtenidos. Estos aspectos, entre otros que se analizarán más adelante, se conciben como parte de los desafíos que se deben enfrentar en materia de capacitación para la inclusión de estas tecnologías en el sector agrícola y ayudan a definir la hoja de ruta hacia el futuro en la región.

B. USO DE PRODUCTOS DERIVADOS DE LA TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA: RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA DURANTE EL TALLER

Los datos de la encuesta que se presentan a continuación son el resultado de las experiencias de los participantes en el taller con productos derivados de la teledetección. Como anteriormente se mencionó, el propósito de esta técnica de trabajo fue mapear el entendimiento y conocimiento de las personas participantes sobre la utilización y los desafíos en el uso de imágenes satelitales para la elaboración de informes vinculados con la agricultura o estadísticas agropecuarias, en el marco de sus propios métodos y prácticas de trabajo.

Quienes respondieron la encuesta mencionada son personas funcionarias de diferentes instituciones y organizaciones cuyo trabajo está directamente vinculado con el sector agropecuario y la producción de estadísticas agropecuarias. Sus experiencias en campo y en el uso de tecnologías para la formulación de soluciones basadas en datos son fundamentales para monitorear el grado de conocimiento, los intereses y los desafíos en el uso de herramientas de teledetección en la región.

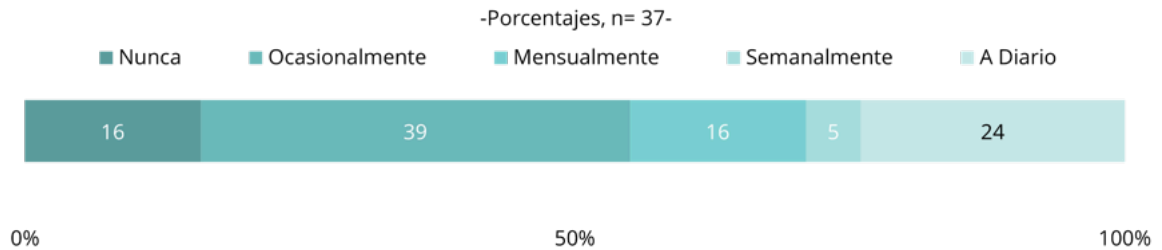
Se registraron 43 personas representantes de 29 instituciones diferentes: ministerios o secretarías de agricultura y ganadería de alguno de los países miembros del IICA (50 %), institutos o departamentos de estadísticas y censos (26 %), centros educativos (9 %), asociaciones privadas (9 %) y organismos internacionales (7 %). De acuerdo con la información recolectada, participaron personas de los siguientes países: Argentina, Brasil, Chile,

Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay y Perú.

La encuesta estaba compuesta por seis preguntas. Se obtuvieron en promedio 28 respuestas en total por pregunta, aunque la muestra (n) varía según el caso. Antes de iniciar la encuesta se realizó un espacio de intercambio en el que se discutió sobre la importancia del uso de productos derivados de la teledetección. La discusión remarcó que estas herramientas proporcionan un marco de trabajo que permite complementar y profundizar el análisis de datos que se obtienen de métodos tradicionales (como encuestas, por ejemplo), ya que permiten integrar y acceder a información valiosa como la ubicación espacial, la organización de capas de información para su visualización y la creación de mapas. Las imágenes satelitales, en sí mismas, pueden desempeñar un papel crucial en diversas actividades, como la identificación de diferentes tipos de coberturas en la superficie terrestre, como agua, suelo desnudo, áreas urbanizadas y bosques, entre otros (Arrieta 2021, Barni y Ratto 2022).

La primera pregunta que se realizó se orientó a conocer la frecuencia con que hacen uso de productos derivados de imágenes satelitales. Tal como se observa en la gráfica 1, al menos ocho de cada diez personas presentes en el taller sí habían utilizado productos derivados de imágenes satelitales.

Gráfica No. 1 Frecuencia de uso de productos derivados de imágenes satelitales



Fuente: Elaborada con base en una encuesta realizada in situ en el taller (2023).

Este elevado porcentaje (84 %) muestra la relevancia que tomó esta tecnología en el sector agrícola. No obstante, la frecuencia de uso varía en el grupo de encuestados. El 39 % la utiliza solo ocasionalmente, dato que más adelante se refuerza al observar los resultados de la frecuencia de publicación de reportes vinculados a la agricultura que hacen uso de teledetección, esto a partir

de la investigación realizada de documentos web.

Regresando a las frecuencias de uso, el 45 % respondió que utiliza regularmente información derivada de imágenes satelitales, la cual puede ser de periodicidad diaria (24 %), semanal (5 %) o mensual (16 %). Por otro lado, aproximadamente una de cada diez personas participantes “nunca” ha utilizado productos derivados de imágenes satelitales. En el recuadro 1 se presenta un extracto de la experiencia del representante de México con respecto a la frecuencia de uso de imágenes satelitales.

Recuadro 1. Experiencias a detalle.

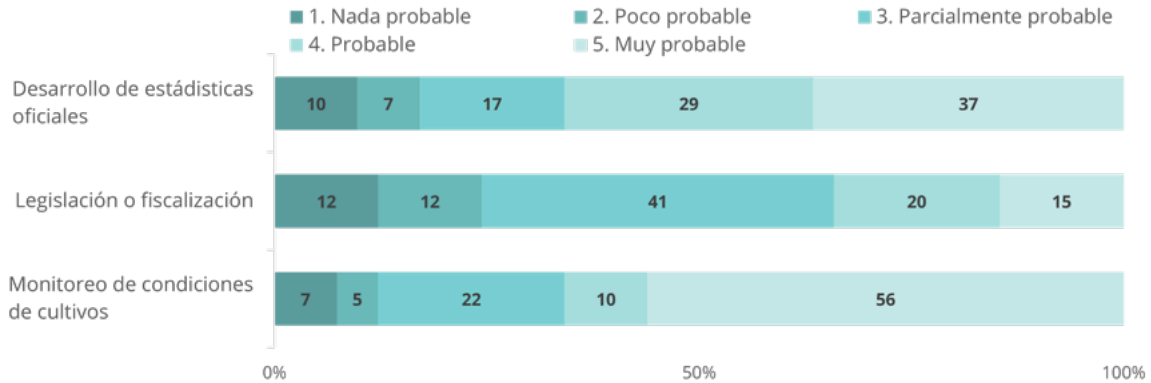
“(…) Entonces, nos hemos apoyado en las imágenes satelitales para poder decir dónde están las infraestructuras, las vías de comunicación, etcétera. Este trabajo está asociado con zonas productoras, sobre todo de los principales granos de producción en el país. Estas herramientas las estamos utilizando todos los días, no solo para este fin, sino, por ejemplo, para monitorear el almacenamiento del agua en presas. También hacemos un seguimiento que se actualiza cada diez días sobre diferentes variables que influyen en la agricultura. Por ejemplo, algunos culminan en un reporte agrometeorológico todos los días. Las imágenes para nosotros son absolutamente indispensables para trabajar todos los días”.

Representante de México

En la segunda pregunta se consultó sobre la probabilidad de uso de productos derivados de teledetección para el desarrollo de estadísticas oficiales, para legislación en el país y para el monitoreo de las condiciones de los cultivos. Esta pregunta se cuantificó haciendo uso de una escala de Likert, la cual iba del 1 al 5, donde 1 es “nada probable” y 5 es “muy probable”. En la gráfica 2 se muestran los resultados:

Gráfica No. 2 Probabilidad de uso de productos derivados de imágenes satelitales

-Porcentajes, n= 41-



Fuente: Elaborada con base en una encuesta realizada in situ en el taller (2023).

En términos generales, la mayor parte de los encuestados reconoce la aplicabilidad y funcionalidad del uso de productos derivados de imágenes satelitales para el desarrollo de las diversas documentaciones mencionadas. No obstante, la probabilidad de uso de este tipo de productos disminuye cuando son para generar legislación o fiscalización de los terrenos cultivados (53 %), pero aumentan para el desarrollo de estadísticas oficiales (66 %) y para el monitoreo de las condiciones de cultivos (66 %).

Aproximadamente, una de cada diez personas participantes respondió que es nada probable que utilice las imágenes satelitales para cualquiera de estas tres acciones de política pública. En el recuadro 2 se expone lo expresado por el representante de El Salvador sobre la importancia de conocer estas herramientas para los próximos procesos de creación de información.

Recuadro 2. Experiencias a detalle.

“Nosotros en el país tenemos un programa de encuestas y quizás la principal es la encuesta agropecuaria de propósitos múltiples. Entonces, en la segunda pregunta, vi que, si se utilizara, fortalecería mucho las estadísticas. Porque, por ejemplo, tenemos coeficientes de variación para granos básicos muy buenos. Sin embargo, los queremos fortalecer por medio de imágenes satelitales para saber si las estimaciones que estamos obteniendo son similares a las que tenemos (...).”

Representante de El Salvador

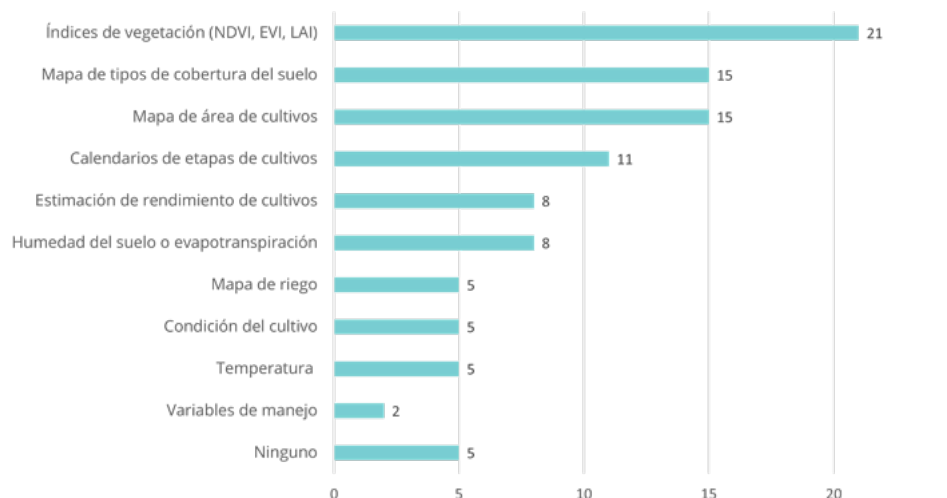
Como anteriormente se expuso, el monitoreo de cultivos es la razón que más incentivos ofrece para que los participantes utilicen productos derivados de imágenes satelitales. Este hecho está en concordancia con los tres tipos de productos o documentos que fueron más mencionados como material de uso, derivado de la teledetección, en su día a día de trabajo. De acuerdo con la gráfica 3, los productos que más utilizan son los

siguientes: a) índices de vegetación (21 %), mapas de tipo de cobertura del suelo (15 %) y mapas de área de cultivo (15 %). Destaca que, de las diez diferentes

categorías mencionadas en las respuestas, todas están relacionadas con el monitoreo de los cultivos y no precisamente con la producción de legislación o fiscalización de terreno o con el desarrollo de estadísticas.

Gráfica No. 3 Uso de productos derivados de imágenes satelitales

-Porcentajes, n= 30-



Fuente: Elaborada con base en una encuesta realizada in situ en el taller (2023).

Aunque se podría ver con gran naturalidad el tipo de documentos derivados de imágenes satelitales a los que las personas encuestadas tienen acceso, lo cierto es que esto muestra parcialmente que la región sí cuenta con información que integra la teledetección dentro de sus procesos metodológicos para generar información agrícola. Ejemplo de esto es el alto porcentaje de uso y, por lo tanto, de acceso, a índices de vegetación, los cuales requieren esfuerzos que contemplen variables como la disponibilidad de datos satelitales o aéreos, el acceso a software de procesamiento de imágenes y la experiencia de cálculo e interpretación de datos.

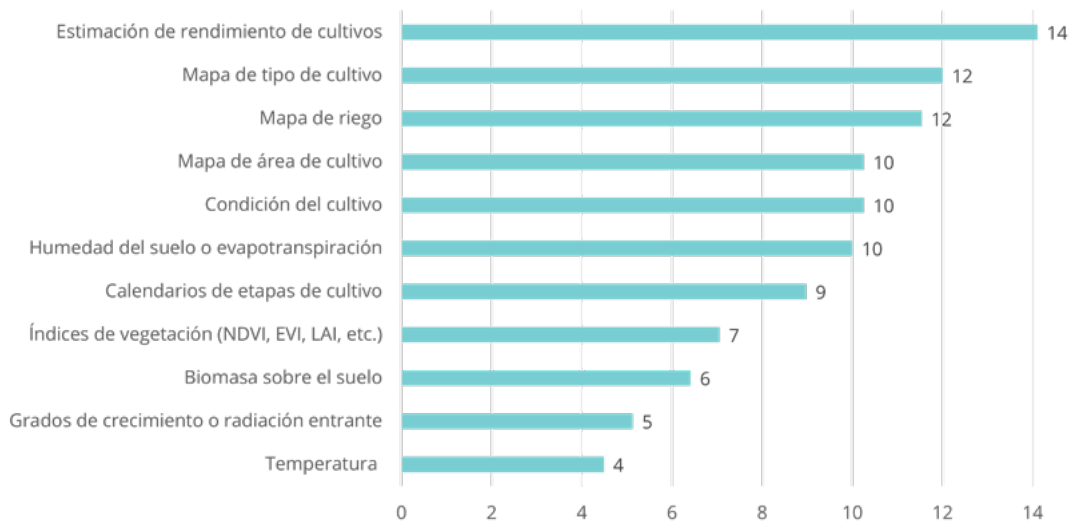
Por otro lado, los mapas de cobertura de suelo y área de cultivo han evolucionado con el tiempo, pero en su forma más básica y, aún necesaria, implica la observación directa en el terreno y la interpretación de datos recopilados, situación que aún es parte de los métodos y prácticas de trabajo de los ministerios o secretarías. Evidentemente, el proceso para elaborar un mapa de suelo o cultivo puede variar entre países, debido generalmente a las diferencias de los recursos económicos y tecnológicos con que cuentan y del capital humano especializado en la materia del que disponen (IICA 2015, CIA e IICA 2016).

La cuarta pregunta que se realizó se centró en conocer el tipo de productos derivados de imágenes satelitales que actualmente no utilizan, pero les gustaría utilizar. De acuerdo con las respuestas más expresadas, los tres productos más requeridos se vinculan con el monitoreo de los cultivos e indirectamente con la elaboración de estadísticas. En la gráfica 4 se muestran los tipos de productos a los que las personas participantes más desearían acceder: estimación de rendimiento de cultivos (14 %), mapa de

tipo de cultivo (12 %) y mapa de riego (12 %).

Gráfica No. 4 Productos derivados de imágenes satelitales que le gustaría utilizar

-Porcentajes, n= 32-



Fuente: Elaborada con base en una encuesta realizada in situ en el taller (2023).

Como anteriormente se mostró, el tipo de producto derivado de imágenes satelitales al que les gustaría acceder a las personas encuestadas son de relativa alta complejidad dependiendo su generación de variables como la corrección atmosférica, la resolución espacial, el sombreado y la cobertura de las nubes o la variabilidad del cultivo, entre otras (Souza et al. 2023). Evidentemente, tanto

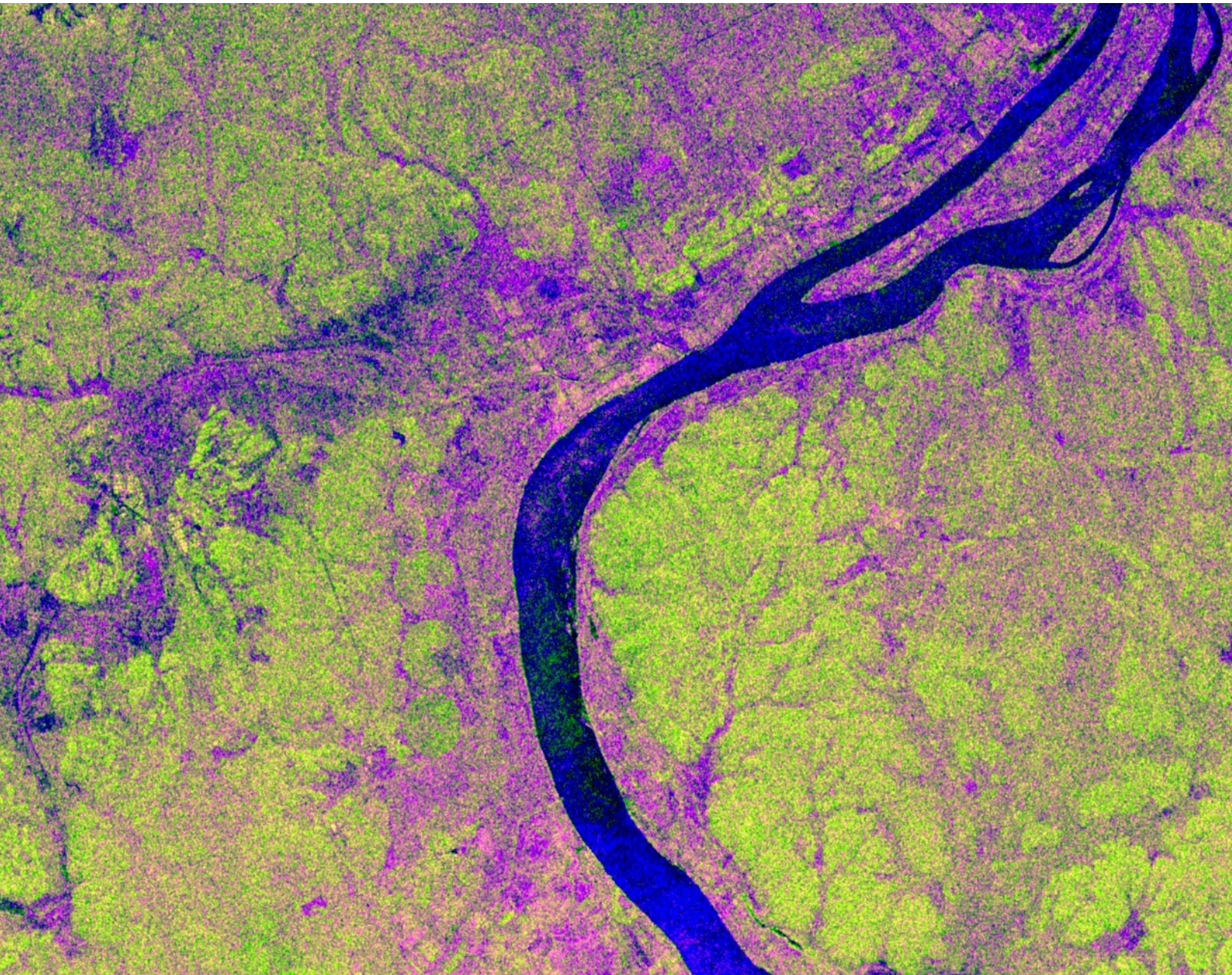
agricultores como gestores de políticas públicas agropecuarias pueden utilizar la información proporcionada por estos mapas para gestionar eficazmente cultivos, identificar problemas, optimizar la aplicación de recursos o mejorar la productividad, por lo que acceder a ellos es una gran ventaja.

Finalmente, es importante conocer con qué recursos se cuenta en los ámbitos nacional y regional, para así aprovechar y utilizar los sistemas de conocimiento de cada país (como por ejemplo universidades e INIA, entre otros). Para una adecuada producción y elaboración de dichos instrumentos se requiere contar con información y tecnologías apropiadas, tales como las que se expusieron en el apartado anterior (ArcGIS, Google Earth Engine y Crop Monitoring Tools, entre otras).

Recuadro 3. Experiencias a detalle.

“(...) estamos generando algunos mapas para medir el estrés vegetal, antes de que ocurra. También estamos utilizando, por ejemplo, la imagen satelital cuando hemos tenido daños; entonces, antes de enviar las brigadas al campo, hacemos una verificación con la imagen satelital para determinar el antes y el después del evento. El equipo que va en brigada lleva ya incluso su mapa digital de la imagen visual de lo que da el satélite e incluso le hemos montado nuestras capas SIG (...)”

Representante de Guatemala



C. ESTADO DE LA SITUACIÓN EN EL USO DE TELEDETECCIÓN ASOCIADO AL SECTOR AGRÍCOLA EN AMÉRICA LATINA

Como es sabido, la agricultura continúa siendo una fuente importante de ingresos económicos para muchos países de América Latina. Según datos del Banco Mundial y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en 2022 la agricultura representaba entre el 5 y el 18 % del PIB en 20 países de la región; porcentajes que aumentan si se tiene en cuenta la contribución más amplia de los sistemas agroalimentarios en su conjunto (Banco Mundial 2022; CEPAL 2022). En las próximas décadas, la agricultura deberá enfrentar el continuo aumento de la población mundial y la creciente demanda de la producción agropecuaria, por lo que los sistemas agroalimentarios deben mantener un trabajo activo y constante en su transformación para satisfacer la necesidad de una mayor productividad junto con una mejor administración de los recursos del mundo y sustentabilidad (IICA, FAO y CEPAL 2021). A ello se le suman los impactos del cambio climático. Para esto es necesario, en primer lugar, obtener datos fiables de tipo, calidad, cantidad y ubicación de estos recursos y, además, contar con los recursos necesarios para poder procesar los datos y convertirlos en información.

Anteriormente se expuso que la teledetección es clave para alcanzar cualquier objetivo en torno al monitoreo de los cultivos. Al ser una herramienta de trabajo que permite el monitoreo a distancia de los acontecimientos agrícolas

y naturales ocurridos en la superficie terrestre, desde plataformas con sensores, desempeña un papel crucial en la agricultura moderna para la gestión precisa de factores como suelos y cultivos. Por consiguiente, no es extraño que la institucionalidad redirija esfuerzos a fortalecer este tipo de tecnologías. Puesto el interés en conocer cómo se han ido integrando estas herramientas en la producción de reportes y estadísticas vinculadas al sector agrícola en la región, a continuación, se presenta una serie de cuadros que resumen los principales informes, reportes y estadísticas oficiales en instituciones, ministerios o secretarías de agricultura y ganadería de los países miembros del IICA y en institutos o departamentos nacionales de estadísticas de la región.

En términos metodológicos, los reportes o informes que a continuación se presentan son aquellos que integran la teledetección o el uso de imágenes satelitales dentro de su proceso de elaboración o corroboración metodológica. Además, son reportes que benefician, impactan o influyen la toma de decisiones en la agricultura, pre y postproducción. Esta investigación documental incluyó la revisión de 74 instituciones públicas en general, de las cuales 20 son parte de las instituciones que reportan datos oficiales a la FAO. Estas últimas son de especial interés en el presente reporte debido a su vinculación

por mandato con dicho organismo internacional. En el cuadro 2 se muestra la delimitación de instituciones realizada. En

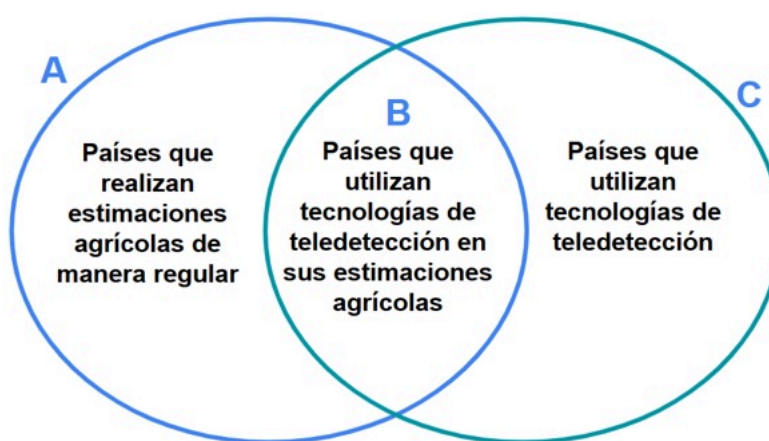
el anexo 1 se incluyen todos los reportes e informes de instituciones no vinculadas a la FAO y el IICA.

Cuadro 2. instituciones informantes de estadísticas agropecuarias a FAO.	
País	Instituciones informantes
Argentina	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
Bolivia	Instituto Nacional de Estadística
Brasil	Instituto Brasileiro de Geografía e Estadística
Chile	Instituto Nacional de Estadísticas
Colombia	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
Costa Rica	Instituto Nacional de Estadística y Censos
Ecuador	Instituto Nacional de Estadística y Censos
El Salvador	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Guatemala	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Honduras	Banco Central de Honduras
México	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Nicaragua	Oficina de Asuntos Internacionales, División de Gestión Institucional Banco Central de Nicaragua
Panamá	Instituto Nacional de Estadística y Censo
Paraguay	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Perú	Dirección de Estadística e Información Agraria Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
Uruguay	Oficina de Estadísticas Agropecuarias

Fuente: Elaborado con base en información suministrada por la FAO (2023).

En la imagen 3 se presenta un diagrama de Benn que explica los tres grupos que resultaron a partir de la delimitación expuesta. En la sección A se encuentran todos aquellos países que producen información estadística agrícola (para conocer un estado general de cada país en cada uno de los segmentos expuestos, en los anexos 1 y 3 se presentan 16 cuadros resumen sobre el tema). En el segmento C, se incluyen todos los países que utilizan tecnologías de teledetección y, como síntesis, en el segmento B se integran todos aquellos países que ≈producen estimaciones agrícolas y utilizan -en mayor o menor medida- tecnologías de teledetección para esto. Las interpretaciones que a continuación se exponen engloban a todos los países que entren en el segmento C y, además, son instituciones que reportan información oficial a la FAO y que mantienen un vínculo de mandato con el IICA.

Imagen 3. Diagrama de Benn sobre la distribución por país.



Fuente: elaboración propia.

En total se tuvo acceso a 51 documentos, entre reportes, informes y mapas de diferente tipo, los cuales hacen uso de la teledetección dentro de su marco de trabajo metodológico. De la totalidad de documentos reportados, sólo 17 fueron producidos por instituciones públicas que reportan información oficial a la FAO y que mantienen alguna relación con el IICA.

En términos generales, existe una variabilidad significativa en la adopción de tecnologías de teledetección entre los

países de la región. Algunos países, como México, Guatemala, Ecuador, Brasil y Argentina, han producido informes y sistemas de monitoreo basados en teledetección más regularmente que otros países de la región, como El Salvador, Costa Rica y Chile, en donde son más limitadas las experiencias de producción de informes agrícolas que integren la teledetección.

Cabe aclarar que las interpretaciones anteriores están sujetas a lo que se muestra en el cuadro 3, en que

se presentan reportes producidos por instituciones públicas que informan datos oficiales a la FAO y mantienen una relación por mandato con el IICA. En el cuadro se muestran informes, reportes o mapas por país en los que se integra la teledetección. Para cada uno de los reportes se detalla la institución que lo publicó, la frecuencia (semanal, mensual, semestral o anual) y el

año de publicación. Además, se suministran datos como el tipo de información que se utiliza (imágenes satelitales u otras derivadas de la teledetección), así como la tecnología utilizada, es decir, el tipo de satélite. Dependiendo del reporte, las imágenes satelitales actúan como un complemento a otras metodologías de estimación agrícola.

Cuadro 3. Reportes agrícolas que utilizan directamente teledetección por país.

País	Reporte	Autor	Frecuencia de publicación	Tipo de dato	Tecnología
México	Estimación de superficie agrícola	SADR ²⁰	Mensual 2023	Imágenes satelitales	SPOT
	Reporte agrometeorológico	SIAP ²¹	Semanal 2023	Imágenes satelitales	GOES-16
	Reportes de mosaico nacional	SADR ²²	No especifica frecuencia 2023	Imágenes satelitales	SPOT 6 y 7
Guatemala	Informe del Sistema de Monitoreo de Cultivos	MAGA ²³	Mensual 2023	Observaciones satelitales como la precipitación basada en satélites	NOAA
	Mapa de cobertura vegetal y uso de tierra		No especifica frecuencia 2021	Visualización de la información primaria de las imágenes satelitales procesadas con la combinación de bandas (RGB 8-4-3)	SENTINEL 2A
	Monitoreo satelital de los recursos vegetaciones		No especifica frecuencia 2019	Imágenes con resolución de 0,80 m (nadir) en pancromática y 3,24 m (nadir) en bandas multiespectrales en una franja de 45 km	GF-1, GF-3yZy-3
	Boletín agrometeorológico		Mensual 2023	Observaciones satelitales	NOAA

²⁰ Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

²¹ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

²² Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

²³ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Costa Rica	Mapa de cobertura forestal y uso de tierra	MAG ²⁴	No especifica frecuencia 2016	Imágenes satelitales	RapidEye
Ecuador	Informes del Sistema de Monitoreo de Sequía Agrícola	MAG ²⁵	10 días 2021	Imágenes ópticas multispectrales de satélite/radar	AVHRR/ SAR
	Mapa de estimación de superficie plantada del cultivo de banano		Anual 2021	Mosaico mensual de imágenes satelitales	PlanetScope; SENTINEL-2
	Mapa de estimación de superficie sembrada de los cultivos de arroz, maíz amarillo duro y soya		Anual 2021	Mosaico mensual de imágenes satelitales	
Brasil	Boletín Técnico: Agricultura de Precisión	MAGA ²⁶	Anual 2013	Imágenes satelitales	Galileo
	Boletín de zafra de Granos	CONAB ²⁷	Mensual	Imágenes satelitales	Sentinel/Land Sat-8 GLAM System
	Monitoreamiento Agrícola	CONAB	Mensual	Imágenes satelitales	MODIS VIIRS GLAM System
Chile	Estado actual de los procesos erosivos del suelo de la macrozona sur de Chile	MA ²⁸	No especifica frecuencia 2010	Imágenes satelitales	Sentinel 2
Uruguay	Mapa integrado de cobertura/uso del suelo	MGAP ²⁹	Bianual 2021-2022	Mapa georreferenciado de clases de cobertura/uso del suelo de Uruguay con énfasis en la producción agropecuaria a partir de imágenes satelitales	Sentinel 2A, LandSat-8
Argentina	Mapas de cultivo campaña fina	SGAP ³⁰	Semestral 2020-2021	Imágenes satelitales para el resumen de las características fenológicas y los atributos espectrales de	Sentinel 1

²⁴ Ministerio de Agricultura y Ganadería.

²⁵ Ministerio de Agricultura y Ganadería.

²⁶ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento.

²⁷ Compañía Nacional de Abastecimiento.

²⁸ Ministerio de Agricultura.

²⁹ Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

				cada cobertura en distintos momentos del ciclo analizado	
	Estimaciones agrícolas semanales		Semanal 2023	Imágenes satelitales	Sentinel 1 y 2, Landsat 8
	Monitor de estimaciones agrícolas		Semanal 2023	Imágenes satelitales	

Fuente: Elaborado con base en una revisión de páginas web de instituciones públicas (2023).

De acuerdo con la información obtenida, la frecuencia de publicación de reportes varía ampliamente de país en país. No obstante, la tendencia predominante es publicar estos reportes de manera anual o semanal, según su tipo. Todos los informes presentados son posteriores al 2013, y la mayor parte han sido producidos entre el 2019 y el 2023. Algunos países, como México, Guatemala, Brasil y Argentina han desarrollado una variedad de reportes especializados que se actualizan con regularidad, lo que proporciona una amplia gama de información para los agricultores y autoridades. Aunado a lo anterior, los datos empleados en los reportes provienen de imágenes satelitales, las cuales fueron producidas por satélites³¹ como Landsat³² y Sentinel³³, misiones comúnmente mencionadas dentro de los informes y reportes, así como de tecnologías de radar.

³⁰ Secretaría de Ganadería, Agricultura y Pesca.

³¹ Para conocer más sobre estos satélites, se invita a las personas lectoras a visitar la página de la Organización Meteorológica Mundial, que desarrolló la Herramienta de Análisis y Revisión de la Capacidad de los Sistemas de Observación (OSCAR). Una de las funcionalidades de esta herramienta es proporcionar información detallada sobre la lista con misiones y satélites pasados, actuales y futuros, meteorológicos y de observación de la Tierra, y sus instrumentos. Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2023. Disponible en: https://library.wmo.int/index.php?vl=serie_see&id=397.

³² Existen diferentes tipos de misión con el nombre de LandSat (Landsat 4/5 TM; Landsat 7 + ETM; Landsat 8 OLI), todos los cuales hacen observación de la Tierra y la vegetación a alta resolución. Son gestionados por la NASA y tienen una resolución temporal de 16 días (Andreu *et al.* 2021).

³³ Existen diferentes tipos de misión bajo el nombre de Sentinel (Sentinel-1 A, B; Sentinel-2 A,B; Sentinel-3 A,B), todos los cuales se dedican al monitoreo terrestre y oceánico. Son gestionados por la Agencia Espacial Europea y tienen una resolución temporal de 10 a 27 días (Andreu *et al.* 2021).

El caso del uso de la teledetección por parte del SICA

El Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) es el marco institucional de la integración regional centroamericana, creado por Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. Posteriormente se adhirieron como miembros plenos Belice, en el año 2000, y República Dominicana, en 2013. Su objetivo fundamental es realizar la integración de Centroamérica, para constituir la como una región de paz, libertad, democracia y desarrollo.

Dentro del SICA, el Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Secretaría General (PROGRESAN-SICA) desarrolla, a través de su Sistema de Información Geográfica (SIG-SICA), un hub que gestiona automáticamente una variedad de productos generados por diferentes fuentes, con base en datos de observación de la Tierra. Esta información es utilizada durante el análisis de la Clasificación Integrada de Fases de la Seguridad Alimentaria (CIF), que permite determinar las condiciones de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) a nivel nacional y regional y apoyar los procesos de toma de decisiones para reducir riesgos y promover la resiliencia de la SAN. PROGRESAN-SICA pretende utilizar datos de observación de la Tierra e información in situ para construir modelos/escenarios que permitan generar mecanismos de alerta temprana (prevención) o acción inmediata.

El SICA ha trabajado con AMA para conectar la plataforma de GLAM al sistema del hub del SIG-SICA. Además, a través de esta colaboración han logrado desarrollar otros productos específicos para las distintas regiones de los países miembros, con un foco en zonas donde la toma de decisiones es de gran necesidad, como por ejemplo el Corredor Seco Centroamericano. En dicha región se crearon indicadores de observación de la Tierra Agrometeorológicos (AGMET) de GEOGLAM-NASA Harvest a partir de datos geográficos proporcionados por el SICA. Esto ha permitido avanzar en el análisis de las variables agropecuarias, climáticas y de seguridad alimentaria, y la consecuente toma de decisiones en los ámbitos nacional y regional.

Toda la información generada es utilizada para los análisis de SAN, que se desarrollan sobre el marco de aplicación de la Clasificación Integrada de las Fases de la Seguridad Alimentaria (CIF) y que son liderados por los gobiernos de los países miembros del SICA donde se aplica la CIF. Dichos análisis constituyen la información que provee la región para el Informe Global del Hambre elaborado por la Red de Información sobre Seguridad Alimentaria (FSIN) en apoyo de la Red Mundial contra las Crisis Alimentarias (GNAFC).

Fuente: Elaborado en base a información de SICA 2023.

Por otro lado, se realizó una revisión de la frecuencia con que se publican datos agrícolas en la región latinoamericana, en específico de los censos agropecuarios y de las encuestas nacionales agrícolas (ENA). Dentro de los principales resultados, se destacan algunos países como Colombia y Brasil, que tienen estadísticas actualizadas y regulares, mientras que otros, como Guatemala,

Honduras y Nicaragua, tienen brechas significativas en la producción de estimaciones agrícolas. En total se accedió a 28 documentos (censos agropecuarios y ENA), donde se exponían los resultados, las metodologías y las estimaciones para cada país de la región. En el cuadro 4 se muestra un resumen del nivel de avance y actualización en infraestructura estadística agrícola en los países de América Latina.

Cuadro 4. Infraestructura estadística agrícola de los países de América Latina.			
País	Último año de censo agropecuario	Último año de ENA	Georreferenciación en censos
México	2022	2022	Sí
Guatemala	2003	No aplica	No
El Salvador	2007	2021	Sí
Honduras	2013	No aplica	No
Nicaragua	2005	No aplica	No
Costa Rica	2014	2022	Sí
Panamá	2010	No aplica	No
Colombia	2018	2019	Sí
Venezuela	2011	No aplica	No
Ecuador	2010	2022	Sí
Bolivia	2012	2015	No
Chile	2021	2021	Sí
Brasil	2017	No aplica	No
Perú	2017	2022	Sí
Paraguay	2022	2022	No

Uruguay	2022	2022	No
Argentina	2019	2007	Sí

Fuente: Elaborado con base en información de FAO 2023 y una revisión en las páginas web de las instituciones oficiales.

Como anteriormente se mostró, en el caso de los censos agropecuarios, se corroboró si los datos contaban con georreferenciación. Esta revisión estuvo motivada por la necesidad de conocer qué tan avanzados están los países en el uso e implementación de técnicas vinculadas a sistemas de información geográfica y teledetección, así como de poder analizar espacialmente estos datos en el futuro, combinándolos con imágenes satelitales. Además, esta herramienta se vincula con la teledetección, porque las imágenes de satélite modernas y las cámaras aéreas pueden brindar información de ubicaciones relativamente exactas del

territorio, aunque se pueden requerir pequeños ajustes para alinear todos los datos, ya que se puede generar una serie de distorsiones (Moreno y Jacomé 2017).

En síntesis, sólo ocho de los 17 países de la región cuentan con datos georreferenciados para sus censos o ENA. Particularmente, los países que disponen de información georreferenciada son los que producen de manera regular y periódica estadísticas, como las ENA o anuarios agrícolas. Adicionalmente, esos mismos ocho países suelen no tener censos agropecuarios con largos períodos de desactualización (diez o más años).



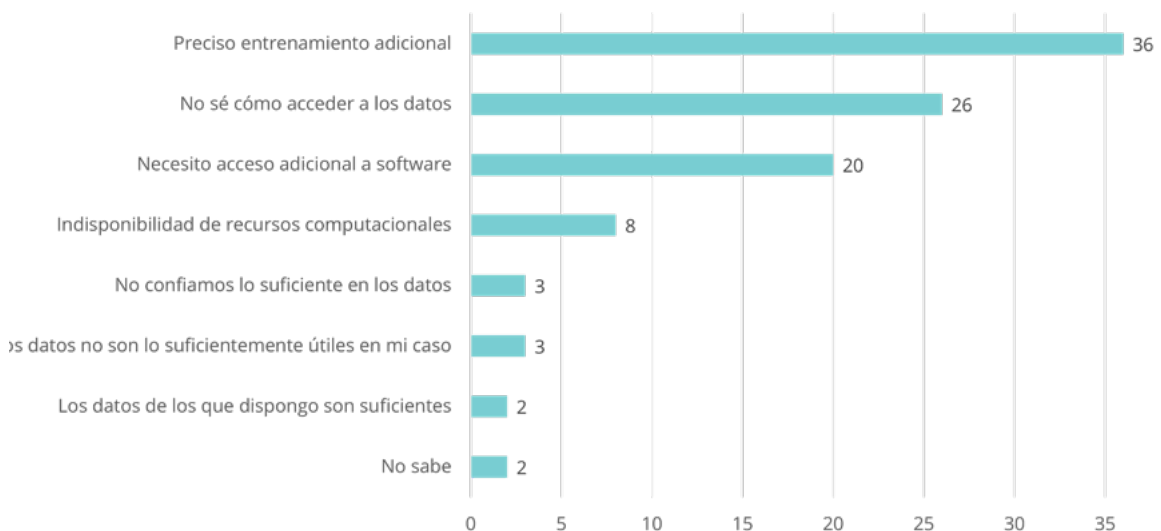
D. DESAFÍOS EN EL USO DE LA TELEDETECCIÓN EN AMÉRICA LATINA

Es evidente que la teledetección contribuye significativamente a la agricultura como actividad productiva humana. Su aporte es diverso y abarca desde el monitoreo y la vigilancia de cultivos, en casos de eventos climáticos extremos como inundaciones y sequías, hasta el análisis de variables agrícolas, como la humedad del suelo, la vegetación, la deforestación y los incendios forestales, entre otras. En general, América Latina es una región con grandes disparidades en el acceso a las tecnologías por diversas razones (IICA, BID y FONTAGRO 2014, Dubovik et al. 2021). Por consiguiente, resulta lógico que la teledetección no sea la excepción, aunque no se pueden negar los avances que, en mayor o menor medida, cada país de la región ha logrado recientemente en esta materia.

A continuación, se exponen los desafíos identificados en el taller para el acceso, el uso y la integración de la teledetección en la región, a partir de información expuesta anteriormente. En la gráfica 5 se presentan siete razones por las cuales, según lo expuesto por las personas participantes en el taller, no se están utilizando productos derivados de imágenes satelitales.

Gráfica No. 5 Motivos para no utilizar productos derivados de imágenes satelitales

-Porcentajes, n= 31-



Fuente: Elaborada con base en una encuesta realizada in situ en el taller (2023).

A los participantes se les pidió señalar las razones por las que no utilizaban productos derivados de imágenes satelitales o teledetección. La mayoría respondió que no cuentan con las habilidades necesarias para el uso de dichas herramientas (36 %). Esta situación deriva en el desaprovechamiento y el desuso de estas tecnologías por la carencia de personal capacitado y de talleres de capacitación y actualización para quienes están vinculados a la temática. Junto a lo anterior, el 26 % de los participantes señaló desconocer cómo acceder a los datos generados por la teledetección. Esta razón es la segunda más mencionada por la que no se integran productos derivados de imágenes satelitales en su trabajo diario. Es decir, el desafío más importante identificado se vincula con la capacitación y el acompañamiento en el uso de herramientas de teledetección a las personas trabajadoras de los ministerios o secretarías de agricultura, ganadería y pesca, instituciones o departamentos de estadísticas agropecuarias, centros educativos y organizaciones del sector privado, entre otros.

Además, las personas participantes mencionaron que no tienen acceso adicional a programas informáticos que les permitan manejar la información proveniente de la teledetección (20 %). Esto significa que quienes sí cuentan con la capacitación para hacer un manejo efectivo de información proveniente de estas tecnologías tienen un acceso parcial a dichas herramientas, por falta de recursos o capital físico para el procesamiento de las mismas. Dada esta situación, podría existir la necesidad de mejorar desde el acceso a las imágenes

satelitales y a las herramientas de teledetección hasta a equipos de alto nivel para desarrollar el trabajo correspondiente. La falta de recursos, tanto financieros como tecnológicos, puede ser un obstáculo para la implementación y el uso efectivo de la teledetección.

Por otro lado, parte de la carencia de acceso y/o limitado uso de estas herramientas se debe al necesario trabajo interno que las instituciones deben hacer para incluir a la teledetección como una herramienta complementaria en sus métodos de trabajo, en especial en los referidos a la producción de información estadística agropecuaria. La teledetección puede complementar y mejorar otros métodos de estimación agrícola, como ocurrió en Argentina con el método de segmentos aleatorios. Es importante explorar y aprovechar estas complementariedades para obtener estimaciones más completas y precisas. En contraste, no se puede negar que la tecnología en sí misma guarda algunos desafíos, como la necesidad de acceder a imágenes de mayor calidad y precisión, además de poseer un mínimo de capacidad computacional. Diferentes integrantes del taller, así como apartados metodológicos de los documentos revisados, evidenciaron que la presencia de nubes en las imágenes satelitales dificulta la obtención de datos precisos y confiables, sobre todo en países cercanos al Ecuador. Por lo tanto, es necesario desarrollar y adaptar métodos y técnicas para lidiar con este desafío y obtener imágenes claras y sin obstrucciones (Romero 2006, Colomina et al. 2008)

Señalar las dificultades y los obstáculos encontrados en el uso y el acceso de la teledetección en la región nos permite reflexionar sobre las acciones futuras para la inserción de estas herramientas en la función institucional y en la cotidianidad de los productores rurales. Si bien dentro de estas mismas tecnologías quedan desafíos por resolver, el interés principal de la información presentada no es problematizar sobre la tecnología en sí misma, sino más bien visibilizar los desafíos institucionales que, desde América Latina, se presentan para acceder y utilizar de manera efectiva esta tecnología. Dado este panorama, los desafíos en materia de infraestructura, que incluyen el acceso, la calidad y las capacidades técnicas de los usuarios, parecen tener prioridad dentro de los retos que se deben abordar en los países de la región para lograr el uso efectivo de estas tecnologías.



CONCLUSIONES GENERALES Y HOJA DE RUTA EN EL USO DE TELEDETECCIÓN

El avance tecnológico, especialmente en el ámbito digital, está generando una revolución en diversas industrias, mercados y sociedades. Evidentemente, la agricultura no es la excepción a este proceso. Desde hace más de cinco décadas, se han venido desarrollando maquinarias, dispositivos y software para una agricultura de precisión (Dubovik et al. 2021), muchos de los cuales se basan en el sensoramiento remoto o teledetección. El uso de la teledetección en la agricultura a nivel global data de la década de 1970. Por lo anterior, no es extraño que la tercera década del siglo XXI traiga consigo herramientas digitales que sean fundamentales para la producción y comercialización de productos agrícolas (Sotomayor et al. 2021).

El uso de tecnologías de teledetección en la agricultura ofrece una gama de prestaciones muy valiosas para la evaluación de los cultivos y la estimación de su producción. Durante el taller, se discutieron seis herramientas vinculadas a la teledetección, desde algunas muy simples y accesibles hasta sistemas avanzados. Esta variedad ofrece posibilidades a usuarios con distinto tipo y nivel de capacitación, y claramente puede facilitar la aplicación de las tecnologías en un escenario regional donde se observa gran margen para el aprovechamiento de las mismas. La falta de capacidades aparece como un claro desafío para el uso de las tecnologías, aunque también existen otros como la inversión necesaria para adquirir las mismas, entre otros. Sin dudas, estas tecnologías ofrecen información crucial para abordar problemas agrícolas, por lo que es esencial integrarlas en los métodos y las prácticas

de trabajo con un enfoque integral que incluya inversión, capacitación y colaboración entre los diversos actores públicos y privados del sector agrícola. Es importante trabajar en conjunto con universidades locales y sus programas de extensión, y con instituciones especializadas en la temática, como para fortalecer estas capacidades en cada país.

Los resultados expuestos revelan un gran interés en el uso de productos derivados de la teledetección en el sector agrícola y una tendencia clara hacia su adopción. La mayoría de los participantes, representantes de diversas instituciones y países, han utilizado productos derivados de imágenes satelitales, lo que refleja la relevancia y la penetración creciente del uso de esta tecnología en la agricultura. Aunque algunos lo hacen de manera ocasional, una proporción significativa utiliza regularmente esta información, especialmente para monitorear las condiciones de los cultivos. Además, existe un consenso entre los usuarios encuestados sobre la relevancia de estos productos para la elaboración de estadísticas oficiales, legislación agrícola y seguimiento de condiciones de cultivo. Esto indica un reconocimiento de la utilidad de la teledetección en la toma de decisiones y la formulación de políticas agrícolas. De acuerdo con la encuesta, los productos más utilizados y deseados se relacionan principalmente con el monitoreo de cultivos, como los índices de vegetación, y los mapas del tipo de cobertura del suelo. Sin embargo, existe un interés creciente en acceder a información más avanzada, como la estimación del rendimiento de cultivos y mapas de riesgo, que pueden

proporcionar datos valiosos para una gestión agrícola más precisa y eficiente.

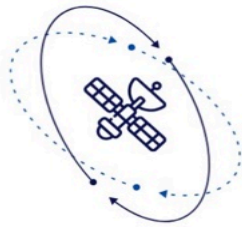
La investigación de documentos evidenció una variabilidad significativa en la adopción de tecnologías de teledetección entre los países latinoamericanos. Algunos países están liderando el uso de información derivada de teledetección en informes y sistemas de monitoreo, mientras que otros utilizan ese tipo de información de forma limitada, debido a diferentes desafíos que enfrentan. Esto refleja que este segundo grupo de países tiene un potencial importante para aprender de los países que lideran en el uso de información derivada de la teledetección y para avanzar en el empleo de tecnologías cuya eficiencia ya se comprobó en países que han venido utilizando la teledetección en la agricultura. En los anexos 1 y 3 se detallan los países que realizan estimaciones agrícolas, pero que no necesariamente utilizan herramientas de teledetección. Este grupo de países representa un desafío enorme para la comunidad de la teledetección, no solo de Latinoamérica, sino también en el ámbito global.

En términos de infraestructura estadística agrícola, se observa que algunos países han avanzado en la georreferenciación de sus censos agrícolas, lo que contribuye a una mejor calidad y precisión de la información. No obstante, aún existen brechas significativas en la producción de estadísticas agrícolas entre países, lo que se suma a la muy baja frecuencia de realización de censos agropecuarios que se observa en muchos países. Por último, estas tecnologías se están desarrollando

con el objetivo de contribuir al mapeo, monitoreo y manejo de los cultivos, entre otras muchas funciones provechosas que ofrecen. Como herramientas de trabajo pueden contribuir a aumentar la productividad y estar a la vanguardia en términos de adaptación a eventos climáticos extremos. Representan una posibilidad para reducir la incertidumbre en la seguridad alimentaria en la región, así como un instrumento efectivo para la planificación de políticas públicas agroalimentarias y también para monitorear variables relacionadas con la deforestación. También, estas herramientas son cruciales a la hora de entender los cambios en el uso del suelo y el secuestro de carbono.

Sin duda, una oportunidad única para organismos como el IICA, AMA y NASA Harvest es la de proporcionar acceso y apoyo a los profesionales de la región sobre cursos, seminarios y plataformas disponibles para aplicar estas tecnologías. La formación de capacidades en la temática les permitirá incorporar herramientas para prepararse mejor ante episodios de inseguridad alimentaria o impactos de escenarios climáticos adversos, entre otros. Existe también una gran oportunidad de cooperación entre países, que puede ser promovida por los organismos mencionados a fin de capitalizar los aprendizajes de aquellos países que más avanzaron en la materia.

Finalmente, a continuación se presenta una hoja de ruta sugerida para la incorporación de teledetección en el desarrollo de estadísticas e informes agrícolas de países, con preguntas generadoras básicas (propuestas en el taller) sobre las principales dimensiones del proceso.



HOJA DE RUTA TELEDETECCIÓN

1 IDENTIFICAR

Cada institución participante debe tomarse el tiempo de identificar los desafíos, vacíos y necesidades que tiene dentro de su equipo para poder integrar herramientas de teledetección.



2 DEFINIR

Definir de manera clara los desafíos y establecer objetivos para enfrentarlos. Además, se debe agregar las capacidades y habilidades que como equipo consideran indispensable adquirir.



3 PLANIFICAR

Dentro de los planes de trabajo anuales deben incluirse sesiones de capacitación de las herramientas de teledetección, así como destinar un presupuesto para acceder a las mismas y brindar mantenimiento.



4 EJECUTAR

Empezar a producir información con las herramientas disponibles para ir generando conocimiento en la institución. Compartir esta información con instituciones asociadas que puedan aportar valor agregado a los productos derivados de la teledetección.



5 VALIDAR Y MONITOREAR

Mantener capacitaciones constantes en el equipo y contrastar la información disponible para abordar los desafíos posteriores.



Preguntas generadoras derivadas del taller

Identificar si mi país cuenta con estadísticas agrícolas.

¿Cómo mejorar el acceso a la tecnología de teledetección y a las estaciones satelitales?

¿Cómo aprovechar los productos globales basados en imágenes satelitales para aplicaciones locales en cada país?

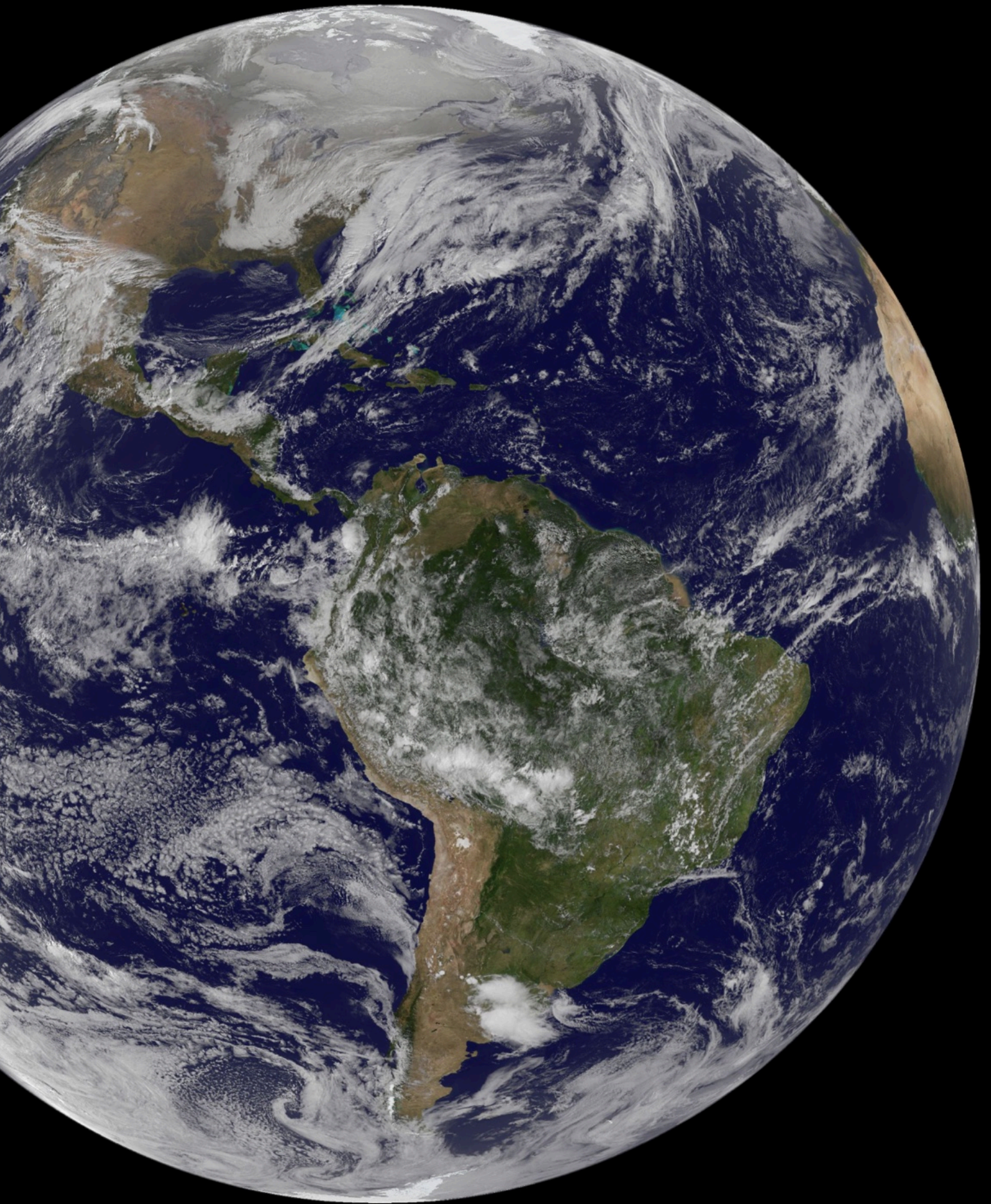
¿Cuáles podrían ser respuestas institucionales a los desafíos y limitaciones en el uso de teledetección para estimaciones agrícolas?

¿Cómo mejorar la capacitación y el acompañamiento en el uso de herramientas de teledetección?

¿Cómo promover la colaboración entre instituciones y comunidades?

¿Cómo resolver las cuestiones internas y técnicas para sistematizar la información obtenida a través de teledetección?

¿Cómo involucrar a las comunidades y productores en el acceso y uso de datos de teledetección para mejorar la toma de decisiones?



BIBLIOGRAFÍA

- ABE (Agencia Boliviana Espacial). s. f. Teledetección (en línea). La Paz, Bolivia. Disponible en <https://www.abe.bo/actividades/observacion-de-la-tierra/>.
- Andreu, A; Carpintero, E; González-Dugo, M.P. 2021. Teledetección para la Agricultura. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-41 p. Formato digital (e-book) - (Área de Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria). Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/bdac6055-21a9-4dd7-8cba-06a3e9d67873/download>
- Agência Nacional de Águas (Brasil). 2017. Levantamento da Cana-de-Açúcar Irrigada na Região Centro-Sul do Brasil. Brasília, Brasil.
- Agrosatélite Applied Geotechnology Ltd. 2018. Geospatial analysis of soy expansion associated land use and land cover change, and agricultural suitability in the Brazilian Amazon Biome: 2000 to 2017. Rudorff, B.; Rizzo, J. et al. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. ISBN: 978-85-54011-01-7.
- Agrosatelite Applied Geotechnology Ltd. 2020. Geospatial analysis of soy crop in the Cerrado Biome. Expansion dynamic/agricultural suitability/evaluation system for financial compensation: 2001 to 2019. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. ISBN: 978-65-991465-2-7.
- Agrosatélite Applied Geotechnology Ltd. 2021. Geospatial analysis of soy expansion in the Cerrado Biome: 2000/01 to 2021/22. An update and reanalysis with the new boundary of the biome. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. ISBN: 978-65-991465-5-8.
- Arrieta, D. 2021. Análisis de la influencia de las mareas del Río Cañas y Bebedero mediante imágenes satelitales e índices de vegetación y su correlación con el nivel freático de 154 hectáreas de siembra de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ubicadas en el Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Baeza, S; Baldassini, P; Bagnato, C; Pinto, P; Paruelo, J. 2014. Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. Agrociencia Uruguay 18(2).
- Balbotín, C; Odi, M; Poblete, R; Garrido, J; Campos, I; Calera, A. 2016. Uso de herramientas de teledetección y SIG para el manejo de riego en los cultivos. La Serena, Chile. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias n.º 335.
- Banco Mundial. 2022. Panorama General de Agricultura y Alimentos (en línea). Washington, D. C., Estados Unidos de América, Grupo del Banco Mundial. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#4>
- Banco Mundial, CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2022. Agricultura climáticamente inteligente en Uruguay. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para África, Asia y América Latina. Washington, D. C., Estados Unidos de América, Grupo del Banco Mundial.
- Barni, M; Ratto, E. 2022. Teledetección aplicada al agro: Clasificación de cultivos a partir de imágenes satelitales. Trabajo final de carrera. Universidad Nacional de La Plata.
- BCP (Banco Central del Paraguay). 2023. Datos Algodón Nacional 2. Asunción, Paraguay. Serie detallada de Comercio Exterior-BCP.
- Cabral, U. 2020. Censo Agropecuario cumple 100 años y retrata la historia del sector en el país. Agência IBGE Notícias.
- Castaño, JP; Giménez, A; Olivera, L. s. f. Algunos ejemplos de teledetección aplicada a los sistemas agropecuarios en el Uruguay. Montevideo, Uruguay, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Castaño, JP; Giménez, A; Olivera, L. 2005. Identificación del área ocupada con cultivos de invierno utilizando imágenes del satélite Landsat. Montevideo, Uruguay, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, Chile). s. f. Ortoimágenes con capas de información temática (en línea). Santiago, Chile. Disponible en <https://www.ciren.cl/productos/ortoimagenes/>.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, Chile). s. f. Procesamiento y análisis de imágenes satelitales - Ciren (en línea). Santiago, Chile. Disponible en <https://www.ciren.cl/servicios/procesamiento-y-analisis-de-imagenes-satelitales/>.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, Chile). 2022. Memoria Institucional. Santiago, Chile.
- CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2016. Buenas prácticas en la elaboración de mapas de suelo. San José, Costa Rica, IICA. 19 p. ISBN: 978-92-9248-617-4.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2022. Estudio Económico de América Latina y el Caribe, 2022 (LC/PUB.2022/9-P/Rev.1), Santiago, Chile. ISBN: 978-92-1-005579-6

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2020. Tendencias estructurales en la agricultura de América Latina. Santiago, Chile. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 201 (LC/TS.2020/156).

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2021. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2021-2022. San José, Costa Rica, IICA. 132 p. ISBN: 978-92-9248-920-5.

Chile Forestal. 2020. Plan Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales 2020-2021. Santiago, Chile, CONAF.

Colomina, I; Blázquez, M; Molina, P; Parés, M; Wis, M. 2008. Towards a new paradigm for high-resolution low-cost photogrammetry and remote sensing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 37, part B1. Beijing, China.

Corporación Arrocera Nacional. 2021. Informe Anual Estadístico: Control Estadístico Arrocero, 2021 de 2020. San José, Costa Rica.

Cortés, A. Sánchez, C. 2017. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Universidad Técnica de Machala. ISBN: 978-9942-24-092-7

D'Acunto, L; Espindola, A; Gattinoni, N; Ramis, V; Serritella, D. 2023. AgroCultivos. Previsión Agrometeorológica Semanal (en línea). Buenos Aires, Argentina, Instituto de Clima y Agua. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/inta/informacion-agroclimatica/informes-agromet-y-agrocultivos/agrocultivos>.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2016a. 3er Censo Nacional Agropecuario. Tomo 1. Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2016b. 3er Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2. Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2019a. Boletín Técnico. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2019b. Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA. Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2019c. Metodología General: Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado - ENAM. Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, República de Colombia. 2022. Ficha Metodológica: Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA. Bogotá, Colombia.

Dirección de Meteorología e Hidrología, República del Paraguay. 2020. Boletín de Perspectivas Climáticas. Asunción, Paraguay. Agosto.

Dirección Nacional de Prospectiva y Estudios Estratégicos. 2022. Análisis de imágenes satelitales para el estudio de dinámicas territoriales». Lima, Perú, Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.

Dubovik, O; Schuster, GL; Xu, F; Hu, Y; Bösch, H; Landgraf, J; Li, Z. 2021. Grand challenges in satellite remote sensing. *Frontiers in Remote Sensing* 2:619818. doi: 10.3389/frsen.2021.619818.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. FRA 2020 Remote Sensing Survey (en línea). Recuperado de <https://www.fao.org/newsroom/detail/global-deforestation-slowing-but-rainforests-under-threat-fao-report-shows-030522/en>

Fernández, E; Mazzili, S; Rava, C; Borges, M; Ferrero, B; Lanfranco, B. 2022. El complejo oleaginoso en Uruguay: Análisis de la zafra 2021/2022 y perspectivas». In *Encuentro Nacional* (11, 13 oct., INIA).

Giménez, A; Baethgen, W; Cal, A; Ceccato, P; Tiscornia, G; Pisón, A. 2017. Utilización integrada de teledetección y modelación para la identificación de cultivos y estimación futura del rendimiento de grano. *Revista INIA Uruguay* 49:45-49.

Giménez, A; Castaño, JP; Olivera, L; Baethgen, W; Molfino, C; Califra, A. s. f. Estimación del área de cultivo de arroz y de agua represada en la cuenca del río Cuareim, utilizando imágenes de satélites Landsat para las zafra: 97-98, 98-99, 99-00, 00-01. Montevideo, Uruguay, INIA.

Gobierno de Chile. 2009. Estudio del alcance de la agricultura de precisión en Chile: estado del arte, ámbito de aplicación y perspectivas (en línea). Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/07/AgriculturaDePrecision.pdf>.

Gobierno de Colombia. 2017. Anuario estadístico del sector agropecuario 2017. Resultados de evaluaciones agropecuarias municipales. Bogotá, Colombia, MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

Gobierno de Colombia. 2023. Boletín Agroclimático Nacional. Bogotá, Colombia, MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

ICAPE (Instituto del Café de Costa Rica). 2008. Pliego de condiciones para la indicación geográfica "Café de Costa Rica". San José, Costa Rica.

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2016. Procedimiento para el reconocimiento de gastos e ingresos por el uso de opciones en el mercado de futuros de café. San José, Costa Rica.

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2019. Sistema de alerta y recomendación temprana para el combate de la roya. San José, Costa Rica.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2015. Innovación tecnológica y comercial de la agricultura familiar en Paraguay. San José, Costa Rica.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica); BID (Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos de América). 2020. Conectividad rural en América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica, IICA.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica); BID (Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos de América); FONTAGRO. 2014. Contribución de FONTAGRO al desarrollo agrícola de América Latina y el Caribe: evaluación ex-post de proyectos colaborativos. Sain, G et al. San José, Costa Rica. 73 p. ISBN: 978-92-9248-507-8.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Argentina). 2005. Cereales. Superficie implantada, cosechada y producción, por cultivo, según provincias seleccionadas. Buenos Aires, Argentina.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Argentina). 2016. Encuesta Nacional Agropecuaria 2007. Buenos Aires, Argentina.

INDERT (Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra, Paraguay). s. f. Resumen de logros en desarrollo rural y social 2013-2018. Asunción, Paraguay.

INE (Instituto Nacional de Estadística, Bolivia). 2019. Censo Agropecuario Estado Plurinacional de Bolivia 2013 (en línea). La Paz, Bolivia. Estado Plurinacional de Bolivia: Catálogo del Archivo Nacional de Datos - ANDA. Disponible en <https://anda.ine.gob.bo/index.php/catalog/24>.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica). s. f. VI Censo Nacional Agropecuario. San José, Costa Rica.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica). 2022. Encuesta Nacional Agropecuaria 2021. Resultados generales de la actividad agrícola y forestal. San José, Costa Rica.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2013. Base de datos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú.

INFONA (Instituto Forestal Nacional, Paraguay). s. f. Sistemas de información geográfica y teledetección como

herramientas para el monitoreo de los recursos forestales. Asunción, Paraguay.

INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú). 2021. MIDAGRI emplea herramientas de teledetección para identificar plagas y enfermedades en cultivos. Lima, Perú.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2014. Mapa digital de clasificación de las tierras por su vocación de uso, República de Colombia, Escala 1:100.00. Año 2013 (en línea). Bogotá, Colombia. Disponible en <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>.

Instituto Nacional de Estadística y Censos, República del Ecuador. 2000. III Censo Nacional Agropecuario del Año 2000. Quito, Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística, República de Chile. s. f. Cambios estructurales en la agricultura chilena. Análisis intercensal 1976-1997-2007. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Estadística, República de Chile. 2022. Documento Metodológico VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Estadística, República de Chile. 2023. Encuesta de superficie sembrada con cultivos anuales 2022-2023. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Estadística, República de Honduras. 2008. Encuesta Agrícola Nacional 2007-2008. Tenencia, uso de la tierra, crédito y asistencia técnica. Tegucigalpa, Honduras.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, República Oriental del Uruguay. s. f. Predicción de estados fenológicos de soja y otros cultivos de verano. Montevideo, Uruguay.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, República Oriental del Uruguay. 2015. Estimación de áreas con cultivos en cuencas y subcuencas en Uruguay. Montevideo, Uruguay.

Ipiales, O; Cuichán, M. 2023. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Metodología. Quito, Ecuador, INEC.

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). 2020. Perspectiva agroclimática del 18 al 24 de junio de 2020: El invierno comienza con precipitaciones sobre el nordeste y el centro-este del área agrícola, acompañadas por una marcada oscilación térmica con fuerte contraste norte sur (en línea). Asunción, Paraguay. Disponible en https://www.ipta.gov.py/index.php/download_file/force/594/406.

Jiménez, E. 2021. Evaluación de la resistencia de accesiones de maíz a la mancha de asfalto mediante criterios epidemiológicos y sensores remotos. Tesis de Maestría en

Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Jones, J; Antle, J; Basso, B; Boote, K; Conant, R; Foster, I; Godfray, C; Herrero, M; Howitt, R; Janssen, S; Keating, B; Muñoz-Carpena, R; Porter, C; Rosenzweig, C; Wheeler, T. 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science (en línea). *Agricultural Systems* 155: 269-288. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>.

Katz, M. Seid, G. Abiuso, F. 2019. La técnica de encuesta: Características y aplicaciones. Universidad de Buenos Aires (en línea). Disponible en <http://metodologiadelainvestigacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/117/2019/03/Cuaderno-N-7-La-t%C3%A9cnica-de-encuesta.pdf>

Laboratorio de Datos Geoespaciales y Teledetección ESNACIFOR. 2009. Mapa de cobertura y uso del suelo de la República de Honduras. Tegucigalpa, Honduras.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil). 2009. Agricultura de precisão. Brasília, Brasil, Secretaria de Desenvolvimento Agropecuario e Cooperativismo.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil). 2014. Dia Internacional do Cacau 2014 (en línea). *Jornal do Cacau* 11. Brasil, Brasília. Disponible en <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/jornal-do-cacau/jornal-do-cacau-no-11.pdf>.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil). 2016a. *Revista Agrotrópica*. Brasília, Brasil.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil). 2016b. *Revista Theobroma*. Brasília, Brasil.

Ministério da Ciencia e Tecnologia, Brasil. s. f. Programa EDUCA SeRe. Brasília, Brasil.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, República del Ecuador. s. f. Registro Nacional Agropecuario (RENAGRO). Quito, Ecuador, Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, República del Ecuador. s. f. Sistema de Monitoreo de Sequía Agrícola en Ecuador. Documento metodológico de la generación de índices de sequía del cultivo de maíz amarillo duro. Quito, Ecuador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, República del Ecuador. 2017. Superficie de principales cultivos a nivel nacional. Quito, Ecuador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, República del Ecuador. 2021. Sistema de Monitoreo Agrícola en Ecuador. Presentación de productos. Quito, Ecuador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, República del Ecuador. 2022. Mapa de estimación de superficie plantada del cultivo de banano en el Ecuador continental, escala 1:25.000, año 2021 (en línea). Catálogo de Datos - Metadatos, 2022. Disponible en <http://geoportal.agricultura.gob.ec:8080/geonetwork/srv/api/r/ecords/8bac37a4-6038-4747-bff7-d46e1031bf45>.

Ministerio de Agricultura y Riego, República del Perú. 2019a. Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019. Resultado Final. Lima, Perú, Dirección de Estadística Agraria.

Ministerio de Agricultura y Riego, República del Perú. 2019b. Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019. Resumen Ejecutivo. Lima, Perú, Dirección de Estadística Agraria.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, República de Argentina. 2020. Mapa de cultivo campaña fina 2019. Buenos Aires, Argentina.

Ministerio de Agricultura, República de Chile. 2020. Información satelital para el monitoreo de la sequía en la agricultura (en línea). Santiago, Chile, Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal. Disponible en https://opia.fia.cl/601/w3-article-113305.html?_external_redirect=articles-113305_archivo_01.pdf.

Ministerio de Agricultura, República de Chile. 2022. INDAP en cifras. Santiago, Chile, INDAP.

Ministerio de Agricultura, República de Colombia. 2013. Evaluaciones Agropecuarias Municipales- EVA (en línea). Bogotá, Colombia, Unión Temporal Crece Federación. Disponible en <http://www.agronet.gov.co>.

Ministerio de Agroindustria, República de Argentina. s. f. Metodología para la estimación de la superficie sembrada con cultivos extensivos. Versión V. Buenos Aires, Argentina.

Ministerio de Ambiente, República del Perú. s. f. Boletín Agroclimático Mensual Piura y Tumbes. Lima, Perú.

Ministerio de Ambiente, República del Perú. 2014. Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú-Primera Etapa. Lima, Perú, Dirección General de Ordenamiento Territorial.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, República del Perú. 2020. MINAGRI hace uso de tecnología satelital en el cultivo de arroz. Lima, Perú.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, República del Perú. 2021. Metodología de la construcción del marco maestro muestral para la ENA-MIDAGRI y demás operaciones estadísticas en el período intercensal. Lima, Perú.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, República del Perú. 2022. Boletín Estadístico Mensual. El Agro en Cifras. Lima, Perú.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2012a. Compendio agropecuario (en línea). La Paz, Bolivia, Observatorio Agroambiental y Productivo. Disponible en <https://www.ruralytierras.gob.bo/download.php?file=20130503155451.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2012b. Informe de Gestión 2012 (en línea). La Paz, Bolivia, Dirección General de Planificación. Disponible en <https://www.ruralytierras.gob.bo/download.php?file=20130424172816.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2013. Mapas de producción según municipios (en línea). La Paz, Bolivia. Disponible en <https://www.ruralytierras.gob.bo/download.php?file=20130503160026.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2014. Boletín Semanal AgroNoticias. La Paz, Bolivia.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2018. Resumen de resultados de la campaña agrícola 2017-2018. La Paz, Bolivia, INSA.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Estado Plurinacional de Bolivia. 2022. Plan Operativo Anual 2022. La Paz, Bolivia.

Ministerio de Economía, República de Argentina. 2023. Estimaciones agrícolas: informe semanal. Buenos Aires, Argentina, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2011. Censo General Agropecuario 2011. Resultados definitivos. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2021a. Cobertura y uso del suelo 2020/21. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2021b. Encuesta agrícola: invierno 2021. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2022a. Censo General Agropecuario 2022 (en línea). Montevideo, Uruguay. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/censo-general-agropecuario-2022>.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2022b. Encuesta agrícola: primavera 2021 Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2022c. Resultados de la encuesta de arroz: zafra 2021-22. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2023a. Registro Nacional de Operadores de Instalaciones de Acopio de Granos-REOPINAGRA. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, República Oriental del Uruguay. 2023b. Resultados de la encuesta de papa: otoño 2023. Montevideo, Uruguay.

Moreno Mayorga, SL; Jácome Molina, JM. 2017. Usos de información georreferenciada para prestación de servicios a la población: una revisión de literatura (en línea). GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica 20:201-229. Disponible en <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/572/432>.

Núñez, G. 2022. Estimación de la biomasa vegetal aérea mediante teledetección calibrada con un método destructivo en Cajatambo, Lima. Tesis para Optar el Título Profesional de Biólogo, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Olivera, L; Castaño, JP; Giménez, A. 2005. Identificación del área ocupada con cultivos de verano utilizando imágenes de los satélites AQUA-MODIS y TERRA-MODIS para los departamentos de Soriano y Colonia. Montevideo, Uruguay, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2021. Teledetección en agricultura. Lima, Perú.

OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2023. Manual del usuario de OSCAR/Superficie (en línea). Disponible en: <https://library.wmo.int/idurl/4/28128>

Parody, A; Zapata, EJ. 2018. Agricultura de precisión en Colombia utilizando teledetección de alta resolución. Suelos Ecuatoriales 48 (1 y 2):41-49.

Pekholtz, F. 2014. Estimación por análisis geoespacial de cobertura de los principales cultivos mecanizados de la campaña agrícola 2013/2014, en la Región Oriental del Paraguay. Asunción, Paraguay, Instituto de Biotecnología Agrícola.

Pérez, E; García, P. 2013. Aplicaciones de la teledetección en degradación de suelos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 61:285-308.

Petraglia, C; Dell'Acqua, M; Pereira, G; Yussim, E. 2019. Mapa integrado de cobertura/uso del suelo del Uruguay, año

2018. Montevideo, Uruguay, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Piedad, A; Hernández, D; Lárraga, H; Zacarías, E. 2020. Teledetección en la agricultura de precisión: Estado del arte de los índices de vegetación. TECTZAPIC 6(2):47-59.

Risso, J. 2021. Cerrado soy dynamics with focus on the 61 priority municipalities updated for crop year 2019/20 vs 2014/2019. s. n. t.

Rodríguez, J. 2020. Agricultura de precisión en Colombia en el mundo. Tesis de Licenciatura. Universidad de del Valle. Santiago de Cali, Colombia.

Rodríguez-Ramos, B; Velandia, F; Cárdenas, R. 2008. Teledetección y SIG aplicados a la exploración geológico-geofísica en el Altiplano Nariñense-Colombia. Geología Colombiana 33:79-90.

Romero, FS. 2006. La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental (en línea). AquaTIC 24 (2006):13-41. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49402403>.

Rudorff, B; Risso, J. 2015. Geospatial Analyses of the Annual Crops Dynamic in the Brazilian Cerrado Biome: 2000 to 2014. Santa Catarina, Brasil.

Sánchez, M; Villalobos, R; Villalta, R; Carr, C; Guzmán, M. 2021. Medición de la deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas para el combate de la Sigatoka Negra con sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS-DRONES) en el cultivo de banano. San José, Costa Rica, Dirección de Investigaciones de la Corporación Bananera Nacional.

Santizo, VM. 2017. Insumos para el diseño de un sistema de información agroclimática para pequeños productores de Honduras. Ingeniería en Ambiente y Desarrollo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Secretaría de Agricultura y Ganadería, República de Honduras. 2022. Después de 30 años: Honduras tendrá nuevo Censo Agropecuario Nacional – CNA. Tegucigalpa, Honduras.

Selles, G; Odi, M; Balbontín, C. s. f. Teledetección: apoyando a la agricultura desde el cielo. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Bolivia); MMayA (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia); MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Bolivia); VIDECI (Viceministerio de Defensa Civil, Bolivia). 2023. Reporte nacional de sequías de Bolivia ID #343, Junio 2023. La Paz, Bolivia.

Servicio de Información Agroalimentaria, República de Honduras. 2023. Reporte Agrometeorológico Año XI- N° 17. Perspectiva para el período correspondiente del 24 al 30 de

julio de 2023 (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Disponible en <https://infoagro.sag.gob.hn/agrometereologia/>.

Shanmugapriya, P; Rathika, S; Ramesh, T; Janaki, P. 2019. Applications of remote sensing in agriculture - A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(1):2270-2283. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.238>.

Sotomayor, O; Ramírez, E; Martínez, H (coords.). 2021. Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina. Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/65). Santiago, Chile, CEPAL/FAO.

Souza, N; Kozhikkodan, B; Ward, R; Costi, J; Alves, S. 2023. Remote sensing of grasslands in the South American Pampas (scientometrics analysis). Land Degradation & Development 34(10):2723-2734. <https://doi.org/10.1002/ldr.4658>.

Urbano, P; Cox, J; Bell, W. 1996. Caracterización del uso de la tierra en Honduras integrando SIG/sensores remotos y modelos a diversas escalas. s. l., CIAT.

Vásquez, M. 2010. Análisis de la variación espacial y temporal de la cobertura vegetal en cuatro comunidades del municipio de Ancoraimes, mediante teledetección y SIG. Tesis de grado de Ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés.

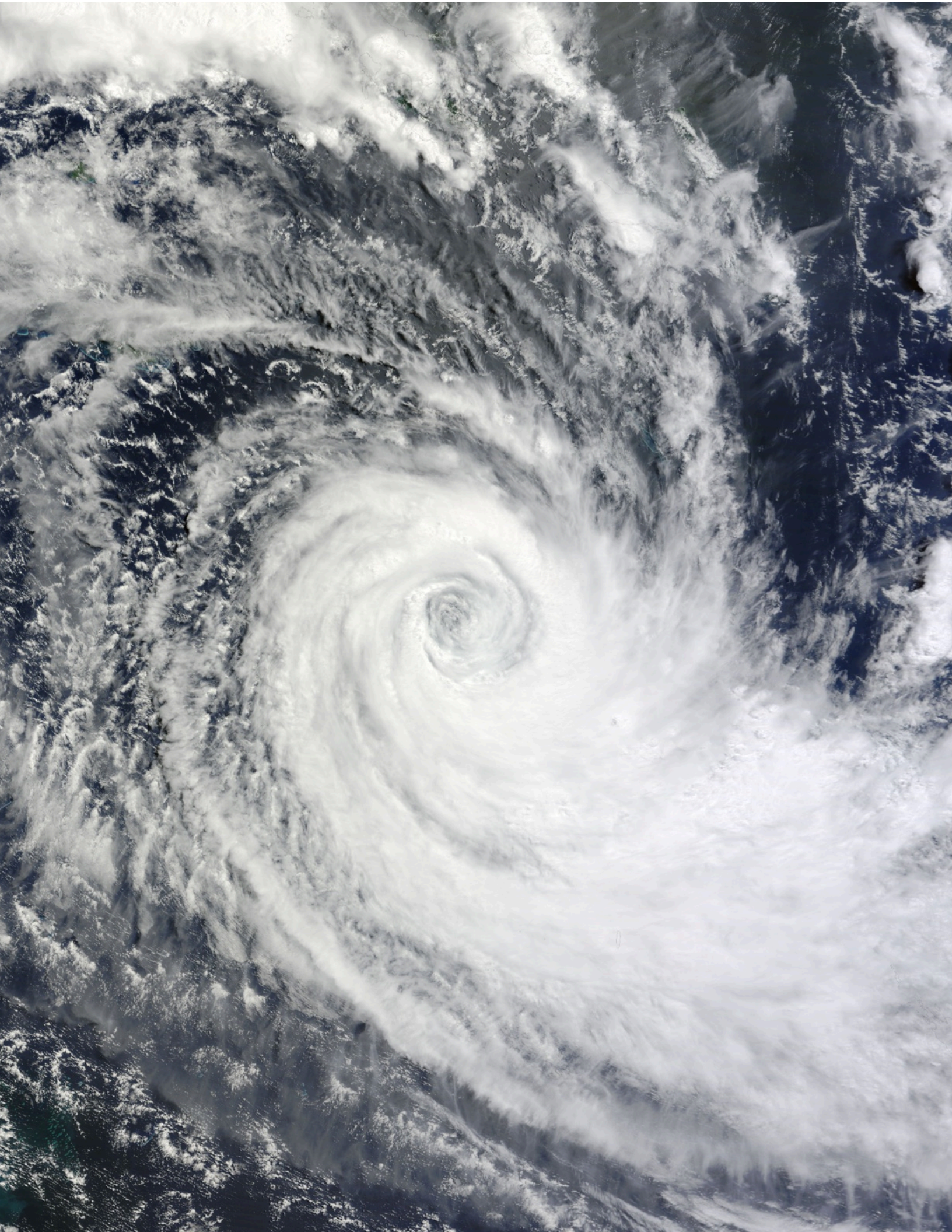
Velaochaga, G; Espinoza, R; Alburquerque, E. 2022. Técnicas de teledetección para identificar posibles áreas contaminadas por colectores residuales en el litoral peruano (en línea). Boletín Instituto del Mar del Perú 37(1). Disponible en <https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.364>.

Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia. 2013. Infraestructura de datos espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia.

Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia. 2022. Descargas del mapa de cobertura y uso del suelo 30m. La Paz, Bolivia.

Xiang, H; Tian, L. 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV) (en línea). Biosystems Engineering Research 108(2):174-190. Disponible en DOI <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.11.010>.

Zhang, M; Wu, B; Zeng, H; He, G; Liu, C; Tao, S; Zhang, Q; Nabil, M; Tian, F; Bofana, J; Beyene, AN; Elnashar, A; Yan, N; Wang, Z; Liu, Y. 2021. GCI30: a global dataset of 30 m cropping intensity using multisource remote sensing imagery (en línea). Earth System Science Data 13(10):4799-4817. Disponible en <https://doi.org/10.5194/essd-13-4799-2021>.



ANEXOS

Anexo 1. Reportes que integran teledetección publicados por instituciones públicas que no necesariamente transmiten información oficial directamente a la FAO.

País	Reporte	Autor	Frecuencia, publicación	Tipo de dato	Tecnología
Guatemala	Informe 2021-2022	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar	Anual 2023	Imágenes satelitales	Landsat 8 y 69, Sentinel-2
	Memoria de la presentación de resultados de investigación zafra 2020-2021	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar	No definido 2022	Imágenes satelitales	Sentinel 1 y 2
El Salvador	Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	No definido 2017	Imágenes satelitales	GOES
Honduras	Caracterización del uso de la tierra en Honduras integrando SIG/sensores remotos y modelos a diversas escalas	CGIAR	No definido 1996	Las imágenes fueron corregidas geográficamente. Se recogieron coordenadas geográficas e imágenes satelitales con un GPS portátil con 4 canales y precisión de 30 metros.	GFS (The Global Forecast System) e imágenes Landsat TM
Nicaragua	Atlas nacional de uso de suelos	INTER y DGOT	No definido No definido	No definido	Landsat 8, PlanetScope, RapidEye

Panamá	Revista Geo Desarrollo	Instituto Geográfico Nacional	Anual 2022	Imágenes satelitales	Aster, Landsat
	Boletín Oros	HIDROMET	Anual 2015	Esta estación mide, almacena y transmite cada hora las siguientes variables meteorológicas: lluvia, temperatura del aire, presión barométrica, dirección y velocidad del viento a una altura de 2 metros del suelo.	Satélite GOES 12
	Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo	Autoridad Nacional de Ambiente	No definido 2021	Imágenes satelitales, pixel 30m x 30 m	Landsat TM 5
	Actualidad IPDE	IPDE	No definido 2018	Imágenes satelitales	Landsat
Colombia	Boletín semanal de pronóstico agrometeorológico	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Semanal 2023	Imágenes satelitales	Sentinel 1
	Mapa digital de clasificación de las tierras por su vocación de uso	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Cuatrienal 2018	Imágenes satelitales	MODIS
Brasil	Monitoreo de soja en la Amazonía Bioma a través de imágenes satelitales	Asociación Brasileña de Industrias de Aceites Vegetales; Instituto Nacional de Investigación Espacial del Brasil	No definido 2021	Imágenes satelitales	LandSat-7

	Análisis geoespacial del cultivo de soja	Asociación Brasileña de Industrias de Aceites Vegetales; Instituto Nacional de Investigación Espacial del Brasil	No definido 2019	Imágenes satelitales	LandSat-8
	Análisis geoespacial de la soja en bioma Cerrado	Asociación Brasileña de Industrias de Aceites Vegetales	No definido 2021	Imágenes satelitales para representar la dinámica del cambio en el uso de la tierra asociado al cultivo de soja.	Landsat y Sentinel-2
	Análisis geoespaciales de la dinámica de los cultivos anuales	Asociación Brasileña de Industrias de Aceites Vegetales	No definido 2015	Imágenes satelitales para describir tanto la dinámica de expansión de cultivos anuales en los años 2000-01, 2006-07 y 2013-14, así como los correspondientes cambios de uso y cobertura del suelo (LULCC) en el Cerrado bioma.	LandSat
	Boletín de monitoreo agrícola	CONAB	Mensual 2023	Imágenes satelitales	CBERS-3 MODIS VIIRS GLAM System
	Estudio de la caña de azúcar de regadío en la región Centro-Sur de Brasil	Agencia Nacional de Aguas	No definido 2017	Imágenes satelitales para el mapeo de campos de caña de azúcar a través de teledetección de resolución espacial media.	MODIS Terra e Aqua
	Análisis geoespacial de expansión de la soja	Asociación Brasileña de Industrias de Aceites Vegetales	No definido 2018	Imágenes satelitales, análisis de todos los cambios en el uso del suelo y la cobertura del suelo causados por la expansión de los cultivos de soja.	OLI- Landsat 8

Perú	Técnicas de teledetección para identificar posibles áreas contaminadas por colectores residuales en el litoral peruano	Instituto del Mar de Perú	No definido 2022	Imágenes satelitales	Sentinel-2
	Análisis de imágenes satelitales para el estudio de dinámicas territoriales	Dirección Nacional de Prospectiva y Estudios Estratégicos	No definido 2022	Imágenes satelitales; las imágenes basemap del World Imagery de los sistemas de información geográfica (ArcGIS) también se utilizan para identificar patrones de deforestación con bastante claridad, por lo que también se incluirán en este análisis como una herramienta.	LandSat-8
	Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina	Ministerio de Medio Ambiente	No definido 2014	Imágenes satelitales	LandSat-8, Google Earth
Chile	Boletín: Uso de herramientas de teledetección y SIG para el manejo del riego en los cultivos	Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Anual 2016	Uso de imágenes satelitales como herramienta principal para la supervisión de los cultivos y mejorar la capacidad de observación del territorio.	LandSat-7 y 8
	Plataforma agrícola satelital para determinar el riego de los cultivos	Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Anual 2021	Imágenes satelitales	Geoeye
	Información satelital para el monitoreo de la sequía en la agricultura	MA ³⁴	No especifica frecuencia 2020	Imágenes satelitales	Sentinel, MODIS

³⁴ Ministerio de Agricultura.

	Teledetección: apoyando a la agricultura desde el cielo	Instituto de Investigaciones Agropecuarias	No definido 2019	Imágenes satelitales	LandSat-7, Sentinel 2A y 2B.
Uruguay	Utilización integrada de teledetección y modelación para la identificación de cultivos y estimaciones futuras del rendimiento de grano	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria	No definido 2017	Identificación de los principales cultivos de secano del país (soja, maíz y cereales de invierno) utilizando imágenes satelitales de alta resolución.	Hyperion y LANDSAT, MODIS
	Estimaciones de áreas con cultivos en cuencas y subcuencas	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria	Anual 2015	Imágenes satelitales	MODIS
	Identificación del área ocupada con cultivos de verano utilizando imágenes satelitales AQUA-MODIS y TERRA-MODIS	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria	No definido 2007	Imágenes satelitales para la estimación del área ocupada por los cultivos de verano.	LandSat, MODIS
	Identificación del área ocupada con cultivos de invierno utilizando imágenes satelitales del satélite LandSat	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria	No definido 2005-2006	Imágenes satelitales a las que se les practicaron clasificaciones supervisadas y posteriormente se aplicaron modelos para realizar un análisis multitemporal del área de estudio.	LandSat-5 TM
	Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS	Universidad de la República	No definido 2014	Clasificaciones rápidas y de bajo costo del uso/cobertura del suelo en Uruguay. Las clasificaciones fueron realizadas mediante árboles de decisión, utilizando información fenológica de los diferentes usos/coberturas del suelo obtenida a partir imágenes satelitales.	MODIS

	Estimación del área de cultivo de arroz y de agua represada en la cuenca del río Cuareim, utilizando imágenes de satélites Landsat para las zafas	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria	No definido 2001	Imágenes satelitales	LandSat-5 y 7
Paraguay	Estimación por análisis geoespacial de la cobertura de los principales cultivos mecanizados de la campaña agrícola 2013-2014 en la Región Oriental del Paraguay	Instituto de Biotecnología Agrícola	Anual 2014	Búsqueda, selección y colección de los datos digitales básicos como las imágenes satelitales, actualizadas y dentro del ciclo fenológico del cultivo y la cosecha.	LandSat-7 y 8
	Estimación geoespacial de cobertura de superficie sembrada	Instituto de Biotecnología Agrícola	Anual 2022	Imágenes satelitales	LandSat y Sentinel
Argentina	Agrocultivos	Instituto del Clima y del Agua INTA	Semanal 2023	Imágenes satelitales	Sentinel 1 y 2, Landsat 8

Fuente: Elaborado con base en una revisión de páginas web de instituciones públicas (2023).

Anexo 2. Agenda del taller: Taller “El uso de herramientas digitales en las estadísticas agrícolas nacionales y en el monitoreo del impacto de eventos climáticos extremos”

IICA | AMA (Agriculture Monitoring in the Americas)
1 y 2 de junio de 2023

Agenda del taller

JUEVES, 1 DE JUNIO				
Inicio	Fin	Tema	Detalles	Responsable
15:30	17:30	Estimaciones agrícolas a nivel nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Importancia estratégica de las estimaciones (para la economía/finanzas de los países, para el diseño de políticas, para seguridad alimentaria global, etc.). • Herramientas disponibles y rol de tecnologías digitales (encuestas, censos, teledetección). Crop Monitor, Global Crop Monitor. Ejemplos de uso a nivel gubernamental a nivel nacional. • El uso de la teledetección en Latinoamérica. Objetivos, reporte del workshop. ¿En qué parte del proceso del uso de teledetección para estimaciones agrícolas se encuentra cada país? Essential Agriculture Variables (EAV) GEOGLAM. Partnership entre IICA NASA Harvest FAO • El estado de situación de las estadísticas agrícolas en los países de Latinoamérica. El trabajo de la oficina de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para los Alimentos y la Agricultura a nivel global y a nivel LAC. Casos de éxito en Ecuador y Salvador. 	Federico Bert (IICA) Estefania Puricelli (AMA-NASA Harvest) L. De Simone, M. Rahija (FAO RLC HQ)
VIERNES, 2 DE JUNIO				
Inicio	Fin	Tema	Detalles	Responsable

08:30	10:15	Tecnologías disponibles para las estimaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Variables globales críticas para la agricultura GEOGLAM (EAV). Plataformas para el análisis de sequías, inundaciones, temperatura, y variables de teledetección. https://agvariables.org/full-eav-table • Relación con UN agreements. • Tecnologías disponibles. Alcances y limitaciones (expectativas vs realidades). Barreras de entrada. Adaptación a condiciones de distintos países (países tropicales y templados), sistemas de cultivo/producción, etc. • Importancia y posibilidades de transferencia del conocimiento/tecnología (recursos computacionales requeridos, licencias, etc.). • GLAM System and AgMet tool. • - Global Crop Monitor 	Michael Humber (AMA-NASA Harvest)
10:15	10:30	Intervalo		
10:30	12:00	Tecnologías disponibles para las estimaciones	Continuación.	Antonio Sánchez (AMA-NASA Harvest).
12:00	13:00	Almuerzo		
13:00	14:30	Sistemas de estadísticas agropecuarias	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación de casos ejemplos de países e intercambio abierto (Argentina, Ecuador, El Salvador) - Inicio de la mesa redonda 	AMA-NASA Harvest Representante de caso modelo
14:30	15:30	Cierre/mesa redonda	<ul style="list-style-type: none"> - Conclusiones y propuesta de agenda futura y colaboraciones 	IICA/AMA-NASA Harvest/FAO

Anexo 3. Encuesta realizada previo al taller para conocer y entender las necesidades puntuales a desarrollar en el taller.

Estas preguntas fueron contestadas por colaboradores de las siguientes instituciones: Ministerios o secretarías de agricultura, ganadería y pesca de los países de las Américas, BIOCARBONO Orinoquia, Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) de Brasil, Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria de Ecuador, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia), Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), FAO El Salvador, Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Costa Rica, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México, Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá, Programa de Sistemas de Información para

la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Región del SICA (PROGRESAN-SICA), Secretaría General del SICA (SG-SICA), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG)/Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) de Costa Rica.

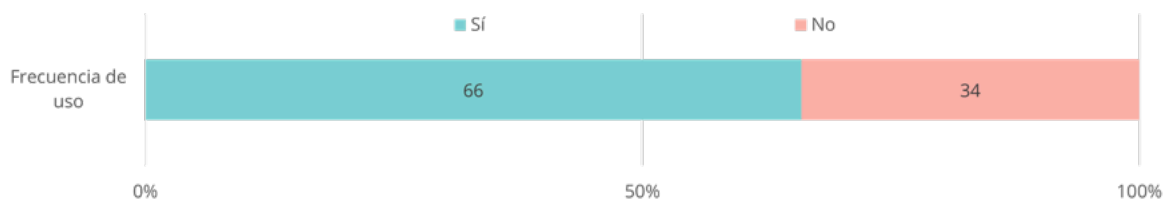
Participaron representantes de los siguientes países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay.

Las gráficas que se presentan a continuación muestran las respuestas brindadas a las preguntas de la encuesta.

Pregunta 1: En los últimos tres años, ¿su institución ha usado datos de observación de tierra o teledetección para producir estadísticas agrícolas?

Gráfica No. 1 Uso de teledetección para producir estadísticas agrícolas

-Porcentajes, n= 41-

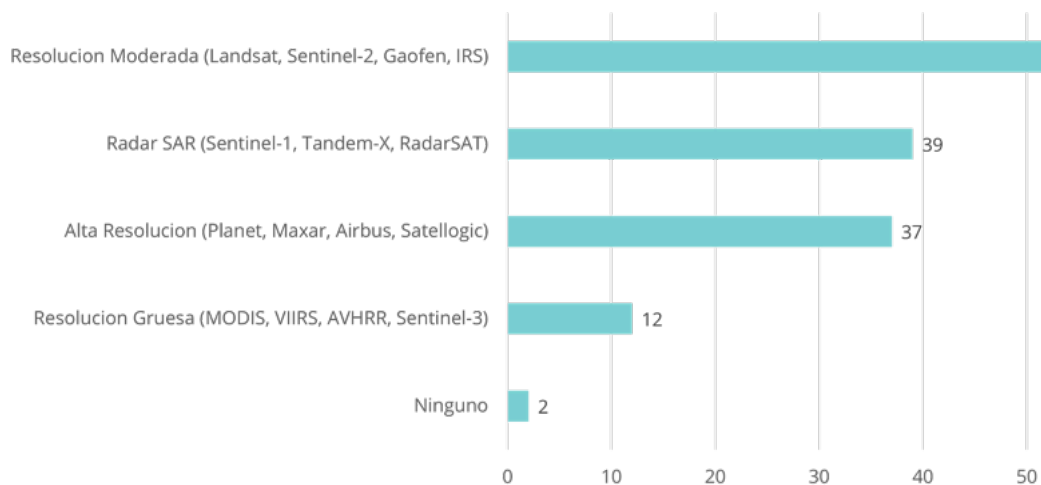


Pregunta 2: ¿Cuáles fueron las principales fuentes de datos de observación de tierra y/o teledetección que han usado?

Pregunta 3: ¿Cómo describiría sus sistemas de procesamiento de datos de

Gráfica No. 2 Fuentes de datos derivados de teledetección utilizados

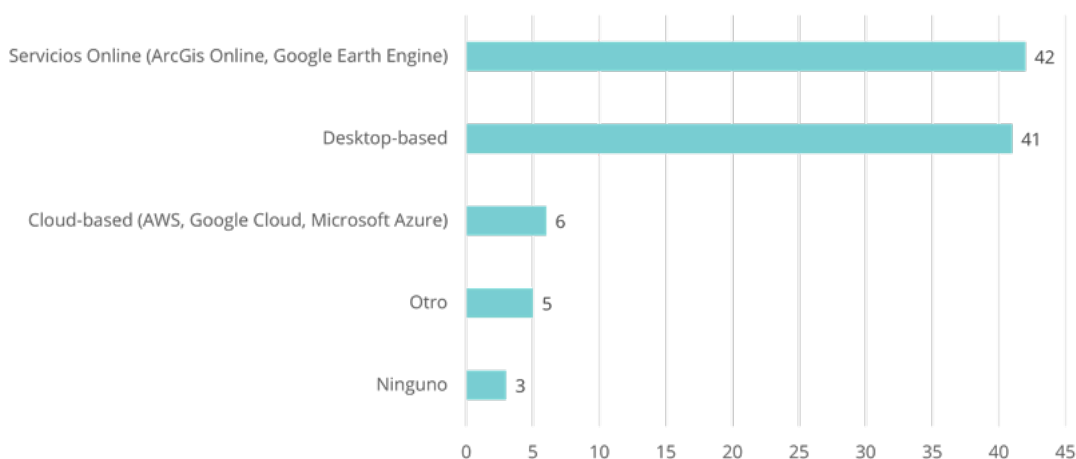
-Porcentajes, n= 41-



teledetección?

Gráfica No. 3 Sistemas de procesamiento de datos que utiliza

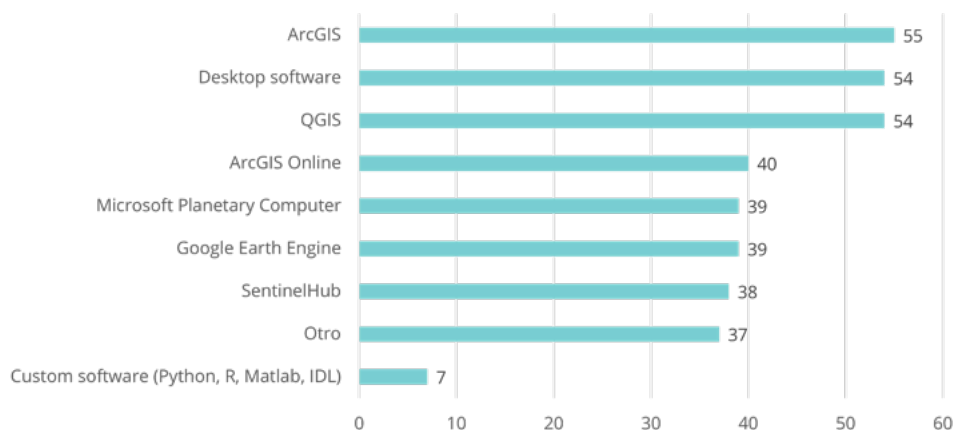
-Porcentajes, n= 41-



Pregunta 4: Describa las metodologías y/o herramientas principales que han usado para generar resultados.

Gráfica No. 4 Herramientas para generar resultados a partir de datos derivados de la teledetección

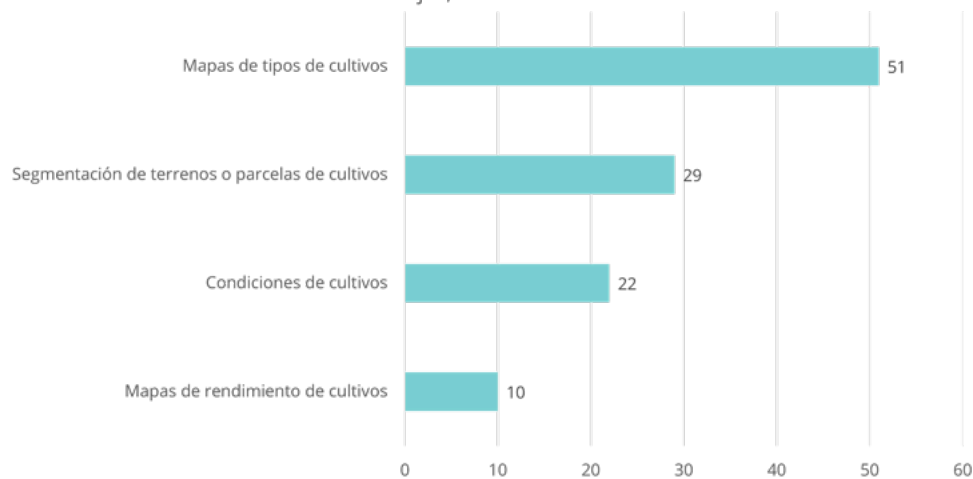
-Porcentajes, n= 41-



Pregunta 5: ¿Cuáles fueron los indicadores o estadísticas principales que han producido utilizando datos de observación de tierra y/o teledetección?

Gráfica No. 5 Documentación producida a partir de teledetección

-Porcentajes, n= 41-



Pregunta 6: Describa el uso de estos productos (e.g. diseño de políticas o proyectos específicos, publicaciones específicas, investigación, etc.)

1. Investigación y Desarrollo de Marcos Estadísticos:

1. Actualización de marcos estadísticos.
2. Desarrollo de proyectos de investigación.
3. Actualización del Marco Maestro Rural Agropecuario.
4. Investigación por medio de encuestas agropecuarias.
5. Investigación y apoyo a la validación de datos de encuestas.

2. Monitoreo y Estimación de Cultivos:

1. Proyecto de monitoreo de cultivos en el marco de BIOCARBONO Orinoquia.
2. Elaboración de mapas de superficies de cultivos de arroz y maíz duro.
3. Estimación de cultivos: área plantada y productividad.
4. Identificación de las zonas de producción de varios cultivos y cuantificación de la superficie de plantación.

3. Análisis de Seguridad Alimentaria y Nutricional:

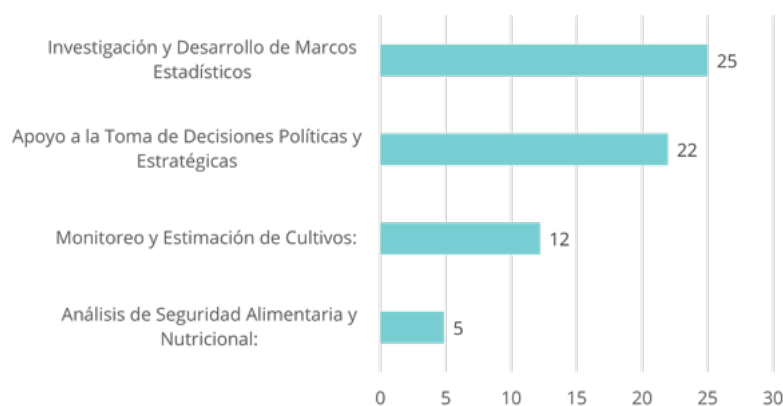
1. Análisis de Seguridad Alimentaria y Nutricional en países de la Región del SICA.
2. Análisis basado en el protocolo de la Clasificación Integrada de la Seguridad Alimentaria por Fases (CIF).
3. Análisis para desarrollar el Reporte Global de Crisis Alimentaria.

4. Apoyo a la Toma de Decisiones Políticas y Estratégicas:

1. Formulación de políticas públicas relacionadas con el Agro brasileño y la conservación de sistemas naturales.
2. Publicaciones y acciones relacionadas con la soberanía alimentaria, excedentes y eventos climáticos.
3. Toma de decisiones para la política pública en el sector agrícola.
4. Planificación estratégica para la toma de decisiones.

Gráfica No. 6 Uso de productos derivados de la teledetección

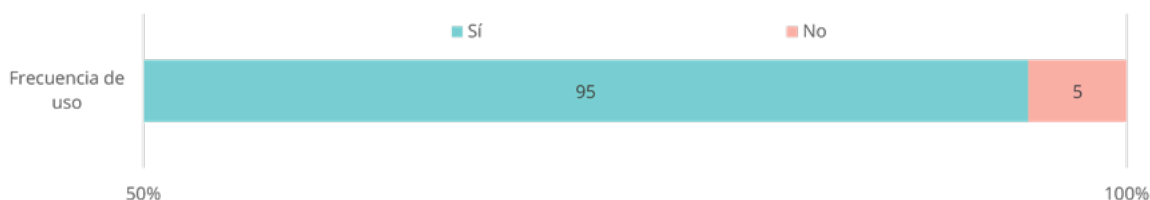
-Porcentajes, n= 41-



Pregunta 7: ¿Su institución está interesada en recibir asistencia técnica para mejorar o incorporar el uso de datos de observación y/o teledetección en sus operativos estadísticos agrícolas?

Gráfica No. 7 Interés en recibir formación técnica en teledetección

-Porcentajes, n= 41-



Anexo 4. Ampliación de la información con respecto al uso de la teledetección en los países de América Latina en la elaboración de estadísticas agrícolas y otros productos para el monitoreo agrícola.

GUATEMALA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas instituciones son el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, la Coordinación Nacional para la Reducción de Desastres, la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional y el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA).

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan mediante el Censo Nacional Agropecuario (CNA), la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), el Atlas de la Superficie Agrícola (ASA), El Agro en Cifras y Estadísticas agropecuarias.

Reportes

Se encontraron siete reportes en cuyo contenido se hace referencia al uso de la teledetección: 1) el Informe anual del CENGICAÑA, 2) el Informe del Sistema de Monitoreo de Cultivos, 3) el Mapa de cobertura vegetal y uso de tierra, 4) el intitulado Uso de índice de vegetación NDVI como herramienta para realizar mapas de productividad en procesos de agricultura de precisión, 5) el Monitoreo satelital de los recursos vegetativos, 6) el Boletín Agrometeorológico y 7) el Informe de perspectiva agroclimática.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

Los resultados del último CNA se publicaron entre 2003 y 2004. La ENA, el ASA y El Agro en Cifras se publican anualmente. Cabe destacar que en 2014 y durante el período 2019-2020 no se generaron datos. El documento titulado Estadísticas agropecuarias se publicó cada año hasta el año 2020.

Dichos reportes se elaboraron desde 2015 hasta 2023, sin que ello signifique que no se produjeron documentos de este tipo en años anteriores. Solo el Informe de perspectiva agroclimática se publica mensualmente.

Tecnologías empleadas

En los reportes se incluyen imágenes captadas por los satélites Landsat 8, Sentinel 1 y 2, y NOAA, entre otros.

EL SALVADOR

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Oficina Nacional de Estadística y Censos y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen por medio del Censo Agropecuario, la Encuesta de Propósitos Múltiples y el Anuario de estadísticas agropecuarias.

Reportes

No se encontraron reportes de las instituciones vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario en los cuales se haga referencia al uso de la teledetección; no obstante, se hallaron dos documentos donde se alude a ella y que de manera indirecta tienen impacto en el quehacer del sector agrícola: 1) el Boletín Agrometeorológico y 2) el Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El Boletín Agrometeorológico se publica cada mes y el Informe nacional del estado de los riesgos y vulnerabilidades, anualmente.

Tecnologías empleadas

Se utilizan imágenes generadas por el satélite GOES.

HONDURAS

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas instituciones son la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, el Instituto Nacional de Estadísticas y el Centro de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan a través del Censo Nacional Agropecuario (CNA) y la Encuesta Agrícola Nacional (EAN).

Reportes

En ninguna de las instituciones consultadas, vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario, se elaboraron informes donde se haga referencia al empleo de la teledetección como parte de su enfoque metodológico.

Por otro lado, aunque se encontraron reportes agrometeorológicos, estos se basan principalmente en un sistema participativo de información agroclimática, que se compara con los resultados obtenidos de modelos satelitales del Sistema de Previsión Global (GFS).

Los últimos mapas de cobertura y uso del suelo se elaboraron mediante la clasificación automatizada de imágenes satelitales procesadas por el Laboratorio de Sensores Remotos de la Universidad de Utah. Finalmente, el reporte intitulado Mejora de la sostenibilidad agrícola y ganadera en las laderas de Centroamérica: Honduras del Centro Internacional de Agricultura Tropical y la SAG contribuye a la caracterización del uso de la tierra en el país por medio de modelos de sistemas de información geográfica, sensores remotos y otros modelos a diversas escalas.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El CNA nacional no se ha actualizado en 30 años, es decir, el último se publicó en 1993; sin embargo, según datos oficiales, se prevé ejecutar otro en 2023. La última EAN fue llevada a cabo y publicada entre 2007 y 2008. Los reportes agrometeorológicos se publican cada quincena.

En el caso de los mapas de cobertura y uso del suelo, las últimas actualizaciones registradas son de 2001 y 2009.

Tecnologías empleadas

Se hace uso de modelos satelitales del GFS y de imágenes Landsat TM.

NICARAGUA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas instituciones son el Ministerio Agropecuario, el Ministerio de Economía Familiar Comunitaria, Cooperativa y Asociativa, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen a través del Censo Nacional Agropecuario (CNA).

Reportes

En la mayor parte de las instituciones consultadas, vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario, no se encontraron informes relativos al empleo de la teledetección.

Los únicos documentos hallados en este contexto son: 1) el Atlas nacional de suelos de la República de Nicaragua y 2) el Boletín Agrometeorológico.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El último CNA se llevó a cabo en 2011. No se registra ningún otro tipo de encuesta anual ni semestral.

El atlas se publica cada dos o cinco años y el Boletín Agrometeorológico, todos los meses.

Tecnologías empleadas

Los mapas de uso del suelo publicados se fundamentan en datos de teledetección, para cuya obtención se utilizaron sensores Landsat 8, PlanetScope y RapidEye, entre otros.

COSTA RICA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el Instituto Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, la Secretaría Técnica Nacional Ambiental y la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA).

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen mediante el Censo Nacional Agropecuario (CNA), la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) y el Boletín Estadístico Agropecuario.

Reportes

No se hallaron reportes alusivos a la utilización de la teledetección en ninguna de las instituciones relacionadas directa o indirectamente con el sector agropecuario; no obstante, esta tecnología se empleó en la elaboración más reciente de los mapas de cobertura y uso de la tierra de Costa Rica.

Sí se encontraron informes en los que se menciona el uso de drones para capturar imágenes de los territorios cultivados, entre ellos, los intitulados Métodos de prevención y/o manejo de plagas, Medición de la deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas para el combate de la sigatoka negra con sistemas de aeronaves pilotadas a distancia e Informe anual estadístico (relativo al cultivo del arroz).

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

La ENA se publica una vez al año y el último CNA se realizó y publicó en 2014. Por otra parte, la SEPSA publica cada año el Boletín Estadístico Agropecuario. Los reportes encontrados se publican mensual, semestral o anualmente.

Tecnologías empleadas

En la elaboración de los mapas se utilizaron imágenes captadas por medio de RapidEye, mientras que en la detección remota con drones se usaron distintos tipos de cámaras, adaptadas a las necesidades de los agricultores.

PANAMÁ

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, el Instituto de Meteorología e Hidrología, el Instituto Nacional de Estadística y Censo, el Instituto Geográfico Nacional y la Infraestructura Panameña de Datos Espaciales (IPDE).

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan a través del Censo Nacional Agropecuario (CNA) y la Encuesta Nacional de Superficie Sembrada (ENS).

Reportes

Se encontraron los siguientes documentos: 1) el Boletín Agroclimático, 2) el boletín Actualidad IPDE, 3) la Revista Geodesarrollo, 4) el Boletín Oros y 5) el Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El más reciente CNA corresponde al período 2010-2011, mientras que la ENS se publicó cada año hasta 2017.

Los reportes indicados constituyen publicaciones trimestrales, mensuales o anuales. Cabe señalar que el boletín Actualidad IPDE fue publicado por última vez en 2018 y el Boletín Oros, en 2015.

Tecnologías empleadas

Se registra el uso de modelos satelitales Landsat TM 5 y GOES 12.

COLOMBIA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen mediante el Censo Nacional Agropecuario (CNA), la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), la Encuesta de Decisión de Siembra y Productividad (EDSI) y el Anuario estadístico del sector agropecuario.

Reportes

Cinco informes se publican en los sitios web oficiales de las instituciones mencionadas: 1) el Boletín Semanal de Pronóstico Agrometeorológico, 2) el Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo, 3) las Evaluaciones agropecuarias (EVA), 4) los mapas de clasificación de las tierras por su vocación de uso y 5) la Encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM).

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

Los resultados del último CNA se publicaron en 2014, después de 45 años de no efectuarse este censo. La ENA más reciente se llevó a cabo en 2019 y su reporte estadístico se difundía cada año. La EDSI se publicaba semestralmente y su última actualización se realizó en 2012. Por otra parte, el Boletín Semanal de Pronóstico Agrometeorológico, como su nombre lo indica, se divulga una vez por semana. La ENAM se publica cada semestre y las EVA, anualmente. Los mapas de clasificación de las tierras por su vocación de uso, publicados en 2013, sufrieron modificaciones y actualizaciones parciales en 2014 y 2018.

Tecnologías empleadas

En Colombia la teledetección con imágenes de alta resolución provenientes de drones es la más utilizada y mencionada en los reportes y metodologías revisados; sin embargo, también se usan imágenes satelitales para determinar el estado fenológico y ambiental de los cultivos de arroz en algunas regiones del país, las cuales presentan resoluciones espaciales de 1000 m, 500 m, 250 m, 20 m, 4 m y 1 m. Además, se utilizan los sensores Sentinel 1 y MODIS.

VENEZUELA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio del Poder Popular de Agricultura Urbana y el Instituto Nacional de Estadísticas.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan por medio del Censo Agrícola (CA).

Reportes

No hay registro de reportes de las instituciones vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario en los cuales se mencione la teledetección como parte de su metodología.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El CA se efectuó y se publicó durante el período 2007-2008.

Tecnologías empleadas

No se dispone de datos al respecto.

ECUADOR

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan a través del Censo Nacional Agropecuario (CNA), la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) y el Registro Nacional Agropecuario (RENAGRO).

Reportes

Se hallaron los siguientes cinco informes: 1) el Sistema de Monitoreo de Sequía Agrícola (ASIS), 2) el Mapa de uso y cobertura de la tierra del Ecuador continental, 3) los mapas de riesgos agroclimáticos por inundación, sequía y helada en el Ecuador continental, 4) el Mapa de estimación de superficie plantada de cultivos en el Ecuador continental y 5) el Mapa de estimación de superficie sembrada del cultivo de arroz.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

Con respecto a las estadísticas, no se sabe con exactitud cuándo se ejecutarán las actualizaciones. El último CNA publicado es de 2000. Los documentos correspondientes a la ESPAC y al RENAGRO se publicaron entre 2022 y abril de 2023. La ESPAC se lleva a cabo cada año desde 2002.

La mayor parte de los reportes son anuales y están actualizados hasta 2021 y 2022. El ASIS se publicó por primera vez en 2021. El Mapa de estimación de superficie sembrada del cultivo de arroz, así como los de los cultivos de maíz amarillo duro y soja se publican trimestralmente; no obstante, algunos mapas son de 1999 y 2000.

Tecnologías empleadas

En los reportes más antiguos se hace referencia a la fotointerpretación visual digital de imágenes satelitales Landsat TM, mediante el análisis, la clasificación y la identificación de los diferentes tipos de cobertura y usos en una zona determinada. En los más recientes se menciona el empleo de sensores Sentinel 1 y 2, PlanetScope y RapidEye. En el procesamiento de las imágenes se utilizó el software ENVI 5.3 y ArcGis10-10.3.

BRASIL

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento, el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, la Compañía Nacional de Abastecimiento, el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística y el Instituto Nacional de Meteorología.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan por medio del Censo Agropecuario, la Encuesta Sistemática de Producción Agropecuaria (LSPA) y el Atlas del Espacio Rural Brasileño.

Reportes

Se encontraron los siguientes nueve informes: 1) Monitoreo de la soja a través de imágenes satelitales en el bioma amazónico, 2) Dinámica cerrada de la soja centrada en los 61 municipios prioritarios, 3) Análisis geoespacial del cultivo de soja, 4) Análisis geoespacial de la expansión de la soja en el bioma cerrado, 5) Reporte diario su cacao, 6) Análisis geoespaciales de la dinámica de los cultivos anuales, 7) Boletín de Monitoreo Agrícola, 8) Estudio de la caña de azúcar de regadío en la región Centro-Sur de Brasil y 9) Boletín Técnico: Agricultura de Precisión.

Cabe mencionar que las bibliotecas virtuales de los diferentes sitios web institucionales consultados brindan acceso a una gran variedad de artículos científicos sobre este tema.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El más reciente Censo Agropecuario se efectuó en 2017 y se cuenta con un análisis estadístico de los últimos tres censos efectuados en el país (en 1996, 2006 y 2017). La LSPA se realiza cada año desde 1972.

Con respecto a los reportes, la mayor parte de ellos se publicaron entre 2009 y 2021. Además, se difundieron boletines en 2010 y 2014. Los Boletines tienen frecuencia mensual y se encuentran actualizados.

Tecnologías empleadas

En los diferentes informes se menciona el uso de Google Earth Engine, y los sensores MSI-Sentinel 2A y 2B y OLI-Landsat 8.

PERÚ

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, el Instituto Nacional de Innovación Agraria, el Ministerio del Ambiente y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan mediante el Censo Nacional Agropecuario, la Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra (ENIS), el Atlas de la Superficie Agrícola del Perú y El Agro en Cifras.

Reportes

Se encontraron cuatro informes en las páginas oficiales de las instituciones mencionadas: 1) Técnicas de teledetección para identificar posibles áreas contaminadas por colectores residuales en el litoral peruano, 2) Análisis de imágenes satelitales para el estudio de dinámicas territoriales, 3) Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina y 4) el Boletín Agroclimático Mensual.

Cabe mencionar que en varios de sus proyectos e iniciativas estas instituciones trabajan con imágenes satelitales y teledetección; sin embargo, sus correspondientes informes no se encuentran disponibles. Entre dichas líneas de trabajo se incluyen las relativas a las herramientas de teledetección para identificar plagas y enfermedades en cultivos y al uso de tecnología satelital en el cultivo de arroz.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

La ENIS, el Atlas de la Superficie Agrícola del Perú y el El Agro en Cifras se publican cada año. La última ENIS disponible es de 2020 y el atlas se publicó en 2021.

Los informes se publicaron entre 2014 y 2022, pero se desconoce con qué frecuencia, a excepción de la del Boletín Agroclimático Mensual.

Tecnologías empleadas

En la mayor parte de los documentos se hace referencia al uso de información suministrada por los satélites Sentinel-2, Landsat 8, PeruSat-1 y ASTER.

CHILE

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura, el Centro de Información de Recursos Naturales, la Infraestructura de Datos Espaciales, el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el Instituto Nacional de Estadísticas, la Fundación para la Innovación Agrícola y el Instituto de Desarrollo Agropecuario.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen por medio del Censo Nacional Agropecuario y Forestal (CNAF), la Encuesta de Superficie Sembrada de Cultivos Anuales (ESSCA) y el Análisis Estadístico Intercensal.

Reportes

En los siguientes seis informes relativos al sector agrícola se hace referencia a la teledetección: 1) Información satelital para el monitoreo de la sequía en la agricultura, 2) el Boletín Agroclimático Mensual, 3) el Boletín INIA: Uso de Herramientas de Teledetección y SIG para el Manejo del Riego en los Cultivos, 4) Teledetección: apoyando a la agricultura desde el cielo, 5) el Estudio: alcance de la agricultura de precisión en Chile: estado del arte, ámbito de aplicación y perspectivas e 6) Información satelital para el monitoreo de la sequía en la agricultura.

Asimismo, el CIREN emite reportes en materia de procesamiento y análisis de imágenes satelitales en apoyo a otras instituciones públicas, con base en los cuales se efectúa el monitoreo de cultivos y praderas y se generan variables superficiales de la tierra; no obstante, se requiere un registro especial para acceder a ellos en los sitios web de las instituciones.

Cabe destacar que Chile dispone de información estadística en forma de mapas e imágenes georreferenciadas, pero en materia de calidad de vida.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El último CNAF se publicó en 2022 y el anterior, en 2007. El documento correspondiente incluye un análisis estadístico en el que se indican las diferencias intercensales. La ESSCA se difunde cada año.

Con respecto a los reportes, el Boletín Agroclimático Mensual, como su nombre lo indica, se publica cada mes, mientras que las investigaciones científicas incluidas en el Boletín del INIA se emiten cada año. Cabe resaltar que en las bibliotecas digitales del CIREN y del INIA se encuentran artículos científicos relativos a la teledetección y la agricultura.

Tecnologías empleadas

En la cartografía predial rural se utilizan imágenes de los satélites SPOT 6/7, QuickBird II y SpotMaps. En otros reportes se hace referencia al empleo de imágenes de los satélites Landsat 7 y Sentinel 2A y 2B.

URUGUAY

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan mediante el Censo Nacional Agropecuario, la Encuesta Agrícola (EA) y el Anuario estadístico agropecuario.

Reportes

Se hallaron siete reportes en los sitios web oficiales de las instituciones mencionadas: 1) Utilización integrada de teledetección y modelación para la identificación de cultivos y estimación futura del rendimiento de grano, 2) Predicción de estados fenológicos de soja y otros cultivos de verano, 3) Estimaciones de áreas con cultivos en cuencas y subcuencas, 4) Agricultura climáticamente inteligente, 5) Identificación del área ocupada con cultivos de verano utilizando imágenes de los satélites Terra-MODIS y Aqua-MODIS, 6) Estimación del área de cultivo de arroz y de agua represada en la cuenca del río Cuareim, utilizando imágenes de satélites Landsat para las zafras 97-98, 98-99, 99-00, 00-01 y 7) Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

Aunque el último Censo Nacional Agropecuario se llevó a cabo en 2011, en la actualidad se está elaborando su estrategia metodológica 2022-2023. La EA se publica cada trimestre y el Anuario Estadístico Agropecuario, cada año.

La publicación de los reportes mencionados no ha sido continua y se realizó entre 2000 y 2016. Cabe resaltar que no se encontraron informes de emisión quincenal o mensual que hagan referencia al uso de la teledetección.

Tecnologías empleadas

En los reportes más antiguos se menciona el uso de tecnologías como el AVHRR de los satélites NOAA y el sensor MODIS, que funciona con los satélites TERRA y AQUA, diseñados para el estudio de la superficie terrestre. En los informes más recientes se hace alusión al empleo de imágenes capturadas por los satélites Landsat 5 (TM) y Landsat 7 (ETM+).

PARAGUAY

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra, el Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, el Instituto Forestal Nacional, la Asociación Rural del Paraguay y el Instituto de Biotecnología Agrícola.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen por medio del Censo Agropecuario Nacional (CAN).

Reportes

En tres informes se menciona el uso de la teledetección en relación con el sector agrícola: 1) Estimación por análisis geoespacial de cobertura de los principales cultivos mecanizados de la campaña agrícola 2013/2014 en la región Oriental del Paraguay, 2) Perspectivas agroclimáticas y 3) los informes de superficie de siembra.

Por otro lado, muchas instituciones han publicado informes relativos al uso de la teledetección, pero orientado a otras disciplinas.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El CAN más reciente es el de 2022, efectuado 14 años después del anterior censo.

Con respecto a los reportes, el documento de perspectivas agroclimáticas se difundía trimestralmente y se publicó por última vez en 2020. El relativo a la estimación por análisis geoespacial de cobertura se publicó en 2014 y los informes de superficie de siembra se emiten cada año desde 2007.

Tecnologías empleadas

En los diferentes reportes se menciona el uso de imágenes de los satélites LANDSAT 7, LANDSAT 8, RESOURCESAT y MODIS, con resoluciones espaciales de 7, 9, 4 y 4 bandas, respectivamente, así como del NOAA.

BOLIVIA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, el Instituto del Seguro Agrario, el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, el Instituto Nacional de Estadística y la Agencia Boliviana Espacial (ABE).

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se generan a través del Censo Agropecuario, la Campaña Agrícola y el Registro de Estadísticas Agropecuarias.

Reportes

En ninguna de las instituciones vinculadas directa o indirectamente con el sector agropecuario se encontraron informes donde se haga referencia al empleo de la teledetección.

Cabe indicar que se encontró un boletín de teledetección, producido por la ABE, donde se menciona el uso de sensores remotos para identificar incendios en diferentes zonas del país, conocer el impacto del cambio climático en los Andes bolivianos y determinar los efectos de la ausencia de lluvias en varias regiones del país.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El último Censo Agropecuario se realizó en 2013, 30 años después del publicado en 1984. La más reciente Campaña Agrícola fue publicada en 2015, antes de lo cual se trabajaba con datos de 2008. El Registro de Estadísticas Agropecuarias más reciente se publicó en 2013. Se registran cuatro tipos diferentes de reportes estadísticos que se publican de manera trimestral o anual.

El reporte de la ABE es de 2017 y solo se ha elaborado una vez.

Tecnologías empleadas

En el informe producido por la ABE se menciona el procesamiento de imágenes en el Laboratorio LPAIS, así como el uso de las tecnologías de EOSDIS Worldview NASA, LANDSAT 8 y Google Earth.

ARGENTINA

Instituciones vinculadas con la teledetección

Estas entidades son la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Estadísticas nacionales agropecuarias

Se producen mediante el Censo Nacional Agropecuario (CNA) y las encuestas nacionales agropecuarias (ENA).

Reportes

Ocho informes se han publicado en los sitios oficiales de las instituciones mencionadas: 1) Mapa de cultivo campaña fina, 2) Estimación del uso del suelo, 3) Estimaciones agrícolas semanales, 4) Estimaciones agrícolas mensuales, 5) Agrocultivos: Previsión Agrometeorológica Semanal, 6) Monitor de estimaciones agrícolas, 7) Tablero de cultivos y 8) Cultivos de cobertura.

Frecuencia con la que se publican las estadísticas y los reportes

El último CNA se ejecutó y publicó en 2018. Se realizaron actualizaciones en diferentes apartados de este instrumento en abril de 2021 y en 2023. Las ENA son las estadísticas más desactualizadas, ya que la última publicación registrada es de 2007, cuando el programa fue discontinuado.

La mayor parte de los reportes se actualiza mensual y semanalmente. Su base metodológica y de trabajo se basa en la metodología de segmentos aleatorios (MSA) y el Mapa de cultivo. La MSA se utiliza desde 2012 y los últimos mapas de cultivos disponibles son de 2019 y 2022.

Tecnologías empleadas

La Dirección de Estimaciones Agrícolas utiliza imágenes satelitales de los sensores Sentinel 1 y 2, Landsat 8 y la plataforma Google Earth Engine para analizar las características fenológicas y los atributos espectrales de las diferentes coberturas. Además, cada 16 días se descargan imágenes satelitales que muestran el estado de la vegetación a lo largo de uno o más ciclos agrícolas, por medio del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada.

